

**El Aula Inclusiva como un Escenario de Reflexión para la Enseñanza de la  
Física: La Fenomenología del Sonido**

JUAN SEBASTIÁN SANABRIA QUIÑONES

Línea de Profundización: El computador y las prácticas experimentales para la  
Enseñanza de la física

ASESORADO POR:  
Marina Garzón Barrios

Universidad Pedagógica Nacional de Colombia, Bogotá  
Facultad de Ciencia y tecnología  
Departamento de física  
2016

**El Aula Inclusiva como un Escenario de Reflexión para la Enseñanza de la  
Física: La Fenomenología del Sonido**

JUAN SEBASTIÁN SANABRIA QUIÑONES

Trabajo de grado Presentado Para Obtener El Título De  
Licenciado en física

ASESORADO POR:  
Marina Garzón Barrios


Universidad Pedagógica Nacional de Colombia, Bogotá  
Facultad de Ciencia y tecnología  
Departamento de física  
2016

*“Hay una fuerza motriz más poderosa  
que el vapor, la electricidad y la  
energía atómica: La voluntad”*

*Albert Einstein*

*Este trabajo está dedicado a mi MADRE, quien es el motivo de mi inspiración para terminar este proceso con todo el esfuerzo y voluntad. A mi novia por brindarme su apoyo incondicional en todas las etapas de este proceso. A mi tía Elsa, mi tío Mario y mi hermana Laura, quienes sin importar las circunstancias apoyaron la elaboración de esta investigación.*


*Le agradezco a la profesora Marina Garzón, quien me guio y me apoyó en cada una de las decisiones que tome sobre la investigación, y por ende este trabajo fue posible. Al profesor Camilo Luengas, por sus enseñanzas, consejos y colaboración en las prácticas que realicé en el colegio.*

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>SELECCIÓN DE PROFESORES</small>	<b>FORMATO</b>	
	<b>RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE</b>	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página i de V	

<b>1. Información General</b>	
<b>Tipo de documento</b>	Trabajo de Grado
<b>Acceso al documento</b>	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
<b>Título del documento</b>	El Aula Inclusiva como un Escenario de Reflexión para la Enseñanza de la Física: La Fenomenología del Sonido
<b>Autor(es)</b>	Sanabria Quiñones, Juan Sebastián
<b>Director</b>	Marina Garzón Barrios
<b>Publicación</b>	Bogotá, Universidad Pedagógica Nacional, 2016. 50 p.
<b>Unidad Patrocinante</b>	Universidad Pedagógica Nacional
<b>Palabras Claves</b>	FENOMENOLOGÍA, EXPERIMENTO DEMOSTRATIVO, AULA INCLUSIVA, ENSEÑANZA PARA SORDOS, SONIDO.

<b>2. Descripción</b>
<p>La presente investigación surge como respuesta a las reflexiones de la enseñanza de las cualidades del sonido en el aula inclusiva con estudiantes sordos, en el Colegio Manuela Beltrán en la jornada nocturna, desde el grupo de investigación con la perspectiva del computador y las prácticas experimentales para la enseñanza de la física; donde se planteó la siguiente pregunta de investigación ¿Cómo se podrían mejorar las condiciones de enseñanza en el aula inclusiva con estudiantes que no pueden oír, para enseñar en un proceso fenomenológico las características del sonido?</p> <p>Para responder esta pregunta se realiza una reflexión desde la fenomenología de Husserl y del experimento demostrativo como medio por el cual se puedan adecuar los fenómenos a las percepciones de los estudiantes en el aula inclusiva. Se realiza un trabajo de campo alrededor de experiencias para que los estudiantes construyan y amplíen sus ideas alrededor del fenómeno de las figuras sonoras de Chladni, asociándolo desde sus percepciones, a las vibraciones o al sonido.</p>


<b>3. Fuentes</b>
<p>Arcá, M., Gudoni, P., &amp; Mazzoli, P. (1990). Enseñar Ciencias. Barcelona: Ediciones Paidós Ibérica, S.A.</p> <p>Asenjo, O. R. (1990). Sobre la Enseñanza de La Física. Aula Abierta, 37-43.</p>

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Escuela Superior de Pedagogía</small>	<b>FORMATO</b>	
	<b>RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE</b>	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página ii de V	


<b>1. Información General</b>	
<b>Tipo de documento</b>	Trabajo de Grado
<b>Acceso al documento</b>	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
<b>Título del documento</b>	El Aula Inclusiva como un Escenario de Reflexión para la Enseñanza de la Física: La Fenomenología del Sonido
<b>Autor(es)</b>	Sanabria Quiñones, Juan Sebastián
<b>Director</b>	Marina Garzón Barrios
<b>Publicación</b>	Bogotá, Universidad Pedagógica Nacional, 2016. 51 p.
<b>Unidad Patrocinante</b>	Universidad Pedagógica Nacional
<b>Palabras Claves</b>	FENOMENOLOGÍA, FENOMENOLOGÍA DEL SONIDO, EXPERIMENTO DEMOSTRATIVO, AULA INCLUSIVA, ENSEÑANZA PARA SORDOS.

<b>2. Descripción</b>
<p>La presente investigación surge como respuesta a las reflexiones de la enseñanza de las cualidades del sonido en el aula inclusiva con estudiantes sordos, en el Colegio Manuela Beltrán en la jornada nocturna, desde el grupo de investigación con la perspectiva del computador y las prácticas experimentales para la enseñanza de la física; donde se planteó la siguiente pregunta de investigación ¿Cómo se podrían mejorar las condiciones de enseñanza en el aula inclusiva con estudiantes que no pueden oír, para enseñar en un proceso fenomenológico las características del sonido?</p> <p>Para responder esta pregunta se realiza una reflexión desde la fenomenología de Husserl y del experimento demostrativo como medio por el cual se puedan adecuar los fenómenos a las percepciones de los estudiantes en el aula inclusiva. Se realiza un trabajo de campo alrededor de experiencias para que los estudiantes construyan y amplíen sus ideas alrededor del fenómeno de las figuras sonoras de Chladni, asociándolo desde sus percepciones, a las vibraciones o al sonido.</p>

<b>3. Fuentes</b>

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>SELECCIÓN DE EXPERIENCIAS</small>	<b>FORMATO</b>	
	<b>RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE</b>	
<b>Código: FOR020GIB</b>	<b>Versión: 01</b>	
<b>Fecha de Aprobación: 10-10-2012</b>	<b>Página iii de V</b>	

- Arcá, M., Gudoni, P., & Mazzoli, P. (1990). Enseñar Ciencias. Barcelona: Ediciones Paidós Ibérica, S.A.
- Asenjo, O. R. (1990). Sobre la Enseñanza de La Física. Aula Abierta, 37-43.
- Bolio, A. P. (2012). Husserl y la fenomenología trascendental: Perspectivas del sujeto en las ciencias del siglo XX. Reencuentro, núm. 65, 20-29.
- Educación, M. d. (1998). Lineamientos Curriculares. 113.
- Ferreiros, J., & Ordoñez, J. (2002). HACIA UNA FILOSOFÍA DE LA EXPERIMENTACIÓN. Revista Hispanoamericana de Filosofía. Vol. 34, 47-86.
- Fraassen, B. C. (1997). La imagen Científica. Barcelona: Paidós Ibérica.
- García-Carmona, A. (2009). Investigación en didáctica de la Física: tendencias. Lat. Am. J. Phys. Educ. Vol. 3,, 369-375.
- Gómez, G. R., Flores, J. G., & Jiménez, E. G. (1996). METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION CUALITATIVA. Ediciones Aljibe, 35.
- Husserl, E., & Baró, M. G. (1982). La idea de Fenomenología. México: Ediciones F.C.E España S.A.
- Jara Holliday, O. (Orientaciones teórico-prácticas para la sistematización de experiencias). Orientaciones teórico-prácticas para la sistematización de experiencias. San José, Costa Rica: Publicaciones Alforja.
- Lamber, C. (2006). Edmund Husserl: la idea de la fenomenología. Teología y Vida, Vol. XLVII, 517-529.
- Larrosa, J. (2004). Algunas notas sobre la experiencia y sus lenguajes. La experiencia y sus lenguajes (pág. 11). Barcelona: Serie «Encuentros y Seminarios».
- Larrosa, J. (2006). Sobre la Experiencia. Revista Educación y Pedagogía, 43-51.
- Loudon, J. (1901). A Century of Progress in Acustics. Science, 987-995.
- Mach, E. (1948). Conocimiento y error. Buenos Aires: Espasa- Calpe, S.A.

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>SEDE CENTRAL DE INVESTIGACIÓN</small>	<b>FORMATO</b>	
	<b>RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE</b>	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página iv de V	

Quintana, A. (2006). Metodología de Investigación. *Psicología: Tópicos de actualidad.*, 47-84.

Torres Salas, M. I. (2010). La enseñanza tradicional de las ciencias versus las nuevas tendencias educativas. *Revista Electrónica Educare*, 131-142.

#### 4. Contenidos


Para poder responder la pregunta problema, se realizó el trabajo de investigación en cuatro capítulos, distribuidos de la siguiente manera: en el Capítulo I se presenta cómo surge la investigación desde la descripción de la población, el objetivo de la investigación, la metodología con la que se llevó a cabo y algunos trabajos que anteceden a este en el aula inclusiva. En el Capítulo II se encuentra la fenomenología de Husserl como apoyo teórico y filosófico para pensar en la importancia de cada sujeto que conoce y sobre cómo se pueden dar los fenómenos en el conocimiento, que permite pensar en los fenómenos como cuestiones de percepción, y pensando así mismo en la manera de construir fenómenos en el aula, de construir conocimiento a partir de las experiencias.

Siguiendo con el Capítulo III, se reflexiona el fenómeno del sonido para el aula inclusiva con el método de arena de Chladni, pensado desde la fenomenología de Husserl para realizar unas experiencias de aula. Finalmente en el cuarto Capítulo IV se encuentran los análisis y resultados de las experiencias realizadas, donde se concluye que las figuras sonoras de Chladni son una buena manera para abordar el sonido en el aula inclusiva con estudiantes sordos, ya que los estudiantes del aula son capaces de construir sus referencias a medida que observan el fenómeno y tener una explicación para las figuras relacionándolas con los sonidos o las vibraciones según sus percepciones.

#### 5. Metodología

La metodología está enfocada cualitativamente, pues el trabajo de investigación está dirigida hacia la interpretación subjetiva y es de interés analizar la realidad en el aula tal como sucede.

Se Acude a este enfoque debido a las características particulares del lugar de investigación, ya que es en la jornada nocturna, con aula inclusiva, con adultos y además por los tiempos de clases. Por este motivo, se ha elegido como el más adecuado para observar y traer al análisis

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>SELECCIÓN DE ESPECIALIDADES</small>	<b>FORMATO</b>	
	<b>RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE</b>	
<b>Código: FOR020GIB</b>	<b>Versión: 01</b>	
<b>Fecha de Aprobación: 10-10-2012</b>	<b>Página v de V</b>	

los datos e información recolectada, con la que se espera entender y asimilar con mayor reflexión, las estrategias que pueden mejorar la enseñanza en este escenario educativo.

Esta información se recolectó en grabaciones de video y escritos de los estudiantes, que fueron analizados comparativamente; es la información de las experiencias que se realizaron en el aula con el experimento demostrativo de las figuras sonoras de Chladni, pensadas para este tipo de población.

### 6. Conclusiones

- Es necesario ampliar las experiencias de los estudiantes de este tipo de población en el aula para que puedan organizar sus ideas para construir explicaciones y descripciones de los fenómenos, ya que sus experiencias están desligadas de las teorías científicas como un modo de entender el mundo.
- Lo estudiantes sordos no le dan sentido a los términos relacionados con el sonido que se enseñan en el aula, como timbre, ya que no hace parte de sus percepciones, porque el timbre es la referencia de los modos de vibrar de los materiales desde la audición, así que se recomienda usar las figuras de Chladni como experimento demostrativo para el estudiantado del aula inclusiva, como un elemento de enseñanza de la física para cualificar las vibraciones en los materiales con referencias visuales y asociarlos como sonidos particulares.
- La fenomenología permite pensar que los distintos fenómenos se pueden adecuar a las percepciones de los estudiantes, ya que son capaces de construir referencias mediante la observación y su percepción de las cosas apoyadas por la socialización entre ellos.

<b>Elaborado por:</b>	Juan Sebastián Sanabria Quiñones
<b>Revisado por:</b>	Marina Garzón Barrios

<b>Fecha de elaboración del Resumen:</b>	24	08	2016
--	----	----	------

# Contenido

<b>Capítulo 1 Colegio Técnico Comercial Manuela Beltrán: un escenario de aula inclusiva ..</b>	<b>1</b>
1.1 EL contexto de investigación.....	1
1.2 La Pregunta de Investigación.....	4
1.3 El Objetivo.....	5
1.4 Sobre los intereses de los estudiantes .....	6
1.5 El sonido como reflexión para el aula inclusiva .....	7
1.6 Metodología .....	9
<b>Capítulo 2 La Fenomenología. Construcción de Conocimiento y la Enseñanza de la Física</b>	<b>11</b>
2.1 Sobre la Fenomenología De Husserl.....	12
2.1.1 Percepción y Vivencias Intencional .....	14
2.1.2 La trascendencia de los objetos en los fenómenos.....	16
2.1.3 Critica a la Ciencia Positivista .....	17
2.2 Fenomenología en la Enseñanza.....	19
2.2.1 La Representación del Estudiante .....	21
2.2.2 La Percepción y el Conocimiento .....	22
2.2.3 La Experimentación y la Experiencia .....	23
<b>Capítulo 3 El sonido y las figuras de Chladni. Un Efecto de las Vibraciones para la Enseñanza de la Física.....</b>	<b>26</b>
3.1 El Método de Arena de Chladni en la Enseñanza de la Física.....	26
3.1.1 Las Figuras de Chladni para el Aula Inclusiva .....	29
<b>Capítulo 4 Análisis y Resultados.....</b>	<b>32</b>
4.1 Descripción y análisis de las Experiencias .....	33

4.1.1 Descripción de la Experiencia 1: Un acercamiento a las cualidades de las vibraciones .....	33
4.1.1.3 Análisis de la experiencia 1 .....	35
4.1.2 Descripción de la Experiencia 2: Las diferencias de la vibración en los materiales..	39
4.1.2.1 Análisis de la experiencia 2.....	40
4.2 Aspecto de descripción de fenómenos .....	44
4.3 Aspecto de Socialización .....	46
4.4 Aspecto Motivacional .....	47
<b>Conclusiones</b> .....	49
<b>Bibliografía</b> .....	A
<b>ANEXOS</b> .....	i

## Introducción

El presente trabajo es el resultado de una reflexión sobre la enseñanza de la física en el aula inclusiva con estudiantes que presentan diversidad funcional auditiva con la finalidad de mejorar las condiciones de aula con las que se maneja el tema de sonido, ya que este es un tema con cierto nivel de complejidad que necesita ser reflexionado y adecuado para la inclusión; pues se piensa en la inclusión como un lugar donde los estudiantes pueden aprender como iguales potenciando las condiciones que tienen, por medio de la adecuación de los fenómenos físicos a las capacidades sensoriales y perceptuales del estudiante.

De esta manera, el sonido es uno de esos temas que podrían ser enseñados apropiadamente en el aula inclusiva involucrando a la población sorda con el uso de sus otros sentidos, el tacto y la vista, con la placa de Chladni como una herramienta de aula para esta población con estas particularidades auditivas, para ampliar de igual manera las experiencias de los estudiantes que no presentan problemas auditivos. Además porque podría ser un apoyo visual y táctil para el aula inclusiva con estudiantes sordos con la conceptualización de lo que hace un sonido diferente de otro.

Se piensa en la placa de Chladni porque desde el fenómeno que se puede observar ahí con las vibraciones, surge una fenomenología del sonido que hoy se reconoce en la ciencia como la teoría de la música. Claro está que no es exactamente el mismo experimento que se realizó en la época del siglo XIX en Europa, sino con unas modificaciones planteadas para la enseñanza de la física en el aula inclusiva.

Por ello en el **Capítulo I** se encontrara la descripción de la población, cómo surge el problema y la pregunta de investigación que se desea responder pensando en el estudiante como el centro de la enseñanza de la física. En el **Capítulo II** se encuentra la fenomenología de Husserl como apoyo teórico y filosófico para pensar en la importancia de cada sujeto que conoce y sobre cómo se pueden dar los fenómenos en el conocimiento, que permite pensar en los estos como cuestiones de percepción, y pensando así mismo en la manera de construirlos en el aula a partir de las experiencias.

Siguiendo con el **Capítulo III**, se encuentra a grandes rasgos la construcción de la teoría de la música a través de la historia, con la cual se reflexiona el fenómeno del sonido para el aula inclusiva con el método de arena de Chladni, proponiendo una serie de experiencias para lograr responder la pregunta de investigación. Finalmente en el cuarto **Capítulo IV** se encuentran los análisis y resultados de las experiencias propuestas, donde se concluye que las figuras sonoras de Chladni son una buena manera para abordar el sonido en el aula, ya que los estudiantes del aula son capaces de construir sus referencias a medida que observan el fenómeno y tener una explicación para las figuras relacionándolas con los sonidos y con las características de los materiales, el timbre visual.

## **Capítulo 1 Colegio Técnico Comercial Manuela Beltrán: un escenario de aula inclusiva**

En este capítulo se encontrara la descripción del lugar donde surge la investigación, es decir, el Colegio Técnico Comercial Manuela Beltrán, también se encontrara la pregunta y el objetivo que enmarca este trabajo.

### **1.1 EL contexto de investigación**

El colegio Técnico Comercial Manuela Beltrán es una institución de carácter distrital que cuenta con distintas jornadas: mañana tarde y noche, esta última cuenta con un programa de inclusión educativa con personas sordas que lleva 14 años y fue el escenario en el que se realizaron las practicas pedagógicas de 6:30 pm a 10:00 pm. En esta jornada hay estudiantes que con edades que oscilan entre los 15 y 70 años, realizando su proceso académico en la modalidad por ciclos semestralizados, esto quiere decir que cursan 2 años escolares en un solo semestre, cursando todo primaria y bachillerato en ciclos que van desde 1 hasta 6, por lo cual una “hora” de clase puede durar alrededor de 30 min a 35 min y se trasladan constantemente de un salón a otro para tomar las clases correspondientes al horario; son los educandos quienes llegan al salón donde se encuentra el profesor que dicta la materia.

Este fue un escenario enriquecedor por la diversidad de la población, no solamente por sus edades sino también por sus condiciones fisiológicas auditivas,

Así, el salón donde se realizó la práctica, es el laboratorio de física donde el profesor dicta matemáticas para el ciclo 4 y física para ciclos 5 y 6. Este laboratorio donde se llevan a cabo las clases de física o matemáticas se encuentra dotado por pocos elementos que sirven de herramientas para explicar los diferentes temas. Herramientas tales como el videobeam, planos inclinados, lentes cóncavos y convexos, entre algunos otros materiales que pueden ser usados para la enseñanza de la física. A pesar de que haya dotación, el profesor de física de la jornada nocturna no puede hacer uso de los recursos del laboratorio, especialmente del videobeam que está instalado en el salón pero el cual no hay una capacitación para hacer uso de ello. Esto se debe a que el manejo de lo que se encuentra en el laboratorio lo administran

los docentes de la mañana y tarde, quienes guardan el material en casilleros con candado para evitar problemas con esta dotación.

El profesor titular -a cargo de la enseñanza de la física de esta institución- es recursivo y tiene que valerse de sus propios medios para hacerse entender; él lleva cuerdas, resortes, canicas, laser, entre otros materiales para hacer demostraciones experimentales en sus clases de física, con los que amplía la explicación de la teoría.

Los experimentos demostrativos, que el profesor realiza en sus clases, son simples y fáciles de reproducir, tanto por los materiales que son usados, como por el tiempo que se tarda en realizarlos que no dura más de 5 min; con ellos se describen muy rápidamente las cualidades que se pueden observar.

Para entender mejor estas situaciones de aula, se describirá brevemente como es una clase típica de física, por ejemplo, la clase donde se aborda el movimiento ondulatorio. Cuando el profesor va a empezar el tema de movimiento ondulatorio, lleva cuerdas y una canica, con los cuales realiza dos efectos: el primero solo con la cuerda, tensionándola de tal manera que la hace vibrar con la ayuda de un estudiante, para explicar onda transversal, y el segundo, forma un péndulo amarrando la canica a la cuerda para explicar periodo y frecuencia cuando oscila.

Al terminar con dichos experimentos, el profesor se dirige al tablero donde empieza a escribir las definiciones de los conceptos que aborda y luego las respectivas ecuaciones que formalizan los movimientos. Posteriormente, él realiza una serie de ejercicios como los que aparecen en los libros de física, por mencionar uno: *una cuerda de 3m está oscilando con una frecuencia de 0.5 hz. Halle el periodo*, como ejemplos para los estudiantes de la correcta funcionalidad de las ecuaciones, y finaliza su clase dejando uno o dos ejercicios prácticamente iguales para que ellos los resuelvan; si no alcanzan a solucionarlos, los deja de tarea para la próxima clase.

Podría decirse que son clases de enseñanza tradicional, porque tienden a ser sesiones muy centradas en la actividad y discurso del profesor, sin dar mucha oportunidad a los estudiantes que participen con sus preguntas, intereses de conocimiento. En esta enseñanza tradicional, como menciona la Fundación Universitaria Luis Amigó (2006):

“La información la recibe el alumno en forma de discurso y la carga de trabajo práctico es mínima sin control del desarrollo de los procesos que subyacen en la adquisición

del conocimiento, cualquiera que sea la naturaleza de éste, lo que determina que ese componente tan importante de la medición del aprendizaje que es la evaluación, esté dirigido a poner en evidencia el resultado alcanzado mediante ejercicios evaluativos meramente reproductivos, que no enfatizan, o lo hacen a escala menor, en el análisis y en el razonamiento.” (Párr. 8)

Usualmente se sigue la misma metodología, no se le permite al estudiante hacer una reflexión del fenómeno, sino que se hace una “transmisión” a los estudiantes del conocimiento científico, de las teorías establecidas que permiten explicar y describir los efectos que se observan, es decir, que se enseña a memorizar las ecuaciones para decir una cantidad de cosas que son propiamente de los libros de física, definiciones que deben ser así, porque así lo dice el libro y el profesor, es por esto que el estudiante no encuentra un sentido a esas teorías y ecuaciones para relacionarlo con su vida diaria, no se enseña a pensar y reflexionar sobre lo que se observa.

Torres Salas (2010) se refiere a la enseñanza tradicional de la siguiente manera:

“la principal forma de enseñarla es en el papel, como un conjunto de hechos y verdades estables e incuestionables, que el libro de texto contiene, que el profesor, supuestamente, sabe y que el alumno tiene que memorizar, para poder contestar las preguntas a las que es sometido en los exámenes” (Pág. 135).

En este caso, los ejemplos usados por el profesor aunque son de la vida diaria, los estudiantes no le hacen sentido a los conceptos ni mucho menos a las ecuaciones; la manera de expresarse de los estudiantes sobre la física es con frases como: *eso para que, la física son solo ecuaciones, la física es para gente muy inteligente, entre otras*. Esto genera un bajo interés de los estudiantes que se evidencia con actitudes disruptivas como estar pendiente del celular o conversando con el compañero suavemente, o solamente estando en silencio y mirando al profesor, copiando lo que dicta. De forma que en el momento que el profesor deja un ejercicio prácticamente igual a los que realizó como ejemplos, no saben cómo solucionarlo.

A pesar de esto, hay momentos en los cuales los estudiantes demuestran un interés por aprender lo que el profesor está diciendo, toman una actitud diferente frente a la clase, preguntan, participan; se nota un cambio. Estos momentos se generan de dos formas:

- 1- Cuando el profesor decide darle un enfoque dirigido al “uso” del conocimiento, ya que esto si está sujeto explícitamente a la vida diaria mediante un discurso que permite enriquecer el sentido de la física, es decir, contextualiza los conceptos de la física a través de temas que al parecer son interesantes, como en el caso del tema de óptica con los lentes, el profesor por ejemplo explica porque la gente debe usar gafas para ver mejor y que dependiendo del tipo de enfermedad que tenga debe usar lentes convexos o lentes cóncavos.
  
- 2- Cuando el profesor realiza experimentos demostrativos, los cuales se ven visualmente interesantes, por ejemplo, en el caso del tema de óptica nuevamente el profesor al usar los espejos cóncavos, convexos y observar los efectos con la imagen; el cambio de direcciones que tiene el rayo del láser cuando apunta a alguno de los espejos y relacionando esos efectos con la función de los espejos cóncavos en los carros, los estudiantes realizan preguntas que están permeado por su contexto y se usan para entender lo que el profesor explica, ya que algunos tienen carro, moto o simplemente un espejo para maquillarse, es decir que las preguntas están permeadas por los contextos de los estudiantes, las interpretaciones que pueda tener dado sus experiencias y conocimientos de la cotidianidad.

Esto refuerza, como lo sugieren Pozo y Monereo (2001) la necesidad de que los docentes interactúen con los estudiantes de formas más dinámicas, teniendo como una meta fundamental en la enseñanza el *aprender a aprender* teniendo en consideración el contexto y la adecuación del fenómeno, en este sentido generar un estilo de aprendizaje en el estudiante, que se pueda dar cuenta de cuáles son sus facultades para poder construir conocimiento y aprender en el aula.

## **1.2 La Pregunta de Investigación**

En este sentido, se piensa que la dirección de la enseñanza de la física no solo puede estar apuntando a los temas que se enseñan en la clase sino en los estudiantes a quienes se les enseñan. “Se trata de que el profesorado de Física sea consciente de los problemas educativos que surgen en su clase y, consecuentemente, adopte las decisiones oportunas” (García-

Carmona, 2009, pag. 369) además del contexto que hay en el salón, un contexto educativo con características mencionadas anteriormente. Se trata entonces de pensarse por una parte en el cómo llevar la física al aula y por otra parte que contribuya a mejorar las condiciones de aula para que el estudiantado no tienda a considerar la física en términos solamente como las fórmulas matemáticas (Asenjo, 1990). Entonces, se trata de intentar hacer que los estudiantes vean la física como una forma de entender el mundo mediante la conceptualización de fenómenos.

Así, se plantea la siguiente pregunta de investigación:

**¿Cómo se podrían mejorar las condiciones educativas en el aula inclusiva con estudiantes que no pueden oír, para enseñar como un proceso fenomenológico las características del sonido?**

Con esta pregunta se ha reflexionado en el estudiante como punto central de la enseñanza de la física, pensando más en la dirección de intentar llevar al aula un sentido de las teorías de la ciencia y con ello del conocimiento científico, resaltando la importancia a las experiencias como fuente de conocimiento del estudiante. Por ello se ha puesto más atención en el proceso de la enseñanza de la física, donde el profesor acompaña los procesos del estudiante cuando se enfrenta a la observación de diversos fenómenos y no en la memorización sin sentido de las ecuaciones de una teoría establecida sobre los fenómenos naturales.

### **1.3 El Objetivo**

Estas consideraciones sobre la enseñanza parten desde la experiencia propia, como estudiante y maestro en formación; en relación con esta experiencia se ha observado que en la enseñanza de la física prima la teoría como imagen verdadera de los fenómenos de la naturaleza. Así pues, esta propuesta busca generar una mirada más significativa para la enseñanza de las ciencias, que resalte la importancia de las experiencias en el aula y posibilite la construcción de una representación individual y/o colectiva del sonido mediante la relación de experiencias con los eventos observables del fenómeno.

De esta manera, el objetivo de este trabajo se encuentra rodeado por la necesidad de **encontrar una manera, en la enseñanza de la física, por medio del cual el sonido pueda ser abordado en el aula inclusiva con población sorda**, donde los estudiantes puedan ser los

protagonistas con sus propias explicaciones, argumentos, ideas que con la guía del profesor sea un ambiente fructífero para darle sentido a las teorías de la ciencia, para mejorar las condiciones de educación. En este caso, se ha centrado en la importancia de la construcción de representaciones del estudiante en el proceso de conocimiento científico.

#### **1.4 Sobre los intereses de los estudiantes**

Teniendo en cuenta los momentos mencionados donde se interesan y donde no, se observó que además de relacionar directamente algunos los conceptos de la física con la vida diaria, hay un interés por entender los hechos que ocurren con los experimentos demostrativos ahí en el salón cuando son visualmente interesantes. En otras palabras, podría ser mejor para este contexto particular, hacer interesante la clase de física mostrando hechos de la naturaleza y guiando al estudiante para que le halle un sentido al proceso de observación de eventos para estructurar las ideas que surgen y construir fenómenos para que haya un sentido posterior a aquellas ecuaciones de la física y no hacer la clase basada solamente en las formalizaciones de la ciencia, ni de la teoría que constituye el fenómeno, porque así se sigue una tendencia positivista de la física. Cabe aclarar que lo importante de estas consideraciones es motivar al estudiante para que por sí mismos intenten observar la naturaleza con una actitud para conocerla y poder dar alguna explicación de los eventos que se encuentran en ésta y exista posteriormente con todo un proceso un sentido de las teorías de la física con sus ecuaciones.

Consideraciones como estas fue posible gracias a que cada semestre, los estudiantes del ciclo con el que se realizaba la practica cambiaban, por lo tanto no era constante con quienes se tenía algún tipo de interacción académica cada semestre, por lo que la variedad social que observe fue muy amplia, y me permitió tener una visión más grande sobre los contextos de los estudiantes que llegaban al ciclo a estudiar. Por este motivo, pude observar que había un contexto que en general era muy parecido en cada curso del ciclo con el que se trabajaba, así, lo que influenció la decisión de llevar un trabajo de investigación en el aula, el cual se permeo por el interés de mostrar que la física no solo son ecuaciones matemáticas, sino que requiere de una observación de los fenómenos de la naturaleza y que se puede realizar este tipo de acciones en cualquier momento de la cotidianidad, fuera del aula.

## **1.5 El sonido como reflexión para el aula inclusiva**

El experimento demostrativo mencionado de movimiento ondulatorio con la cuerda (el péndulo) tienen la particularidad que pueden ser llevadas al aula inclusiva, ya que son más del tipo visual, los estudiantes tanto oyentes como los que tienen pérdidas auditivas parciales y totales de nacimiento tienen alguna experiencia con relación a ello. Sin embargo, el tema como el sonido es uno de esas teorías de la física que se ha construido a partir de la percepción del oído y requiere de ello para darle un sentido. Como los estudiantes con pérdidas auditivas totales de nacimiento no tienen experiencia alguna con relación al sonido, se convierte en un problema de la educación poder ampliar el campo de experiencias que permita tener algún acercamiento a lo que la teoría científica dice con respecto al sonido. Además que las explicaciones que realiza el profesor para explicar este tema en particular no es suficientemente explícito para hacerse entender en el aula inclusiva, por ejemplo, para explicar intensidad golpea el tablero duro y luego suave, para explicar tono hace referencia a la sirena de una ambulancia (tono agudo) y un bus (tono grave), aunque por el tacto exista una experiencia de intensidad y hasta de frecuencia, en el caso del timbre es fisiológicamente complejo diferenciar un sonido de otro sin tener el sentido del oído, por ello el profesor no toma en cuenta esta cualidad en el aula inclusiva para sus explicaciones.

Es por este motivo, que el rol como docente es encontrar la forma de hacerle sentido a los conceptos de la física en los estudiantes, que los fenómenos no solo se pueden observar desde una sola perspectiva, desde una sola percepción, que la ciencia no es solo para genios sino también para curiosos, es decir, propiciar implícitamente en los estudiantes la reflexión y el pensamiento de lo que ocurre alrededor, los hechos y fenómenos que pueden observar desde sus sentidos.

Así, se piensa en el sonido como un fenómeno que esté al alcance del aprendizaje en este tipo de aula inclusiva, ya que los estudiantes sordos se interesan por entender este fenómeno, les genera curiosidad, además porque se piensa como un vínculo de unión con los estudiantes que pueden oír para compartir explicaciones, términos, preguntas sobre lo que pueden percibir del fenómeno, en términos de vibraciones o como sonido, como un espacio de diálogo fuerte entre ellos.

## 1.6 Antecedentes

En el Departamento de Física de la Universidad Pedagógica Nacional se han realizado trabajos investigativos alrededor del aula inclusiva con estudiantes sordos con adultos y el uso de experimentos como los siguientes:

1. “Física al alcance de los sordos” (2008), el cual piensa en desarrollar toda una serie de experiencias con estudiantes sordos, construyendo un prototipo electromagnético, quienes alcanzaron con esta propuesta a generar ideas alrededor de conceptos electromagnéticos en los estudiantes, es decir que resaltan la importancia de las experiencias con los estudiantes y los montajes experimentales para tal desarrollo.
2. “Desarrollo de habilidades de pensamiento científico en estudiantes sordos de grado séptimo de aula integrada” (2008), en el cual se trabajó con el objetivo de adecuar estrategias didácticas para el aula inclusiva con fenómenos ópticos, que no estuvieran enfocadas hacia los estudiantes oyentes, donde se resalta la observación y la descripción como aspectos de las habilidades de pensamiento, donde se alcanzó a realizar en el grado 7 del IE Ricaurte, que ellos mismo estructuraran preguntas y construyeran ideas alrededor del fenómeno óptico con montajes como mirar una vela con unos lentes; espejos en una cubeta con agua, iluminada con un láser o una linterna en un cuarto oscuro, entre otros; fortaleciendo esas habilidades de pensamiento en los estudiantes a partir del diseño didáctico. En este trabajo se le da la relevancia suficiente a las observaciones que el estudiante realiza del mundo natural para tener modos de hablar de él.
3. “Estrategia didáctica para el aprendizaje de la óptica geométrica: estudiantes sordos y oyentes del aula inclusiva” (2011), con el objetivo de aproximar la dispersión de la luz a través de un diseño didáctico en la institución Ricaurte de Soacha con fenómenos ópticos de refracción reflexión de la luz, en 703, quien trabajo diferentes estrategias didácticas, en preguntas y observaciones que llevan a los estudiantes sordos y los estudiantes oyentes a relacionar sus conocimientos con los fenómenos ópticos. Donde lo importante es adecuar los materiales con los cuales se desarrollan las clases de física en éste para este tipo de aulas.

4. “Una propuesta didáctica de trabajo con adultos en el estudio de la física” (2002), se preocupa por el aprendizaje del adulto, y no solamente de la juventud, ya que según se expone que el aprendizaje es una atributo del ser humano, que por tal motivo, es un proceso que continua a lo largo de la vida con diferentes etapas de aprendizaje, donde resaltan la importancia de la participación activa del profesor en el aula con adultos, sin pretender transmitir conocimiento sino orientar a y motivar el aprendizaje como elementos para la enseñanza de la física.

De esta manera, se han investigado sobre estrategias que permitan abordar los fenómenos ópticos o electromagnéticos, mediante la vista o el tacto para estudiantes sordos o en aula inclusiva generalmente con estudiantes jóvenes, concluyendo que es necesario reflexionar en las necesidades de los estudiantes, ya que en el aula inclusiva de Colombia aún se tiene en cuenta ciertas percepciones fisiológicas, y que es necesario pensar en montajes que estén pensados para el aula inclusiva, es por ello que cada trabajo mencionado me aporta a pensar en las experiencias, en la participación activa del profesor, en el uso de montajes experimentales y la vinculación de estudiantes sordos y estudiantes oyentes como factores para mejorar las condiciones en este tipo de contextos, con características de inclusión, estudios nocturnos, estudiantes adultos y jóvenes.

### **1.7 Metodología**

El trabajo que aquí se maneja aporta la reflexión para la construcción fenomenológica del sonido, en su expresión menos compleja, es decir, mediante las referencias que los estudiantes sordos y los estudiantes oyentes puedan mencionar sobre el sonido o las vibraciones que hacen parte del fenómeno con ciertas cualidades.

Pensando en la construcción del fenómeno del sonido como un proceso en la enseñanza de la física, sin acudir directamente a la teoría de la ciencia que lo describe, se consideró la siguiente hipótesis:

- Como en el aula inclusiva del IED Manuela Beltrán jornada nocturna, los estudiantes sordos y los estudiantes oyentes, al demostrar buenas relaciones sociales entre ellos,

hay posibilidad que ellos puedan ir construyendo una fenomenología alrededor del sonido, con términos y referencias que tengan de sus experiencias para hablar de modos específicos de ello, dirigido hacia el sentido de la teoría científica del sonido como onda y sus diferentes características (longitud de onda, frecuencia, periodo, etc.).

Para poder resolverlo se propusieron algunas experiencias con las que se pudiera explicitar su conocimiento de las cosas y así fortalecer la posibilidad de la construcción fenoménica del sonido en el aula. Esta información se recolecto en grabaciones de video y escritos de los estudiantes, que fueron analizados comparativamente.

De esta manera la metodología de investigación está enfocada cualitativamente, pues está dirigida hacia la interpretación subjetiva del investigador mediante los frutos de un proceso históricos de construcción (Quintana, 2006), y se interesa por estudiar la realidad tal como sucede, intentando interpretar los fenómenos que ocurren con las personas involucradas en la investigación (Gómez, Flores, & Jiménez, 1996).

Acudiendo a este enfoque por las características particulares del lugar de investigación, al ser en la jornada nocturna, con aula inclusiva, con adultos y por los tiempos de clases, elegido como el más adecuado para observar y traer al análisis los datos e información recolectada, con la que se espera entender y asimilar con mayor reflexión, las estrategias que pueden mejorar la enseñanza en este escenario educativo.

## **Capítulo 2 La Fenomenología. Construcción de Conocimiento y la Enseñanza de la Física**

En este trabajo, el eje alrededor del cual gira la enseñanza de la física es el profesor y los conocimientos del estudiante sobre la naturaleza, antes que la teoría establecida de la ciencia que explica el fenómeno con sus conceptos y ecuaciones. Por esto, es importante pensar en una epistemología de la física, en la construcción de fenomenologías o formas de comprensión del mundo.

Husserl es el primer filósofo en usar este concepto para abordar el problema de cómo los seres humanos conocemos; propone una serie de consideraciones sobre la conciencia y sugiere que las experiencias del sujeto, su contexto, sus percepciones, sus intereses enfocan las interpretaciones que permiten al sujeto construir objetos en el pensamiento con los cuales da explicaciones de lo que le rodea, establece conocimientos y formas de conocer, así cada sujeto se hace una realidad propia, una forma de ver el mundo. (Husserl & Baró, 1982)

... “como la realidad no es independiente de la historia ni el ámbito social del sujeto, el conocimiento científico posee una insoslayable dimensión institucional y como institución social la ciencia se encuentra sometida a la complejidad de relaciones condicionantes entre las diversas instituciones del sistema social (Pérez Gómez, 1978, citado por Tejada, 2005)” (Torres Salas, 2010, pág. 133 )

Planteado lo anterior, al pensar en el estudiante como el centro de la enseñanza, la fenomenología propuesta por Husserl podría ser una forma de ampliar estas consideraciones con las cuales se puede complementar una ruta para que el sonido sea abordado en una población como ésta. Es una forma de ampliar ésta reflexión, pues como más adelante se desarrollara, lo importante de la fenomenología está en el cómo se dan los objetos en el pensamiento, la subjetividad de la realidad mediante las percepciones del sujeto entre otras cosas propias del sujeto en contexto, con las cuales se podría reflexionar la enseñanza de la ciencia, para dejar de lado un poco solamente la memorización de ecuaciones y la manipulación de estas al momento de resolver problemas de los libros, sino entenderlas encontrándoles su razón de ser, el sentido de las ecuaciones en la teoría, dando los primeros

pasos para conocer, es decir, observando e intentando organizar las ideas para encontrar una explicación. Como se menciona en los lineamientos curriculares (1998)

“El paso apresurado a los lenguajes formalizados, lo único que produce es un manejo sintáctico, en ocasiones correcto, desprovisto de toda semántica. (...). La introducción de los lenguajes formalizados requiere entonces de un cuidadoso proceso que le permita al estudiante ver la necesidad de utilizar un lenguaje de esa naturaleza y le otorgue el tiempo suficiente para hacer esa transición que, históricamente, se dio en forma paulatina” (pág. 48)

## **2.1 Sobre la Fenomenología De Husserl**

Comenzando un poco por el nacimiento de la fenomenología, este término se usó en la filosofía por primera vez en a finales del siglo XIX por Edmund G. Husserl para hablar sobre la importancia que se debía prestar a la correlación más esencial entre conocimiento, el sentido del conocimiento y el objeto de conocimiento, investigando la esencia del conocimiento, esencia que se refiere al cómo puede darse un objeto en el pensamiento cuando un sujeto lo observa. Husserl establece como argumentos para pensar en ello, en las diferencias que tiene con las metodologías o los procesos de la ciencia positivista para conocer la naturaleza que se mostraran más adelante.

A diferencia de la ciencia, Husserl menciona que no se juzga la existencia del objeto sino de la esencia a través de la representación, y ésta no está ni como evidencia o como existencia física ni psicológica. No existe efectivamente, pero si lo está en la conciencia (Husserl & Baró, 1982). La fenomenología pone en primer plano de su atención los fines, la orientación del pensamiento y de la acción humana: no se centra en el objeto sino en el sujeto que conoce. Para la fenomenología la verdad de los objetos está en la conciencia del sujeto productos de la vivencia ya que no es la verdad de las cosas que sean en la realidad objetiva.

Se centra en el como el conocimiento se adecua a los objetos de conocimiento, y como trasciende y alcanza fidedignamente los objetos (Husserl & Baró, 1982, p. 29 a). Los objetos del mundo están ahí cuando son conocidos por un sujeto, pero conocer un objeto requiere de todo un proceso de adecuación, que permite hacer de un *objeto cognoscible* parte del conocimiento, un objeto al que en el conocimiento se dota de características para que luego

se encuentre en el pensamiento. Así, teniendo en cuenta el proceso de adecuación, “se vuelve un enigma el darse de los objetos de conocimiento en el conocimiento” (Husserl & Baró, 1982, pág 29b) es decir, la manera en el cómo los objetos se manifiestan en el pensamiento con un sentido particular para generalizar toda una cantidad de objetos con uno solo en el conocimiento.

En la fenomenología lo característico para el pensamiento es la posibilidad de conocimiento del mundo a partir de la percepción establecida por el sujeto. Los objetos no son los que están ahí afuera, externos al sujeto, sino al contrario, son objetos cuando está en su pensamiento con características y cualidades con las cuales se le puede referir, son referencias posibles ya que el objeto se muestra ante sus percepciones.

En este sentido se puede pensar que el sonido está en el mundo porque podemos oír, ese objeto del mundo está en el pensamiento como una forma de percibir el mundo, caracterizado por la percepción auditiva, terminando como un efecto de algo que lo produce, las vibraciones de los medios y es entonces donde puede haber otra percepción que permita caracterizarlo y que llegue al pensamiento, porque no somos solamente el sentido del oído, también somos conciencia, y es entonces donde puede haber posibles mundos desarrollables, posibilidades de conocer el sonido, que parten del sujeto individual o colectivo, distintas maneras de referírsele desde otros sentidos.

No se trata de conocer el objeto como tal en la realidad objetiva, en este sentido la fenomenología no miraría hacia el mundo, sino hacia mundos posibles desarrollables del sonido, y como el sonido es un objeto en la conciencia del sujeto, éste hace referencia a una cantidad de estímulos fisiológicos que han sido organizados por su pensamiento durante la vida, por su percepción del mundo, forjada por el contexto con el cual conoce el entorno.

La fenomenología de Husserl se centra entonces en la conciencia del sujeto, como alguien que es capaz de asumir una realidad propia, construida a partir de sus interacciones y con lo que le rodea.

Un aspecto importante para intentar responder el *cómo se dan los objetos en la conciencia*, está en la inmanencia como punto de observación de las cosas externas a la conciencia, objetos que aún no son objetos en la conciencia; la inmanencia se podría entender como el sello propio

con el cual un sujeto puede encontrar una referencia al objeto para conocerlo y tenerlo en la conciencia. Es un aspecto subjetivo del sujeto para conocer, podría ser un punto de vista con el cual le hace algún sentido al objeto.

Para la fenomenología de Husserl este aspecto subjetivo cobra un sentido como punto de partida de la razón, una subjetividad que esta permeada por la cultura, la sociedad y el lenguaje llevando al sujeto a pensar y realizar ciertas acciones propias en el mundo. En otras palabras, el contexto genera zonas de subjetividad peculiares ante los saberes y direcciona la intención con los objetos para lograr un fin particular que lleva al sujeto a tener ciertos *actos intencionales* con el mundo.

Estos actos intencionales son los que le permiten a un sujeto ampliar los saberes de los objetos, como características o cualidades para el conocimiento, que puedan ser mencionadas con posterioridad, y para poder ser mencionadas se hace necesario pasarlas por la conciencia, organizarlas con el pensamiento y guardarlas como conocimiento, este proceso Husserl lo denomina como las *vivencias intencionales*, una forma de expresar la correlación entre *objeto de conocimiento* y *el conocimiento*. Pero este proceso se contempla como una articulación de experiencias y recuerdos, no son simplemente cada una. Estas vivencias intencionales son una característica de la fenomenología que está más dada a la reflexión conciente de toda una cantidad de ideas, con las cuales puede tener un discurso o una forma de expresar las características inmanentes del sujeto sobre el objeto cognoscible.

En este sentido no se intenta comprobar su existencia física o su verdadera esencia. Es por ello que Husserl piensa en despojar las trascendencias que se le da a los objetos, es decir su objetividad, su realidad, cuestionando todo conocimiento, una validez empírica para todos, es dudar de las experiencias individuales, recuerdos y centrándose en su conciencia como su realidad (Husserl & Baró, 1982, pp. 58-61).

### **2.1.1 Percepción y Vivencias Intencional**

El sujeto es quien le da sentido a los objetos a medida que los observa con sus percepciones, para la realidad de la que esta conciente. Así, los objetos que forman parte del conocimiento se originan desde el pensamiento (el cogito), desde las vivencias intencionales como fuentes

de conocimiento, de los que no hay duda alguna como base para caracterizarlos inmanentemente (objetar).

Se mencionó que hay que cuestionar todo conocimiento, experiencias, recuerdos etc., pero si se duda de todo ello, que son propias, entonces ¿de dónde se parte para conocer?, si no es lícito comenzar desde estos conocimientos, entonces no habría maneras de conocer el mundo (Husserl & Baró, 1982). Por ello para la fenomenología es necesario partir de conocimiento absolutos, pero cada experiencia y cada recuerdo no lo son, ya que cada una son una imagen del pensamiento que es vaga para conocer un objeto, pues están influenciados por pareceres y supuestos, y juzgarían el objeto de conocimiento a partir de otros elementos, es decir, el sujeto le atribuiría cualidades que no le son inmanentes por observación, sino desde objetos conocidos, construiría un objeto que no se muestra, ni es absoluto, sino que *podría* ser de tales maneras, existiendo entonces una duda de su esencia.

Por este motivo, la vivencia es entonces la reflexión de las experiencias individuales como un todo, pasadas una y otra vez por la conciencia reflexiva, pero que no acaba ahí, sino que hace uso de ellas, es decir, las reflexiona para tener una cantidad de experiencias intencionales con un objeto para conocerlo, es decir, la vivencia intencional. Por ello, las vivencias intencionales son las que permiten construir los objetos a través de la manera como se muestran, una construcción que hace parte de la organización mental de las cualidades de los objetos, mediante la percepción del mundo.

Dichas vivencias son en el acto absolutas, y por lo tanto son conocimientos absolutos, de las que no hay duda alguna sobre lo que se está dado del objeto, como se muestra ante la observación y percepción del sujeto para tener una de las tantas posibilidades de conocerlo, y no como el objeto es concretamente en la realidad objetiva.

Por lo tanto, no se puede pensar nada por fuera de la conciencia, es esa apropiación del conocimiento lo organizado por el sujeto y su percepción. Esta parte del pensar los objetos, convierte la objetividad en subjetividad: cada quien hace objetos para sí mismo. Por consiguiente, se objetiva el mundo, se construye una objetividad, se construyen esas cualidades de lo que se quiere conocer, esas cualidades que le son propias al objeto en sí, pero que son una posibilidad del sujeto para conocerlo.

Cualquier persona puede conocer un objeto en distintas percepciones. Son mundos distintos, objetividades o descripciones distintas que le son propias al objeto cognoscible y que tiene una relación con el sentido del conocimiento del sujeto.

Cuando hay una objetividad de los objetos del mundo, es entonces cuando la intencionalidad de esa objetividad entra en el conocimiento. Crear un símbolo por ejemplo es un acto intencional, pero al darle una finalidad, se transforma en un objeto intencional: la “a” es un símbolo en el idioma que se creó (acto intencional) para representar un sonido particular, funcionando como un objeto intencional, subjetivo de una sociedad en particular para comunicarlo colectivamente en su lenguaje (Bolio, 2012, pp. 25-27).

### **2.1.2 La trascendencia de los objetos en los fenómenos**

Lo enigmático es la trascendencia del conocimiento, ¿cómo los objetos por sí mismos pueden trascender de lo particular a lo universalidad o a nuevas universalidades? (Husserl & Baró, 1982), es decir, como los objetos se pueden constituir en la conciencia a través de una referencia la cual pueda traer siempre que desee el objeto, como se decía anteriormente “se vuelve un enigma el darse de los objetos en el pensamiento”.

Entonces para la fenomenología lo trascendente del conocimiento, es encontrar la esencia de los objeto y darles sentido. Esto nace de la intuición del sujeto para conocerlos. Según Husserl si uno piensa en los objetos solo desde la experiencia directa tiene una idea vaga para decir cómo es, pero al observar desde la vivencia intencional, desde esa percepción estructurada, es cuando permite tener un discurso con el cual puede decir: *eso es tal como es para mí, con el sentido que yo le puedo dar para mi mundo*, eso es a lo que se refiere a la construcción de lo trascendente del conocimiento, que puede trascender ese objeto para sí mismo, que puede transformarlo, cambiarlo.

La trascendencia entra en contexto cuando el sujeto tiene una intencionalidad y un sentido a los objetos que ha dotados de cualidades, es el momento en el cual lo universaliza para representar una cantidad de cosas que le son propias al observar los objetos con sus percepciones, una trascendencia del objeto que es inmanente al sujeto. Pero la trascendencia, no se puede dar de manera espontánea, sino como un proceso de reflexión y pensamiento del sujeto, de experiencias con su entorno, su comunidad, la sociedad y la cultura.

De esta manera hay una relación de inmanencia y trascendencia. La inmanencia es lo que el sujeto pone interiormente para transformarlo para sí mismo, mientras que la trascendencia se refiere a la exteriorización del objeto después de haberlo objetivado (dotarlo de características y atributos mostrados por el objeto), lo universaliza con un sentido subjetivo, es decir alcanzar a referir a una cantidad de objetos que individualmente son diferentes, muestran distintas cualidades, pero que hay una relación general que le permite tener una referencia general, por ejemplo el árbol, un pino es un árbol, un manzano es un árbol, pero un pino no es un manzano. Es esa universalidad de la palabra árbol a lo que se refiere a objetos que tienen características comunes, pero que singular y específicamente son muy diferentes.

Cuando se ha realizado todo este proceso de conocimiento desde la conciencia, los hechos del mundo ya no son simples hechos que ocurren en la naturaleza. Toda esta reflexión del pensamiento a través de una observación propia del sujeto, sus percepciones y sus sentidos, según la fenomenología permitiría retener una representación y referirse de una manera u otra a los objetos cognoscibles, con un sentido de conocimiento y construir por consiguiente un fenómeno de la naturaleza con los cuales trasciende discursivamente su posibilidad de conocer los objetos del mundo (Husserl & Baró, 1982, pp. 84-87).

En esa medida el fenómeno es cambiante, por eso el fenómeno no es el hecho, el fenómeno no es el objeto, sino el hecho que pasa por la conciencia. Es entonces las vivencias intencionales la que da una ampliación del conocimiento del fenómeno a través de los actos de conocimiento.

### **2.1.3 Crítica a la Ciencia Positivista**

Es necesario mencionar que en la época de Husserl, la ciencia manejaba un fuerte paradigma positivista, donde el llamado método científico, era la manera por excelencia de llevar a cabo los estudios e investigaciones de orden teórico, para dar explicación a los fenómenos que se podían observar, se daba como objetivo el determinismo y la certidumbre, no cabía duda de una explicación siempre y cuando esta fuera empíricamente correcta en términos de sensaciones.

Como menciona Mora (1941) el positivismo “(...) estaba atenido a lo dado, especialmente a lo dado a los sentidos, que manifiestan una hostilidad hacia el idealismo; o que estiman que

deben tenerse en cuenta los métodos y resultados de las ciencias” (p.2854). Es por ello que la ciencia de la época estaba arraigada por la objetividad, sin prestar atención a los contextos que la comunidad científica tenía, sino buscando la verdad de las cosas, la realidad del mundo, y al ser una realidad, esta debía ser igual para todos, una realidad objetiva.

Por lo tanto la ciencia al regirse por axiomas, limita el conocimiento solo a la realidad empírica, a través de la experiencia directa como fuente de conocimiento, solo lo que los objetos muestran a las sensaciones es lo que el objeto es, sin preocuparse como esa sensación puede ser diferenciada y clasificada en cualidades del objeto dotadas por la conciencia, sino que es obvio que los objetos están en la realidad, que está ahí dado en el conocimiento.

Por ello la ciencia, en términos de la fenomenología, “se va a adueñando de lo que efectivamente existe y está dado (...) y solo hay que investigar con más detenimiento en lo que hace a su alcance y contenido, a sus elementos relaciones y leyes” (Husserl & Baró, 1982, pag 27). Para Husserl la ciencia está completamente segura de alcanzar certeramente su objeto, y no tiene motivo alguno para encontrar dificultades en la posibilidad de conocimiento, ni en el sentido de conocimiento del objeto. Como puede predecir efectos y fenómenos, entonces no hay necesidad de mirar esos procesos de cómo conoce el sujeto aquellos objetos del mundo, se centra solamente en los productos que resultan.

La experiencia directa es la evidencia de lo que está dado del objeto, es lo que se puede dar a los sentidos sin interpretaciones o modos de entenderlos, con el fin de encontrar una explicación con la que se pueda decir la verdad del objeto: cómo, porqué, para qué, de la que no se espera la menor duda.

Las diferentes explicaciones, genera que el conocimiento se jerarquice con relación a la validez de otros sujetos y nacen por lo tanto contradicciones sobre el conocimiento y “las contradicciones perturban el nexo de motivaciones que funda la experiencia: unos motivos empíricos entran en pugna con otros” (Husserl & Baró, 1982, p.26) y esto para la fenomenología es un problema en el sentido del conocimiento, pues el sentido es el finalidad que el sujeto le ha dado a los objetos constituidos como los conoce por su conciencia en su realidad.

Así, la fenomenología señala estas formas de razonar la realidad, ya que las leyes y las formas lógicas son propias de la especie humana, la existencia de los objetos desde la experiencia directa entra solamente en el intelecto humano, es decir, la referencia al objeto es producto de nuestras percepciones que dependen de las vivencias. “El conocimiento es, pues tan solo conocimiento humano, ligado a las formas intelectuales humanas, incapaz de alcanzar la naturaleza de las cosas mismas, de las cosas en sí” (Husserl & Baró, 1982, p. 30).

La ciencia quiere conocer las cosas en sí de la naturaleza, es decir una realidad tal y como está dada en los sentidos, con una orientación objetiva. El intelecto humano puede conocer los objetos respecto a su percepción y conocer el objeto tal y como es, sería tener tanta claridad de un objeto que a cada cuestión de éste tenga una respuesta inmediata. No se puede conocer la naturaleza en sí, sino como la puede conocer quien observa. La realidad no está afuera del sujeto, no es exterior, la realidad y la naturaleza son la misma forma, en relación a lo que el conocimiento humano pueda decir de eso.

Es importante decir que al igual que la trascendencia del conocimiento de la ciencia, se universaliza. Pero en el sentido de la ciencia se atraviesa lo inmanente del sujeto que está en posición de conocer, aunque para construir un conocimiento para la ciencia, se halla hecho todo un proceso de intención, a la ciencia no le interesa esas cuestiones, sino que tan viable es para describir los la naturaleza y universalizarlos, en otras palabras los productos.

En este sentido, la trascendencia que critica Husserl de la ciencia, es la objetividad que se maneja para conocer los objetos del mundo, la realidad de las cosas, es decir, conocer un objeto con ciertos sentidos, por lo tanto, es lógico pensar que todas las personas con estos sentidos puede conocerlo y si le hace falta uno es ilógico pensar que lo puede conocer.

## **2.2 Fenomenología en la Enseñanza**

La fenomenología permite reflexionar que los fenómenos físicos se pueden adecuar a las percepciones de los estudiantes, y que es cuestión de cualidades y referencias las que constituyen ese fenómeno en el pensamiento para conocer la naturaleza.

Así, mediante de la fenomenología de Husserl, se puede pensar en esta como un método de análisis para observar y resaltar al estudiante como un sujeto con intenciones, objetivos y una forma de ver el mundo; para reflexionar el proceso de conocimiento del estudiante desde las

experiencias como un aspecto importante para la enseñanza de la física, importante para el sentido de las teorías que se abordan. Como menciona Arcá, Guidoni, & Mazzoli (1990) un modelo teórico es muy útil pero sería necesario especificarlo demasiado para poderlo discutir más afondo; por lo que se perdería parte del sentido del conocimiento.

Como en la fenomenología no se juzga la verdad las cosas, los conocimientos del estudiante sobre el fenómeno del sonido no se juzgarían como correcto o incorrecto, sino pensar un modo en el cual se enfrente así mismo a la organización de sus propias experiencias, argumentaciones y retroalimentaciones con las cuales puede decir más características del sonido como un fenómeno.

Por lo tanto no se busca que conozcan el sonido tal y como es, en las referencias objetivas dadas por la teoría, en otras palabras conocer el sonido como un objeto que existe, pues como se explicó anteriormente este es el método de la ciencia positivista, sino que lo contemplen a través de las representaciones y descripciones que surgen de la observación e interacción del sujeto con las cosas, de la posibilidad de conocer el objeto, es decir, como éste se muestra ante la percepción para que esa representación no se quede solo en el salón como usualmente ocurre. Al respecto (Arcá, Guidoni, & Mazzoli, 1990) menciona que:

“Cualquier objeto, por consiguiente no lo percibimos como el objeto en sí, sino que lo vemos, lo oímos, lo tocamos; después de lo cual, entretejemos rápida e inconscientemente estos hilos, nacidos de las diversas sensaciones. En este sentido es cuando se logra organizar todo ello que se puede dar una estructura acompañada de significados” (p. 93)

Es en este sentido, organizar lo que los estudiantes saben en los procesos de enseñanza, mediante sus experiencias, como en la fenomenología de Husserl menciona con las vivencias intencionales, sería una manera en la cual las teorías de la ciencia tendrían más sentido.

Estas consideraciones son importantes porque de ahí derivara las actividades de aula que cuentan con una intensión enfocada a que el estudiante trascienda su representación sobre el fenómeno que observa, es decir, que pueda tener maneras coherentes para contemplar y hablar del sonido, desde un campo de experiencias propias del sujeto y ampliadas por las que se proponen, tanto para los estudiantes con sordera como para los estudiantes con audición, en

este sentido: “La ciencia no es lo que está allá afuera, en esa llamada “realidad”, sino en lo experimentado, comprendido y validado sistemáticamente por el sujeto individual y por el sujeto colectivo.” (Bolio, 2012, p. 23)

Esta perspectiva puede llamarse una perspectiva fenomenológica porque el investigador puede pensar y reflexionar una cantidad de características del aula de clases, de contexto y percepciones de los estudiantes con los cuales se puede asumir una forma diferente de enseñar los temas de física, en este caso el sonido, como un fenómeno que nace de las experiencias, de organizar ideas y experiencias que enriquecen el conocimiento del estudiante sobre la naturaleza con sus referencias, como menciona Bolio (2012) “el sentido y el significado del mundo y de su entorno es una formación subjetiva, en la que el mundo vale para quien lo experimenta y se interroga sobre cómo ha operado y aplicado la razón.” (p. 24)

### **2.2.1 La Representación del Estudiante**

En términos de la fenomenología de Husserl, el objeto no es parte de la vivencia del sujeto, - el objeto es el fenómeno y el sujeto los estudiantes-, sino la referencia traída de ello, así, tratar de generar vivencias en el aula sobre los términos teóricos de un fenómeno para que puedan asociar referencias que parten de las experiencias, organizadas de tal manera que empezaría a construir una representación de éste.

Pero cada persona tendrá una configuración de ideas sobre el fenómeno y como los estudiantes están en constante interacción unos con otros, estas configuraciones pueden converger en una representación colectiva, pero cada estudiante le dará un significado propio en el aula de clases.

Aplicado el sentido de conocer de Husserl, los estudiantes no conocerían si se toma en principio el rumbo de la vía teórica, ya que esta es una imagen dada del mundo, como una verdad de los hechos naturales ofrecidos por la ciencia, al cual si no le encuentran una relación con sus experiencias y un significado desde sus vivencias, no será relevante para retenerlo y visualizarlo en el mundo que ha construido para sí mismo, es decir, no lo usará como una forma de ver en su cotidianidad, fuera del aula de clases. En otras palabras la “utilidad” del

conocimiento científico no tendría un sentido ni una razón para ser reflexionado en la vida diaria si no se establece un vínculo directo con la experiencia.

Para mediar un vínculo entre experiencia y conocimiento científico se puede realizar mediante esta postura del conocimiento, ya que no se centra en el objeto de enseñanza sino en el sujeto que se le enseña. Pues, en la enseñanza tradicional de la física se suele dar preferencia a las teorías científicas para ser enseñadas en clase. Pero en la historia de la ciencia, se ha mostrado que las teorías se construyen desde una reflexión realizada por la observación de la naturaleza. Por ello, es preciso permitirle visualizar una imagen al estudiante sobre el sonido con unas experiencias en la clase, para que sean ellos mismos quienes puedan ir construyendo un modo de hablar de ello.

En consecuencia, la representación formada por el estudiante es muy importante en la medida que construye conocimiento para sí mismo, en otros términos, una intencionalidad a lo que conoce sobre su contexto, o en términos de la fenomenología conocer la esencia del objeto desde sus fines y para sus fines (Lamber, 2006); un conjunto de significados propios, producto de su interacción y reflexión con el mundo externo, con las personas y las cosas del contexto donde está inmerso.

De esta manera el sentido de las representaciones está asociada a las vivencias y reflexiones del estudiante, si se le da la representación que está dada en la teoría, el estudiante no contemplaría el fenómeno como propio, sino como conocimiento externo, sin intenciones de ese conocimiento, sin la intención de ver más allá de lo que ocurre con dicho fenómeno. Por ejemplo en las clases de física, siempre se dice que la onda existe y tiene una forma designada, pues la onda está dada tal y como es, pero el lenguaje y los términos no hacen parte de la representación del estudiante lo que dificultaría entender el fenómeno.

### **2.2.2 La Percepción y el Conocimiento**

La interacción del sujeto con el mundo externo comienza por la conexión entre el mundo y la conciencia (Bolio, 2012): el cuerpo y sus 5 sentidos. He ahí donde las maneras de conocer el sonido como fenómeno pueden ser varias: mediante la vista, el tacto, o simplemente el oído. De esta forma se puede tener una percepción de las cualidades del sonido a través de diferentes

niveles de sensibilidad del cuerpo, que pueden ser mostradas a los estudiantes y observadas por ellos.

Todos los estudiantes traen consigo una forma de ver el mundo que los ha formado, mediante la cual le dan un significado relevante a esto y no a lo otro. Según Husserl una interacción será perceptible cuando exista conciencia de ello, es decir, estén conscientes que algo está ahí y cuando suceda esto habrá una decisión de su nivel de importancia. Dado que hay estudiantes con niveles de percepción diferentes, las observaciones serán distintas y algunos primaran el oído, otros la vista o el tacto para encontrar cualidades.

De la fenomenología se puede pensar en una forma de mostrar otras maneras de percibir el sonido, no solo con el oído, sino con la vista y el tacto para que esté al alcance de toda la población que se encuentra en el aula inclusiva y que pueda construir una representación después de dotarlo de ciertas cualidades con un significado más propio desde sus experiencias, ya que esta es una característica en el aula que se busca resaltar.

Como más adelante se propondrá una serie de experiencias en el aula, con un experimento demostrativo, se hace necesario realizar una diferenciación entre experiencia y experimentación, ya que se podría pensar que en la experiencia los estudiantes interactúan con el experimento demostrativo y por lo tanto están experimentando, por ello se dejan en el Anexo 2.1 el cómo se entiende la experiencia y la experimentación, para dar lugar a las diferencias que hay una de otra.

### **2.2.3 La Experimentación y la Experiencia**

La experimentación y la experiencia están intrínsecamente relacionadas, pero siempre es necesario aclarar las diferencias que puede ser mencionada cuando se trata de resaltar y enfocar una de estas la enseñanza de la física en el aula.

Dado que la interacción está presente en la experimentación y en la experiencia, la principal diferencia está en la decisión de la interacción, pues la experimentación necesariamente tiene que haber alguna clase de interacción, alguna clase de intervención que permita ampliar el conocimiento. Mientras que en la experiencia del sujeto puede tomar la decisión de realizar una intervención o una interacción con los objetos y no necesariamente debe haber una intervención, simplemente bastaría con observar y recordar algo para decir que tuvo una

experiencia con algo y suceden cosas alrededor de lo que no surge de su propia voluntad (Larrosa, 2006).

Cuando hay una interacción tanto en la experimentación y la experiencia, se puede debelar la segunda diferencia, la cual está relacionada a la conciencia del sujeto por estar en la situación de interacción. En pocas palabras se refiere a la siguiente idea: para poder experimentar, es necesario tener una idea con la cual se pueda intervenir los objetos, todo un proceso mental y reflexivo para llevar a cabo la actividad experimental. Mientras que la experiencia no necesita de todo ese proceso intelectual, ya que puede resultar de una situación fortuita que no hace parte de la decisión del sujeto.

Puede haber una tercera diferencia relacionada a los objetos cuando hay una interacción. En la experimentación se puede decidir que objetos son necesarios, cuantos y cuando para llevarla a cabo, objetos que son más específicos. A diferencia de la experiencia, no se puede decidir como tal que objetos son lo que se pueden manipular, son los que se encuentran en el entorno, en la cotidianidad. En pocas palabras la experiencia se da mientras que la experimentación se planea.

Es por estas diferencias que los estudiantes no realizan una actividad experimental, ya que no han hecho todo un proceso reflexivo con relación al fenómeno del sonido, una cantidad de ideas para observar cuando el dispositivo funciona, ya que no traen una intención con la cual vayan preparados para hacerlo un experimento. Si se les da simplemente el dispositivo a los estudiantes, no sabrían que observar anticipadamente con relación al sonido y los materiales; para experimentar uno debe estar predispuesto a observar algo.

Por lo tanto, los estudiantes estarán en una situación de experiencia. Tendrán alguna interacción con objetos que estén ahí, en el salón, con objetos que están más al alcance para hacer posteriormente una experimentación, pero por el momento, la idea de la experiencia es hacer que surjan todas esas ideas que tienen con relación al sonido, guiar que observaciones se pueden hacer del dispositivo relacionadas a experiencias anteriores, para que posteriormente puedan estar predispuestos a observar algo, tener ideas para realizar una experimentación con un dispositivo al cual pueden llamar experimento.

En este caso los estudiantes no experimentan con el dispositivo, ya que no traen una intención con la cual vayan preparados para hacer de éste un experimento.

Por otro lado, dispositivo como experimento demostrativo, es llamado así porque lleva unas intenciones al aula, e intenta demostrar ciertas cosas, que sin la guía del investigador se queda como un aparato sin mucho sentido para los estudiantes respecto al fenómeno que se puede observar

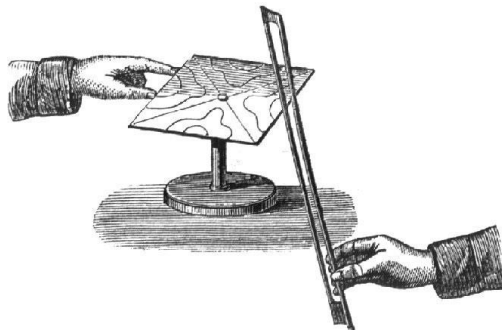
De esta manera, pensar en una fenomenología en el aula, en este caso inclusiva, permite reflexionar en que el problema de referenciar un objeto cognoscible, podría ser cuestión de perspectiva, desde las experiencias, percepciones y sentidos. Sin embargo, para pensar en el sonido para el aula inclusiva, se ha reflexionado y adecuado en cierto modo uno de los experimentos que propiciaron de la fenomenología del sonido una teoría de la música, desde la fenomenología de Husserl.

## Capítulo 3 El sonido y las figuras de Chladni. Un Efecto de las Vibraciones para la Enseñanza de la Física

En este capítulo se presentará la reflexión del experimento de las Figuras Sonoras de Chladni presentado en el contexto de la clase de física, en el aula inclusiva; pues debido al fenómeno que se puede observar en este experimento, los físicos del siglo XIX se interesaron por investigar en el campo de la acústica y así, constituir la teoría de la música (Anexo 3.1).

### 3.1 El Método de Arena de Chladni en la Enseñanza de la Física

Diferentes métodos experimentales se llevaron a cabo desde comienzos del siglo XIX que permitieron abrir las investigaciones alrededor de la construcción de la teoría de la acústica (Anexo 3.1 y Anexo 3.2). El experimento de las figuras sonoras de Chladni permitía observar figuras de arena que se forman en una placa de metal o vidrio, cuando se frotaba su borde con un arco de violín escuchando un sonido particular para cada patrón, los cuales Chladni relacionó como los tonos fundamentales o modos de vibrar del material con la escala armónica de la música. El patrón cada vez es más complejo a medida que el tono es más alto y los tonos cambian según la forma o el material de la placa.



**Figura 1:** Método de arena del siglo XIX<sup>1</sup>

El método de Chladni consistía en aquel tiempo, en depositar arena sobre la superficie de una placa sostenida por una base que atraviesa su centro como se muestra en la figura 1, frotando

---

<sup>1</sup> (4 de junio de 2016) Recuperado de: <http://bioresonandoybienestando.blogspot.com.co/2011/07/la-ciencia-del-sonido.html>

uno de los extremos con un arco de violín, esta fricción generaba una vibración en el material de tal forma que organizaba la arena en la superficie formando patrones muy específicos a ciertas tonalidades. Los patrones en la placa, se variaban de dos formas, la primera era variando la inclinación del arco de violín o su ubicación en puntos de los bordes y la segunda variando simplemente el lugar donde se agarraba con los dedos (índice y pulgar) el borde de la placa manteniendo el mismo punto donde se frotaba el arco de violín.

Se ha pensado en este experimento –con algunas modificaciones- porque se puede observar otro efecto de las vibraciones, no solamente el sonido, sino unos patrones que pueden caracterizar de otra forma el sonido, es decir que muestra dos efectos: el sonido y las figuras, o también el sonido como figuras, según sea la percepción.

Para este trabajo, la base que sujeta el centro de la placa estará sostenida por un bafle como la principal fuente que hará vibrar la superficie de la placa como se muestra en la figura 2, es decir, que no se usara un arco de violín. Se realiza esta modificación porque en primera medida no se cuenta con un arco de violín, además con este no se puede hacer vibrar con facilidad placas de diferentes materiales como cartón o madera para formar figuras o patrones en la superficie, por el contrario como un bafle puede reproducir cualquier sonido, puede hacer vibrar cualquier material de manera que se formen figuras sin mucha dificultad, la diferencia entre cada material es el valor de la frecuencia para lograrlo.



**Figura 2:** El modo en el cual, El bafle está sujetando con una base a la placa de acero, donde se observa el cable del bafle que está conectado a un amplificador. Para más detalles ver el (Anexo 3.3).

En este sentido, se puede variar el material, el área y la forma de la placa junto con la frecuencia para observar los diferentes patrones que se pueden formar. Para el propósito del

trabajo, no se cambiara el área, ni la forma, solamente el material y la frecuencia, ya que al realizar estas modificaciones, se puede observar cómo los patrones varían según los sonidos o las vibraciones en los materiales, y este es una de las consideraciones pensadas para el aula inclusiva.

De esta manera, se ha construido una tabla con el experimento modificado con la cual se puede apreciar como en cada material hay una serie de frecuencias con las cuales en la placa se forman figuras y patrones específicos (Anexo 3.4), de los que posteriormente se van a usar en el trabajo. Cabe aclarar que no se toman todas las frecuencias que se han encontrado para cada placa, ya que algunas varían en la potencia del amplificador que se usó para observarlas.

Frecuencias para cada material (Hz)			
Cartón	Madera	Aluminio	Acero
102	98	288	263
131	111	458	509
184	185	579	763
338	207	643	1102
	321	1032	1454
	580	1285	2157
	772	1619	2512
		2029	3039
		2420	3455
		3471	4149
		3718	4555
		4204	4995
		4516	5922

**Tabla 1:** Se pueden observar los valores de las frecuencias que se obtuvieron en una revisión minuciosa para cada figura formada en las placas, aquí la placa menos densa (madera) es la que menos figuras tiene y solamente con bajas frecuencias, mientras que en la más densa (acero) se encuentra a frecuencias mucho más altas. (Tabla elaborada por: fuente propia)

La anterior tabla permite tener consideraciones como que las figuras se vuelven más complejas cuando aumenta la frecuencia y en valores específicos, además muestra una relación intrínseca entre la forma de vibrar del material o como se denominaría musicalmente *el tono fundamental del material* y su sonido particular con una serie de patrones visuales en la superficie de la placa. Se puede mencionar también que, en los materiales más densos como el de acero con una densidad de  $7.8 \text{ g/cm}^3$  se observan patrones hasta los 4000 Hz, mientras que en una de madera que tiene una densidad de  $0.8 \text{ g/cm}^3$  simplemente hasta 700 Hz, esto podría deberse a la diferencia de densidades que tiene cada material, pues la propagación de la vibración sería amortiguada cuando la densidad tiende a disminuir, en otras palabras se podría decir que *la velocidad de la vibración es proporcional a la densidad del material*. Esto concuerda con que el sonido no se puede propagar por el vacío ya que no hay un medio por el cual pueda viajar, ya que si la densidad tiende a cero, su velocidad también tiende a cero.

Sería una manera de comprender la necesidad del sonido para viajar en un medio, pero no es solamente esto lo que se puede considerar con las modificaciones propuestas, pues al observar las distintas frecuencias que tiene cada material para formar figuras, son sus propiedades intrínsecas las que permiten organizar la arena en su superficie. De igual manera, se puede decir que hay una relación entre las figuras y los sonidos particulares que se escuchan de cada material, es decir, relacionar las diferentes figuras con el timbre de cada material de manera visual. Por ejemplo, la madera puede sonar en frecuencias de 50 Hz a 500 Hz, cuando es golpeado con un palo, mientras que si golpeamos la placa de acero con el mismo palo, sonara en frecuencias de 4000 Hz a 5000 Hz, ya que estas son las frecuencias donde forman con más facilidad las figuras.

### **3.1.1 Las Figuras de Chladni para el Aula Inclusiva**

Esta forma de ver el sonido como un efecto tanto visual como auditivo, es para apoyar los procesos académicos en el aula inclusiva con estudiantes sordos con el fenómeno que ellos pueden percibir, para generar ideas sobre los modos de vibrar de los materiales, como cada material forma figuras en una vibración específica, diferente una de otra que depende de sus características (densidad y área en su mayor generalidad) aproximar al estudiante sordo a la

idea del timbre<sup>2</sup> de los materiales, que todos vibran con mayor o menor facilidad y esta cualidad de las vibraciones se le puede asociar el término de timbre, un timbre visual.

Así, se piensa que en la enseñanza de la física comúnmente los estudiantes entienden las cualidades del sonido como efecto desde la audición, es decir, a lo que es posible captar desde el sentido del oído para poder distinguir un sonido de otro, sin prestar mucha atención a las variaciones vibratorias de los materiales como otro efecto que pueden ser captadas por el sentido del tacto o de la vista, pues no hay una necesidad fisiológica para realizar un proceso de percepción como éste.

De esta manera, se considera que es viable ampliar el campo de experiencias de los estudiantes sordos y estudiantes oyentes mediante actividades asociadas al sonido. Es posible que realizando las actividades basadas de esta forma se logre, primero que los estudiantes oyentes puedan encontrar mayor relevancia a los diferentes sonidos como una vibración de diferentes características de los materiales, y segundo para que los estudiantes sordos puedan organizar sus experiencias con el sonido desde las diferentes sensaciones vibratorias producidas por las características de los materiales. En general se posibilitaría ampliar las experiencias con el fin de lograr una convergencia fenomenológica en el aula inclusiva, es decir, que los estudiantes puedan referirse al fenómeno del sonido desde la percepción asociada a su propia experiencia.

Por esta razón, las actividades están pensadas para el aula inclusiva, entendiendo ésta como un escenario para la interconexión de saberes, experiencias y sensaciones de los estudiantes sordos y estudiantes oyentes, particularmente en el fenómeno del sonido, a partir de una percepción que pueda ser “compartida”. Para que el aula sea un ambiente que genere como su contexto lo indica, una educación inclusiva, para que no exista algún tipo de privilegio por las percepciones de la gente “común”, sino un aula donde se compartan experiencias y construyan quizá un fenómeno el cual pueda ser pensado desde el sentido del tacto para la población sorda

---

<sup>2</sup> Se piensa en el timbre, porque es de esa cualidad que surge la teoría de la música en la historia, de ahí se desprenden todas los conceptos que se conocen hoy en día para tener modos específicos de hablar del sonido y así adecuar esa construcción histórica al aula inclusiva, que el timbre sea el que desencadene la fenomenología del sonido como un proceso en la enseñanza de la física.

y desde el sentido del oído para la población oyente, pero con la relación del sonido que existe entre las dos poblaciones, es decir, mediante las vibraciones.

Desde una perspectiva Husserliana “Yo no puedo ponerme a vivir, a experimentar, a pensar, a valorar y actuar, dentro de ningún otro mundo que no tenga en mí y por mí mismo sentido y validez.” (Bolio, 2012, p. 24). Es una representación del sonido que no solamente parte de la reflexión sobre la observación de las figuras de Chladni, sino también es una construcción basada en las experiencias con otras personas que le rodean y le complementan.

De esta manera, al presentar las figuras de Chladni que muestra no solo sonidos como un efecto para la audición, sino también se presenta las figuras como un efecto para la vista, con diferentes referencias a la sensación de los sentidos, para que los estudiantes los perciban y relacionen las figuras con sonidos.

Los estudiantes oyentes tienen una representación perceptual sobre el sonido que es debido al oído, por lo tanto las personas sordas en el aula también pueden tener una representación perceptual sobre el sonido, no como el sonido desde la audición pero sí como vibraciones que pueden representar visualmente mediante formas y figuras.

Se piensa en estas consideraciones de la percepción, para intentar hacer del salón un lugar inclusivo para la enseñanza de la física y también por los tiempos para realizar las experiencias, ya que es un escenario de validación semestralizados por la noche se cuenta con un tiempo de 30 a 50 min por clase.

Precisamente, se quiere hacer **un primer acercamiento** mediante 2 experiencias que permita complementar la reflexión de la adecuación de fenómenos físicos para el aula inclusiva, la construcción fenomenológica, y la ampliación de experiencias en la enseñanza de la física, con el fin de lograr más adelante una planeación para el aula más detallada y mejor consolidada, que conlleve todo lo reflexionado hasta el momento y ampliada por las experiencias propuestas.

## Capítulo 4 Análisis y Resultados

Lo que se pretende con la implementación es reconocer como se expresan los estudiantes cuando observan; si puede ser una actividad interesante para los estudiantes; cuántas cosas son capaces de decir; si son capaces de compartir sus conocimientos con otros. La información recogida a partir de esta implementación es la que permitirá pensar en las recomendaciones para construir una estrategia que cumpla con la construcción de la fenomenología del sonido, especialmente sobre la cualidad de timbre presentada en este espacio de diversidad auditiva.

Como se ha venido señalando a lo largo de este escrito, el grupo de estudiantes pertenece al aula inclusiva con diversidad funcional auditiva, a ellos se les presenta el dispositivo de las figuras sonoras de Chladni, que cumple con el papel de experimento demostrativo desde el cual se observará características del sonido dirigidas a la cualidad del timbre, se llevan al aula una serie de situaciones que generan experiencias sobre el fenómeno a observar, para que los estudiantes puedan construir formas de expresarse en relación con el sonido desde las vibraciones, ya que la diversidad de la población ha tenido alguna experiencia con este, y pueden describir lo que ven y entienden, desde las experiencias y las vivencias intencionales como base, ya sea individual o colectivo.

Las experiencias que se proponen con este dispositivo de las figuras sonoras de Chladni son:

1. Se presenta a los estudiantes una placa que se pone a vibrar a cierta frecuencia de 288 Hz, esta experiencia tiene como objetivo hacer un reconocimiento de las ideas que los estudiantes tienen sobre el sonido y las vibraciones. Está pensada en dos situaciones, la primera: sin usar arena sobre la placa cuando vibra para sentir las vibraciones y la segunda: usando la arena sobre la placa que vibra para observar cómo se forman las figuras las figuras, sintiendo también las vibraciones.
2. Se varían las placas, que ahora son de diferentes materiales, mientras se observan los efectos en la placa para que los estudiantes piensen en las características que influyen en la formación de figuras.

Así pues, en este capítulo, se encuentra el modo en el cual fueron recogidos los datos o la información necesaria para recomendar cuáles son las consideraciones para construir una ruta de trabajo que posibilite mejores condiciones de aula, para abordar los fenómenos del sonido en el aula inclusiva con adultos. Así, se grabaron vídeos de las sesiones, los estudiantes realizaron escritos que también son utilizados para hacer explícitas las ideas que han comentado verbalmente en cada actividad. Con este material recolectado, se hace una reflexión de las formas de expresión, del interés frente a las actividades y las respuestas a las preguntas que se les hacían conforme se desarrollan la actividad.

De esta manera, se incluye la descripción de las experiencias de forma sistemática, entendiéndose la sistematización como un proceso en el cual se da a conocer de la manera más explícita posible lo ocurrido en las actividades, pero donde es necesario reflexionar y analizar las experiencias, éstas son características fundamentales de la sistematización como lo señala (Jara Holliday, s.f)

El análisis en conjunto de las experiencias está dividida en tres aspectos: las formas de expresión de los estudiantes sobre el fenómeno físico, la socialización, y por último, la motivación. Con estos aspectos se pretende saber cómo este tipo de experimentos puede influenciar en la enseñanza de la física: se desea saber las expresiones, términos y los aportes de los estudiantes en la descripción de fenómenos físicos; cómo puede potenciar la interacción colectiva entre estudiantes de una comunidad diversa; y saber cómo influye en las actitudes de los estudiantes.

#### **4.1 Descripción y análisis de las Experiencias**

##### **4.1.1 Descripción de la Experiencia 1: Un acercamiento a las cualidades de las vibraciones**

Se piensa que de los saberes del estudiante parte el sentido del conocimiento y que es importante este proceso de ampliar las experiencias para construir una fenomenología del sonido o de las vibraciones. Se pueden organizar toda una cantidad de ideas, experiencias, objetos intencionados en el pensamiento del estudiante para estimular la estructuración de un lenguaje de las características de las vibraciones, hacerlos pensar sobre lo que cotidianamente sentimos: sonidos en el caso del oyente y vibraciones en el caso de no oyente.

Con la siguiente experiencia propuesta, se quieren conocer cuáles son los saberes de los estudiantes sobre el efecto producido por la vibración de las placas, en otras palabras, conocer cuáles son los diferentes términos o enunciados que usan para describir lo que sucede en la placa.

#### **4.1.1.1 Situación 1**

Se propone la siguiente situación con el dispositivo de las figuras sonoras de Chladni:

En primera medida se pone a funcionar el dispositivo con una placa cuadrada de metal a una baja frecuencia (288 Hz) sin usar arena que forme la figura (a esta frecuencia forma una figura específica), y se les pide a los estudiantes que toquen suavemente toda la superficie de la placa de tal manera que puedan sentir para los estudiantes sordos solamente las vibraciones y para los estudiantes oyentes los sonidos con las vibraciones, pensando en sus percepciones y sentidos del cuerpo. Se les pregunta a los estudiantes ¿Qué pueden decir de las vibraciones en la placa?, en este instante se les pide que expresen lo que puedan describir con dibujos, gráficos o términos le sean más útiles. En términos de la fenomenología, comiencen a trascender el conocimiento que tienen de los objetos.

A continuación, se les pregunta ¿Qué se puede hacer para que las vibraciones varíen? Se les pide a los estudiantes pueden hacer uso de dibujos, gráficos o términos que hayan pensado para describir las vibraciones en la placa.

Las actividades se piensan en este orden porque la placa cuando no tienen arena y vibra a una frecuencia de 288 Hz, forma zonas de vibración con mayor intensidad y zonas de menor intensidad que forman la figura sonora de Chladni, y así, es más fácil percibir al tacto las diferentes zonas de vibración de la placa y con ello se espera que usen los diferentes términos para describirlo.

#### **4.1.1.2 Situación 2**

En esta situación, se quiere ampliar lo que los estudiantes alcanzaron a describir en la situación anterior, pero en este caso, sobre la placa se deposita la arena que forma las figuras de Chladni, así los estudiantes podrán asociar las figuras a una cantidad de vibraciones de la placa, es

decir, se busca estimular la necesidad de construir una referencia visual de la frecuencia con las figuras que se forman.

Para lograr esto, se plantea igualmente con el dispositivo de la siguiente manera:

La vibración de la placa continúa con una frecuencia de 288 Hz, y ahora se deposita una capa de arena en la superficie formando una figura. Cuando observen como se va formando la figura, se les pregunta ¿Creen que se pueden formar figuras con diferentes patrones? ¿Por qué sí, o por qué no? ¿Qué se tendría que cambiar para que se forme otra figura? ¿Qué harían para contar cuantas vibraciones hay en cualquier figura?, con esta pregunta, no hay la necesidad de encontrar el número preciso y exacto por parte de ellos, sino las ideas y el lenguaje con el que se expresan para responderla.

Se elige hacer la actividad con este tipo de preguntas, para reconocer que otra cantidad de términos son capaces de mencionar sobre los cambios que se le hacen a las vibraciones para obtener otra figura. Además para generar con la última pregunta una reflexión de las dificultades para encontrar la cantidad de vibraciones que se pueden sentir en la figura.

#### **4.1.1.3 Análisis de la experiencia 1**

Se les ha pedido a los estudiantes que toquen la superficie de la placa cuando está vibrando, con el fin que respondan la pregunta ¿qué pueden decir de las vibraciones?, y ¿qué se le puede variar a las vibraciones? y ¿qué piensan que se necesita variar para que cambie la figura?, lo cual hizo que los estudiantes interactuaran con la superficie de la placa, tocándola y observando lo que ocurría con las vibraciones.

Así, los estudiantes a medida que iban observando las figuras sonoras de Chladni en la superficie de la placa, usaban los términos *intensidad* y *volumen* de las vibraciones que están más relacionados con su lenguaje cotidiano y sus experiencias (las vibraciones de una moto encendida o del celular) para responder las preguntas (Anexo 4.1.1.1). Al observar e interactuar con la placa (anexo 4.3), mencionan que son éstas las principales características del movimiento de las vibraciones que actúan sobre la arena, para transmitirle un movimiento hasta ciertos puntos o al borde haciéndola caer.

Muchos estudiantes del aula, que presentan o no sordera, se refieren a las vibraciones como algo que se traslada, por ejemplo, “*las vibraciones recorren el cuerpo, viajan de las manos a los pies...*” (Anexo 4.1.1.1), así, se puede inferir que piensan que las vibraciones se trasladan, viajan de un punto a otro y que no son instantáneas. Mencionar esta característica de las vibraciones como un movimiento, es importante en la medida que contiene nociones desde las cuales ellos pueden pensar en representaciones gráficas, como la que usualmente se enseña de movimiento ondulatorio, pero en este caso desde las experiencias como fuente de conocimiento.

A medida que los estudiantes observan las figuras de Chladni y cómo cambian estas figuras según el sonido o la frecuencia de las vibraciones, los estudiantes que oyen, usan el término de *melodía* para referirse a la causa del cambio de la figura, con la frase como “*se cambió la melodía a una más alta*” (Anexo 4.1.1.1), que en las teorías de la física o de la música, recibe el nombre de tono o frecuencia con referencia a sonidos particulares o continuos, como los que se han usado, una sola frecuencia o un pitido constante. Se evidencia que los estudiantes oyentes alcanzan a relacionar las figuras que se pueden observar con los sonidos.

Por otra parte, los estudiantes sordos afirman que lo que se ha cambiado es el *volumen* o la *intensidad* (Anexo 4.1.1.1), asociándolo a la fuerza necesaria para que el movimiento de la arena sea más notable y forme las figuras. Se puede evidenciar una dificultad en los términos; a pesar que los estudiantes observen los mismos cambios al tocar la placa, son fenómenos distintos con cualidades referenciadas desde sus percepciones, desde el tacto y desde la audición.

Además, para responder la tercera pregunta la diversidad de estudiantes hacen una pequeña fuerza sobre la placa que atenúa intensidad de las vibraciones (anexo 4.3) y el volumen del sonido sufre un cambio significativo, así que ellos mencionan que el peso de la placa afectaría el volumen o la intensidad, señalan cualidades en relación con la vibración: volumen, frecuencia (oyentes), melodía (oyentes), material y peso.

Cuando el curso ha observado que cambia la figura conforme cambia el tono o sonido y la intensidad que se puede sentir, algunas de las ideas de los estudiantes oyentes sobre el fenómeno tiene unas particularidades y se pueden identificar en sus referencias y términos, ya que ellos determinan desde sus experiencias referencias como “*el volumen del sonido*” y “*la*

*intensidad de las vibraciones*” (Anexo 4.1.1.1). acompañado de otro término como *onda*, en otros momentos usan el término de intensidad haciendo referencia al tono que pueden oír, expresándolo con más naturalidad, sin otros términos que le acompañen. Ellos se refieren a dos cualidades de la vibración con un solo término. En los estudiantes que presentan sordera esto no sucede, ya que se identifica que para ellos es lo mismo *intensidad* y *volumen* como una cualidad de las vibraciones mencionando la intensidad o volumen de las vibraciones, se refieren a ellos desde la sensación *sui* es más duro o más suave.

Desde el punto de vista fenomenológico los estudiantes oyentes han referenciado la intensidad en aula y fuera del aula, es decir, que desde sus experiencias diarias la intensidad hace referencia al tono de un sonido, y desde los procesos académicos en el aula hace referencia a la amplitud del sonido en una vibración, porque así le han enseñado en los temas de movimiento ondulatorio. El problema es que hay un término que surge con el sentido que el estudiante le puede dar desde sus experiencias, sus vivencias, y otro que está dado en el aula de clase como una cualidad de un objeto real en el cual hay que creer porque hace parte de la teoría y los estudiantes no vinculan la intensidad del sonido, en la experiencia y en la teoría ondulatoria que se enseña en el aula como uno solo que describe el fenómeno del sonido.

En este sentido, demostraría por qué los estudiantes oyentes tienen ideas que están relacionadas con las vibraciones y el sonido, pero que no ligan las vibraciones con los sonidos directamente. Entendiendo el sonido como sensación desde la vida diaria, y el sonido con vibraciones en el aula de clase, separando un fenómeno en dos aspectos, de la experiencia y el académico.

Por este motivo, la enseñanza de la física debería pensar más en el estudiante quien es capaz de construir las referencias de los términos que se usan en las teorías desde sus percepciones, dejando de lado ese enfoque positivista de la enseñanza de la física, es decir, de “transmitirle” al estudiante los términos y referencias de la teoría, desligándola de las experiencias y saberes del estudiante.

Por el contrario, las personas sordas del aula piensan en términos de lo que pueden percibir, *intensidad* = fuerza o volumen y *mayor vibración*= frecuencia, esto puede deberse a que sus experiencias con las vibraciones está en términos de intensidad y que tan rápidas son al tacto, cuando va aumentando la frecuencia, ellos no sienten las molestias auditivas que van

produciendo, como lo mencionaría un oyente: *“el sonido es más intenso”* (Anexo 4.1.1.1). Para los estudiantes sordos el sonido es vibración, así que para ellos el fenómeno que se puede observar es solamente la cantidad de vibraciones en la placa, y que la intensidad con la que la pueden sentir.

Esta particularidad podría deberse a que los estudiantes sordos no le dan sentido al sonido como tema de clase, porque no hace parte de sus percepciones, por eso las referencias que en el aula se enseñan no entran en su consciencia como un modo de entender las vibraciones y solamente se quedan como las entienden desde sus experiencias.

La actividad también permitió que los estudiantes sordos pudieran expresarse al observar cómo variaban las figuras y cómo se sentían al tacto las diferentes zonas de vibración, uno de ellos, por ejemplo, compartió la siguiente imagen mental: *“donde se concentra la arena es un río, y donde no hay arena son montañas”* (Anexo 4.1.1.1)., esta imagen es interesante, porque en los lugares donde se concentra la arena casi no hay intensidad y donde no hay arena, la intensidad es mucho mayor, por lo tanto esta imagen se podría llevar a un concepto más elaborado como el de gradientes de intensidad.

Al finalizar la actividad, los estudiantes que oyen pensaron de alguna manera que sin la vibración no hay sonido *“Es un sonido lo que está transmitiendo ahí, es la vibración lo que hace que se mueva la placa”* (Anexo 4.1.1.1).

Cuando se le pidió a cada estudiante que escribiera en una hoja todo lo que había dicho y entendido, se recogieron más de 30 hojas de las cuales se eligieron las más expresivas (Anexo 4.1.2), se pudo identificar la dificultad para plasmar todas las ideas que habían mencionado verbalmente, el fenómeno de las figuras fue pensado en general como un efecto de las vibraciones. Algunos de los estudiantes piensan en la velocidad de las ondas, como algo que se puede variar con el aparato, pero es posible que no la relacionen con la propagación, sino más bien con la frecuencia de la vibración, *“hay más vibraciones donde no hay arena, todo lo hace según la velocidad que le ponga”*(Anexo 4.1.1.2). Está la idea explícita que la formación de las figuras depende de la frecuencia que se le ponga, *“Cambia la figura en la placa dependiendo de la frecuencia que da el sonido”* (Anexo 4.1.1.2), lo cual sugiere que hay algunos de los estudiantes sí distinguen entre intensidad y frecuencia, además de relacionar la figura con el sonido que le acompaña o el sonido de la figura.

Todas estas ideas resultan de la observación y de las experiencias que han tenido con las vibraciones, para entender y referenciar sus cualidades, así, los diferentes términos que usan para describir los fenómenos generalmente resultan de su vida diaria.

Sin embargo, dificultades para responder ¿cómo pueden contar las vibraciones?, se evidencian otras ideas que los estudiantes no mencionaron verbalmente, algunas ideas escritas de los estudiantes oyentes que están relacionadas con los conceptos de tiempo (periodo), longitud de onda, intensidad, frecuencia, pero son muy abstractas desde el punto de vista teórico (Anexo 4.1.2). Pero estas ideas para la enseñanza de la física pueden ser muy importantes, en la medida que pueden descubrir cantidades en el fenómeno, por qué sirven, o por qué no.

Por otro lado, los estudiantes sordos hacen dibujos de lo que pasa en la placa con sensaciones de la cotidianidad, intentan relacionar lo que observaron con algo en su vida que han visto, alguna experiencia parecida, dibujos de vibraciones de música, ruidos de carro, el celular cuando vibra (Anexo 4.4).

En general, los estudiantes del aula inclusiva tanto en la expresión verbal como en la expresión escrita, intentaron observar el fenómeno con experiencias que están relacionadas con las vibraciones y los sonidos, describiendo en mayor medida el fenómeno con las vibraciones, sus modos de hablar sobre un objeto están intrínsecamente relacionadas con sus percepciones.

#### **4.1.2 Descripción de la Experiencia 2: Las diferencias de la vibración en los materiales**

Para ampliar la primera experiencia se propone la siguiente situación, la cual está pensada para que los estudiantes reflexionen en conjunto, mediante los términos que se ha referido para describir las vibraciones, las características de los materiales que generan patrones en la superficie formando figuras con ciertas frecuencias. El objetivo de la experiencia es que al final puedan decir que hay características de los materiales, como el área, la masa, el volumen que influye en la formación de figuras en la superficie de la placa, a lo que se puede denominar como *timbre*, en este caso un término referenciado a las configuraciones que se observan según el material, como *timbre visual* de los materiales.

Se desea generar esta reflexión porque en la construcción de una fenomenología sobre sonido, hay que pensar en el sonido como objeto, pero no como un objeto que está ahí, sino como un

efecto de la vibración de los materiales y sus características, que pueden ser pensados y clasificados para ampliar las ideas sobre el sonido, sobre todo como efecto de las vibraciones.

Es por ello que se propone la siguiente situación:

Se pone a funcionar el dispositivo con la misma placa de la primera experiencia, sin arena en la superficie y se hace una demostración de los cambios en el número de vibraciones para ampliar la idea de la frecuencia con el sonido para los estudiantes oyentes y en los estudiantes sordos sobre las vibraciones, se les pregunta ¿qué es lo que se está variando? Cuando hayan respondido, se deja caer arena sobre la superficie de tal manera que no forme ninguna figura y se varia la frecuencia hasta que logre formar un patrón, al momento de visualizarlo, se les pregunta ¿En todos los materiales se forman figuras? ¿Por qué? Cuando respondan y dejando el mismo sonido, se cambia la placa de un material a otro (cartón, madera, aluminio, acero), observando lo que ocurre, luego se va variando la frecuencia hasta que forme una figura en cada placa. Cuando observen lo que ocurre en cada material, se les pregunta ¿Por qué se forman figuras a diferentes frecuencias en cada material?

Con el fin de generar una relación entre los materiales y el sonido, se realiza de esta forma porque cada placa forma figuras en distintas frecuencias, una más fácil que otras con relación a sus características como masa, volumen, densidad y área en este caso, además de las cualidades que puedan ser mencionadas por los estudiantes durante el desarrollo de la experiencia. Así, la observación de los cambios de la vibración en cada placa para formar una figura, permite tanto para los estudiantes oyentes como para los estudiantes con sordera, pensar en las características de las placas que generan tales efectos y diferencias.

#### **4.1.2.1 Análisis de la experiencia 2**

En esta experiencia, se varió el material de la placa que está vibrando, y se le pide a los estudiantes que toquen la superficie para que comparen y respondan las preguntas que se van realizando, pero que están alrededor de una pregunta que significó más para identificar las ideas de los estudiantes para la construcción de una fenomenología desde sus experiencias y modos de hablar, ¿Qué pueden decir de los materiales para que se formen las figuras? Porque para poder llegar a responder esa pregunta los estudiantes fueron mencionando cualidades que influían en la formación de las figuras durante el desarrollo de la clase.

Los estudiantes dirigieron sus observaciones a otros aspectos para encontrar un modo de explicar lo que ocurre en la placa, así, pensaron en el montaje trayendo otros conocimientos muy básicos sobre otros fenómenos, como eléctricos (voltaje) y magnéticos (la bobina), que hacen parte de ideas importantes para la enseñanza de la física, los cuales se pueden ampliar para que exista un mejor sentido de las teorías. En otras palabras, son observaciones subjetivas, son perspectivas diferentes que buscan una explicación, que son necesarias centrar en un aspecto colectivo para que ayude a la construcción de una fenomenología.

Al comienzo de la clase los estudiantes pensaban que las figuras se forman con mayor facilidad en materiales menos pesados y más flexibles; la experiencia les dice que es más fácil hacer mover algo blando, o hacer oscilar con mayor facilidad algo flexible, pero a través de la observación de lo que ocurría con las diferentes placas y balanceando con sus manos para comparar el peso de un material con otro para organizar sus ideas, podían empezar a decir qué cualidades son las que podrían ser las que afectan de una manera u otra la formación de las figuras. Estas son acciones que permiten la construcción de fenómenos desde la experiencia y la actividad del estudiante para hacer sus descripciones y explicaciones.

A medida que los estudiantes observaban cómo las vibraciones se sentían más o menos dependiendo del material de la placa que se hacía vibrar -comenzando por la de aluminio, luego la de madera, acero y finalizando con la de cartón- y cómo dependiendo del material se formaban figuras con más o menos dificultad, se iban construyendo una serie de ideas que relacionaban parte de sus experiencias con lo que estaban observando, por ejemplo de un estudiante sordo desde la visión y la sensación de la vibración: *“si se varia el volumen de la vibración, cambia la fuerza que tenga la placa, generando que salte la arena en la placa”* (Anexo 4.2.1)

Así, al observar cómo la placa de aluminio formaba una figura con cierta vibración más débil y un sonido más agudo, y la placa de madera una vibración más fuerte y un sonido más grave (las vibraciones para los estudiantes sordos, y las vibraciones con los sonidos para los estudiantes oyentes), quisieron comparar sus pesos, ya que las explicaciones de los estudiantes de este tipo de población inclusiva era: que la madera al ser más pesada que la de aluminio, necesitaba más fuerza para formar una figura. Esta respuesta está asociada con la experiencia

anterior, donde mencionaban que las figuras se formaban con más dificultad cuando había mayor peso.

Pero los estudiantes al saber que la figura no depende totalmente del peso, porque han observado que la placa de acero también formó una figura con un patrón diferente (menos complejo aprox. a 579 Hz) con la frecuencia de la placa de aluminio, comparan otra cualidad de los materiales, la cual es la rigidez, comparando la rigidez de la madera con la lámina de aluminio, es más rígida la placa de madera que la placa de aluminio, obteniendo una forma de explicarlo dirigido por la idea que los materiales más flexibles, forman figuras más fácil.

De la misma manera, la experiencia les dice que es más fácil hacer vibrar o mover hacia arriba y abajo un material más flexible y que por esto es más fácil que vibre la de aluminio que la de madera, tomando como ejemplo la placa de cartón y pensando que formaría figuras más fácil: “*como el cartón que es más flexible*” (Anexo 4.2.1). Así, los estudiantes al observar cuando se hace vibrar la placa de cartón en la misma frecuencia, no se observa una figura, y por el contrario necesita un sonido más grave o una vibración más fuerte para que se forme en su superficie y se sientan las vibraciones.

Este tipo de respuestas están asociadas con sus experiencias de la vida cotidiana y según las acciones que los estudiantes necesitaron realizar, podemos mencionar que solamente una experiencia no fue suficiente para encontrar las cualidades de los objetos que le permitiera encontrar una forma de describir el fenómeno que se observó, resaltando esto a través de la fenomenología: una única experiencia no es un conocimiento del cual podamos conocer un objeto, sino en la medida que hay una vivencia intencional con el objeto, se pueda organizar una serie de experiencias para que esas cualidades del objeto se vayan dando en el pensamiento.

De igual manera se puede decir, que ahora tienen algo más que decir del sonido o las vibraciones, fenomenológicamente hablando, han encontrado más cualidades mediante la observación y la comparación como vivencias intencionales, al interesarse por comprobar lo que ellos decían resultado de su observación: “*que los materiales más flexibles y menos pesados necesitaba más fuerza, menos vibraciones y un sonido más grave*” (Anexo 4.2.1), usaron como placa de plástico una carpeta de este material. (Anexo 4.5)

Los estudiantes del aula inclusiva ampliaron en su conocimiento las características de los materiales de las placas para poder observar una figura en la superficie y como las vibraciones se sienten al tacto dependiendo de esas características. Pero son los estudiantes oyentes quienes han hecho conciente hasta cierto punto, la relación intrínseca entre la vibración y los sonidos como parte de un fenómeno.

De esta manera la experiencia permitió que los estudiantes enfrentaran sus explicaciones, los estudiantes sordos y estudiantes oyentes empezaron a señalar más características sobre los materiales que permitían hacer diferentes figuras, y ahora piensan en sus diferentes cualidades para la vibración: peso, masa, densidad. Así propusieron enunciados como los siguientes:

- *La madera al ser menos densa o menos pesada, que la de aluminio, la velocidad de las vibraciones es más lenta, relacionando además las figuras con el sonido.*
- *La cantidad de vibraciones está relacionada con el sonido cuando cambia, si son más rápidas son agudas, si son más lentas graves.*
- *Tener en cuenta la textura, el diseño y los materiales de los diferentes objetos, dependiendo del volumen que le den a la superficie va a dar una figura.*

Por otra parte cuando se les ha pedido que escriban en hojas todo lo que han dicho y las conclusiones que han llegado a partir de la observación, se recogieron 13 hojas, donde los estudiantes con sordera y con audición hacen referencia a los patrones de la superficie de la placa como vibraciones según características del material, podría decirse que llegaron a referenciar parte del **tímbre visual**.

En el escrito ocurre algo parecido de la primera experiencia, mencionan cosas diferentes que no aportaron de manera verbal; hay ideas de las figuras como un efecto de las ondas, es interesante que use el término de efecto, porque es válido decir que las figuras son un efecto de las vibraciones, así como el sonido son efecto de las vibraciones. Los estudiantes con sordera en este caso no dibujaron, pero hacen una descripción de la facilidad o dificultad de los materiales para formar figuras, relacionando términos de intensidad, volumen y peso.

También está la idea de la densidad como una de las cualidades de los materiales para formar una figura según una frecuencia. Se mencionan ideas que son parte en el proceso de la

construcción de fenomenología del sonido, relacionada a la vibración de los materiales y sus cualidades.

En general, desde el punto de vista de la fenomenología los estudiantes usan sus experiencias como un factor importante para entender los fenómenos y poder describirlos en la medida que lo perciben, organizando sus ideas a través de las vivencias intencionales para construir una explicación o una forma de hablar de lo que han observado.

#### **4.2 Aspecto de descripción de fenómenos**

En el desarrollo de las actividades, al dirigir las experiencias de un modo en el cual, los estudiantes no se sintieran tan presionados por responder correctamente permitió que la mayoría de estudiantes participaran con más naturalidad, es decir que en su lenguaje los términos estaban expresados con más sentido desde su cotidianidad, ya que el modo de dirigir la actividad estaba enfocado a lo que saben los estudiantes, cómo se expresan, y por lo tanto se hace importante el estudiante en el aula y no solamente las teorías de la física, describir correctamente un fenómeno, sino cómo pueden describir un fenómeno.

Así, los modos de expresarse de los estudiantes para describir los fenómenos están intrínsecamente relacionados con sus percepciones, en sus modos de organizar la información del mundo sensible. En el caso de los estudiantes sordos se expresan desde de lo que pueden ver y sentir al tacto, y sus términos en las vibraciones como se ha mencionado son volumen e intensidad como una cualidad de las vibraciones; ellos hacían más referencia “verbal” que escrita, ya que en la hoja escribieron palabras organizadas de tal manera que daba una idea, pero no eran frases coherentes sintácticamente, es decir que su comunicación está en una sucesión de referencias que logran organizar mentalmente, pero que no pueden hacerlo de forma escrita, ya que su lenguaje es interpretativo.

Por otro lado en el caso de los estudiantes que pueden oír, para expresar sus ideas también usan señas mientras mencionan los términos para describir el fenómeno, así se pudo identificar que se expresan con intensidad para volumen (alzando la mano suavemente) y para frecuencia (dirigiendo la mano suavemente al oído), refiriéndose al sonido y a las vibraciones, con

términos como melodía, intensidad y volumen, pues la melodía como cualidad del sonido existe como una referencia desde la percepción auditiva.

Se identifica que en el proceso de una fenomenología del sonido para el aula inclusiva se pueden mencionar las siguientes explicaciones:

- Para los estudiantes con audición, las figuras cambian con respecto a la melodía, y cambia según el material porque sus propiedades son distintas, peso y masa en mayor generalidad.
- Para los estudiantes sordos, las figuras cambian con respecto a las vibraciones, y asimismo que los estudiantes con audición, cambia según el material porque sus propiedades son distintas, peso y masa en mayor generalidad.

Otro aspecto a mencionar es que las referencias que tenían los estudiantes a las cualidades del sonido o de las vibraciones son distintas que las que hay en la teoría, es decir, que los términos acaban siendo lo que ellos entienden, el sonido lo cualifican en términos de volumen, intensidad y melodía. Los estudiantes sordos hacían referencias al movimiento vibratorio, entendiendo los sonidos como vibraciones.

Los términos que se usan en la teoría, aun si se les menciona y se les explica a los estudiantes, por ejemplo tono, hay una dificultad para que los hagan parte de sus explicaciones y puede que sea porque están poco relacionados con sus experiencias, y le dan poco sentido para describir un fenómeno, a diferencia de intensidad y volumen, ya que los estudiantes hacen un vínculo directo con sus experiencias que han tenido con el sonido o las vibraciones para describir los fenómenos.

Así, se hace necesario explicitar los términos de las teorías científicas, en un modo en el cual sean ellos quienes descubran que referencia puede tener, por ejemplo, una clase donde este enfocada a preguntarles ¿cuál es la diferencia entre timbre y tono?, con el fin de hacer que piensen en las referencias adecuadas a los diferentes términos que hay, para describir fenómenos desde sus percepciones, algo muy parecido a como lo ha hecho la ciencia a través de la historia.

### 4.3 Aspecto de Socialización

En el aula inclusiva con los estudiantes sordos, entendida como un escenario donde los estudiantes comparten sus experiencias y saberes, en relaciones sociales, se pudo evidenciar que en cada una de las actividades que se realizaron, la diversidad de estudiantes, participaron con algún aporte relacionado al fenómeno. Se piensa que los estudiantes se sintieron menos cohibidos para opinar, hablar o comentar sobre lo que creían del fenómeno, tal vez puede deberse a que las respuestas que daban, no estaban ligadas a lo correcto o lo falso, a lo que está bien o está mal, ya que se pensó que cualquier aporte que pudieran dar sobre el fenómeno es importante.

Los estudiantes a medida que se desarrollaban las actividades, se demuestra un respeto en las opiniones de los otros, no hay una discriminación por las ideas que puedan surgir cuando observan el fenómeno, es decir que hay un respeto por las percepciones del otro, las relaciones entre la diversidad de la población es una de las características sociales que permite un buen ambiente educativo en el aula. Esta característica es una de las fortalezas que tiene el aula inclusiva de la jornada nocturna del Colegio Manuela Beltrán.

Asimismo, las experiencias permiten identificar, que a pesar de las diferencias de edades que hay en el aula inclusiva, que en este caso fue de aproximadamente entre 17 a 50 años, los aportes y las observaciones sobre el fenómeno, son en general en todas las edades, no se nota una tendencia de participación de estudiantes mayores o estudiantes jóvenes, así que son homogéneas las ideas con las que se estructuran las cualidades de las placas para describir el fenómeno.

La relación entre el profesor en formación y el estudiante fue importante en el sentido que la interacción permite desarrollar con mejores actitudes de los estudiantes las observaciones del fenómeno, por ejemplo, el interés en corroborar las hipótesis que se han estructurado en la clase con una carpeta de plástico, o apoyarse en las ideas del otro compañero, como ocurrió en la experiencia 1, un estudiante oyente mencionando: “*como dijo Jorge (estudiante sordo), es la intensidad la que varía en las vibraciones*” y son estas interacciones las que permiten un ambiente más fructífero en el aula de clase.

Así, las experiencias con el experimento demostrativo de las figuras sonoras de Chladni, al ser un dispositivo cuyo fenómeno se puede observar desde la vista, el tacto y la audición, los estudiantes compartieron sus ideas, interactuaron entre ellos para complementar sus ideas de las figuras en los diferentes materiales, por ejemplo, para pensar en el peso de las placas como una cualidad que afectaba la formación de figuras, tanto los estudiantes sordos como los estudiantes oyentes compartían las placas para compararlas y llegar a mencionar que las figuras se forman en los materiales dependiendo de la masa, el peso, la densidad, el diseño, la intensidad, el número de vibraciones o si es blando necesita menor frecuencia y mayor fuerza (Anexo 4.5).

Todas estas ideas surgen de la comunicación entre el profesor y los estudiantes, y sobre todo entre estudiantes sordos y estudiantes oyentes, quienes mediante sus ideas, experiencias y percepciones son quienes observan el fenómeno de uno u otro modo para poder decir cosas de éste, que al ser compartidas hace caer en cuenta a los demás y pensar en ello con otras miradas y observar más cualidades. Pero siempre es importante poder tener la capacidad de comunicación con los estudiantes sordos, ya que siempre opinan y comentan algo, que se pasa por alto si no se encuentra la persona encargada de interpretar lo que expresan y aportan.

#### **4.4 Aspecto Motivacional**

Respecto al aspecto motivacional<sup>3</sup>, se pretendía reconocer cuales fueron los logros de los estudiantes frente a las experiencias realizadas en el aula, es decir sus intereses o acciones frente a la exploración de un fenómeno, y que alcances se pueden identificar con el uso del experimento demostrativo de las figuras sonoras de Chladni para hacer de la enseñanza del sonido para el aula inclusiva un lugar de descubrimiento y articulación de las experiencias.

En las experiencias, los estudiantes se ubicaron alrededor del experimento mientras se les hacía las preguntas sobre el fenómeno, en la medida de lo posible los estudiantes estaban dispuestos a observar, responder las preguntas e interactuar con el dispositivo.

---

<sup>3</sup> Entendiéndose motivación<sup>3</sup> como sugiere (Abrahams, 2008) a la decisión del estudiante a que realice por decisión propia acciones en el aula para aprender. Se considera solamente en este sentido, ya que no se cuenta con un seguimiento con el cual pueda saberse si lo motivó a realizar acciones fuera del aula y solo se tiene en cuenta las acciones en el aula.

De esta manera las experiencias permitieron evidenciar que se generaron motivaciones en los estudiantes por explicar y encontrar argumentos para describir el fenómeno, para realizar observaciones del fenómeno de las figuras que se formaban en la placa, ya que decidieron comparar las placas con el fin de explicar lo que ocurría con las figuras, en cierto modo les pareció interesante el fenómeno, ya que a través del semestre siempre habían tenido que copiar lo que el profesor dicta o escribe en el tablero y ésta fue una actividad diferente para ellos, donde tuvieron la oportunidad de opinar, pensar, y escribir en términos de lo que eran capaces de explicitar.

Por otro lado, los estudiantes se sentían más interesados en la medida que interactuaban o estaban más cerca del fenómeno que se podía observar, ya que la dinámica de las experiencias fueron mejor aprovechadas por quienes estaban al frente y quienes podían observar con mayor claridad. Asimismo cuando podían manipular, o tocar el montaje del experimento, tenían más ideas con las cuales describían el fenómeno.

En este sentido, la construcción de conocimiento en el aula, está ligada a la interacción que hay entre el profesor y el estudiante. La dinámica con la que se efectúa las clases depende de la actitud del profesor ante los saberes del estudiante, ya que en las experiencias, se daba énfasis en los conocimientos de los estudiantes, dándoles la debida importancia a lo que podían mencionar y algunos quienes por cuestiones de logística, no les podía prestar atención, simplemente oían.

## Conclusiones

Respecto a la necesidad de encontrar una manera, en la enseñanza de la física, por medio del cual el sonido pueda ser abordado en el aula inclusiva con población sorda, donde los estudiantes puedan ser los protagonistas con sus propias explicaciones, argumentos, ideas que con la guía del profesor sea un ambiente fructífero para darle sentido a las teorías de la ciencia, se puede decir que la fenomenología en el aula es una perspectiva valiosa para la enseñanza de la física, pues se centra en el modo que el estudiante mediante sus percepciones puede construir conocimiento en el aula y que las Figuras Sonoras de Chladni son una buena forma en la cual se puede enseñar el sonido a través de experiencias que permitan identificar los saberes del estudiante.

Así, es necesario conocer cuáles son los términos y las referencias que los estudiantes tienen de su vida cotidiana para describir los fenómenos e ir abarcando desde los conocimientos más comunes que hacen parte de sus experiencias a conocimientos más teóricos, con el fin de darle sentido a los lenguajes de la teoría científica sobre un fenómeno en particular, ya que esto posibilita que se alcanzara a llegar a la referencia del timbre visual, por lo tanto es posible la construcción de una fenomenología en el aula inclusiva desde las experiencias y modos de hablar de los estudiantes.

Respecto a las experiencias y las percepciones de los estudiantes como factores importantes en la enseñanza de la física y en este caso sobre el sonido, para pensar en una construcción de este fenómeno en el aula inclusiva con estudiantes sordos y pensar además que los fenómenos son modos en los cuales los estudiantes pueden hacer conscientes un conjunto de hechos con cualidades que le permiten describirlo y verlo en su realidad, se podrían mejorar las condiciones en el aula inclusiva teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

Acerca del aspecto de la descripción de fenómenos:

- Es necesario ampliar las experiencias de los estudiantes de este tipo de población en el aula para que puedan organizar sus ideas para construir explicaciones y descripciones de los fenómenos, ya que sus experiencias están desligadas de las teorías científicas como un modo de entender el mundo.
- Los estudiantes son capaces de construir referencias mediante la observación y su percepción de las cosas apoyadas de la interacción entre ellos.

- Los estudiante con sordera determinan los sonidos como vibraciones, en cualidades como volumen o intensidad y mayor o menor vibración, quienes no tienen problemas para distinguir en estas referencias del movimiento vibratorio, ya que sus referencias y términos están dados desde la experiencia visual y táctil, al contrario de los estudiantes oyentes quienes tienen referencias desde sus experiencias diarias y su proceso académico.
- Lo estudiantes sordos no le dan sentido a los términos relacionados con el sonido que se enseñan en el aula, como timbre, ya que no hace parte de sus percepciones, porque el timbre es la referencia de los modos de vibrar de los materiales desde la audición, así que se recomienda usar las figuras de Chladni como experimento demostrativo para el estudiantado del aula inclusiva, como un elemento de enseñanza de la física para cualificar las vibraciones en los materiales con referencias visuales y asociarlos como sonidos particulares.

Éste, es suficientemente útil para que los estudiantes sordos puedan tener una representación visual de las diferentes vibraciones en los materiales, a medida que las figuras se vuelven más complejas cuando la frecuencia es más alta, y asimismo los estudiantes oyentes puedan ampliar sus representaciones del sonido desde la percepción visual y no solamente desde la parte auditiva, pues las representaciones de ellos son en mayor medida visuales.

- En las experiencias se identificó la dificultad de los estudiantes en pensar algún método para contar las vibraciones, esto permite decir que es necesario que los estudiantes vayan conociendo el fenómeno cualitativamente -como en la historia de las ciencias se ha mostrado-, para llevar a la necesidad de cuantificar las cualidades, luego de un proceso de observación y construcción de conocimiento.

Acerca del aspecto de Socialización:

- En el aula inclusiva hay un respeto mutuo entre estudiantes y entre el profesor-estudiante, generando que los estudiantes del aula inclusiva sean capaces de interactuar entre ellos para comunicar sus observaciones de un fenómeno.
- Las edades no son un factor que influya en el desarrollo y construcción de una fenomenología del sonido en el aula inclusiva con adultos, ya que los estudiantes se

relacionan entre ellos con respeto, en este sentido la madurez social que se encuentra en el aula es una fortaleza de este lugar de inclusión.

Acerca del aspecto de motivación:

- Dirigir las actividades desde lo que los estudiantes sean capaces de decir y mencionar sobre lo que observan, permite que ellos puedan expresarse con mayor naturalidad, expresando la curiosidad que distingue al ser humano de conocer las cosas.
- Los fenómenos extraños, como las figuras sonoras de Chladni, permite captar la atención de la mayoría de los estudiantes, buscando en este caso la forma de explicar por qué ocurre ese efecto sobre la placa, o por qué en cada material es diferente, motivando al estudiante construir ideas y argumentos.
- La dinámica en el desarrollo de las actividades en el aula de clase son más productivas para los estudiantes si se les permite interactuar de algún modo con el experimento demostrativo, que sean ellos mismos quienes se den cuenta de los cambios que hacen y hacerlos pensar en ello (por qué, cómo).

## Bibliografía

- Abrahams, I. (2008). Does Practical Work Really Motivate? A study of the affective value of practical work in secondary school science. *International Journal of Science Education*, 1-19.
- Arango, J., Escobar, L., & Reyes, C. (2012). Figuras de Chladni en tambores. *Lecturas Matemáticas*, 5-18.
- Arcá, M., Guidoni, P., & Mazzoli, P. (1990). *Enseñar Ciencias*. Barcelona: Ediciones Paidós Ibérica, S.A.
- Asenjo, O. R. (1990). Sobre la Enseñanza de La Física. *Aula Abierta*, 37-43.
- Bolio, A. P. (2012). Husserl y la fenomenología trascendental: Perspectivas del sujeto en las ciencias del siglo XX. *Reencuentro*, núm. 65, 20-29.
- Callejas, R. E. (2008). *Desarrollo de habilidades de pensamiento científico en estudiantes sordos de grado séptimo de aula integrada*. Bogotá D.C: Universidad Pedagógica Nacional.
- Ferreirós, J., & Ordoñez, J. (2002). HACIA UNA FILOSOFÍA DE LA EXPERIMENTACIÓN. *Revista Hispanoamericana de Filosofía*. Vol. 34, 47-86.
- Fraassen, B. C. (1997). *La imagen Científica*. Barcelona: Paidós Ibérica.
- Fundación Universitaria Luis Amigó. (2006). *Pedagogía de la Educación Tradicional*. Medellín: Facultad de Educación.
- García-Carmona, A. (2009). Investigación en didáctica de la Física: tendencias. *Lat. Am. J. Phys. Educ.* Vol. 3,, 369-375.
- Gómez, G. R., Flores, J. G., & Jiménez, E. G. (1996). METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN CUALITATIVA. *Ediciones Aljibe*, 35.
- Hurtado, H. P. (2008). *Física al alcance de los sordos*. Bogotá D.C: Universidad Pedagógica Nacional.
- Husserl, E., & Baró, M. G. (1982). *La idea de Fenomenología; traducido al español de Die Idee der Phänomenologie. Fünf Vorlesungen*. México: Ediciones F.C.E España S.A.

- Jara Holliday, O. (2011). *Orientaciones teórico-prácticas para la sistematización de experiencias*. San José, Costa Rica: Publicaciones Alforja.
- Lamber, C. (2006). Edmund Husserl: la idea de la fenomenología . *Teología y Vida*, Vol. XLVII , 517-529.
- Larrosa, J. (2004). Algunas notas sobre la experiencia y sus lenguajes. *La experiencia y sus lenguajes* (p. 11). Barcelona: Serie «Encuentros y Seminarios».
- Larrosa, J. (2006). Sobre la Experiencia. *Revista Educación y Pedagogía*, 43-51.
- Loudon, J. (1901). A Century of Progress in Acustics. *Science*, 987-995.
- Mach, E. (1948). *Conocimiento y error*. Buenos Aires: Espasa- Calpe, S.A.
- MEN. (1998). *Lineamientos Curriculares*.
- Mora, J. F. (1941). *Diccionario de Filosofía*. Buenos Aires: EDITORIAL SUDAMERICANA.
- Palacios, M. I., & Rodriguez, R. E. (2002). *Una propuesta didáctica de trabajo con adultos en el estudio de la física*. Bogotá D.C: Universidad Pedagógica Nacional.
- Pozo, J. I., & Monereo, C. (2001). El aprendizaje estratégico. *Docencia Universitaria*, Vol II, 6.
- Quintana, A. (2006). Metodología de Investigación. *Psicología: Tópicos de actualidad.*, 47-84.
- Reyes Numpaque, J. L. (2011). *Estrategia didáctica para el aprendizaje de la óptica geométrica : estudiantes sordos y oyentes del aula inclusiva*. Bogotá D.C: Universidad Pedagógica Nacional.
- Riveros, E., & Eraso, M. (2014). *Análisis Modal en Tapas de Guitarra según su Diseño de Varillaje*. Bogota D.C: Universidad de San Buenaventura sede Bogotá.
- Torres Salas, M. I. (2010). La enseñanza tradicional de las ciencias versus las nuevas tendencias educativas. *Revista Electrónica Educare* , 131-142.

## ANEXOS

### Anexo 2.1

#### Sobre la Experiencia

“Observando los cambios que sobrevienen a su alrededor, el hombre acumula las experiencias” (Mach, 1948, p. 59). En este sentido son los seres humanos quienes se piensan todos los cambios que observa para actuar de una forma u otra. La cantidad de información que puede recibir en un momento dado son las que el hombre puede mirar, sentir, escuchar, etc., son todas las sensaciones involucradas las que nos permiten tener un acercamiento con los objetos que se encuentran a nuestro alrededor.

Sin embargo, no se puede garantizar que un sujeto sea capaz de percibir todas las sensaciones que resultan de su alrededor para hacer una organización mental y tener conciencia de ello, aunque estén presentes en todo momento. Solo una cantidad sustancial de toda las sensaciones son puestas ante la conciencia, y esa elección es parte de la percepción del mundo, con la particularidad que transforma esas situaciones en experiencias.

Transformar situaciones en experiencias depende del contexto social, cultural y ambiental, pues influyen la manera en la cual nos formamos como personas, teniendo como resultado una forma de ver el mundo, para asociar el contexto a la percepción, que nos invita a privilegiar ciertas sensaciones con el fin de organizarlas para determinar socialmente las cosas importantes del entorno para la cultura.

Las experiencias entonces podrían ser una forma de relacionar las situaciones que han pasado con la conciencia del sujeto. De esta manera las experiencias surgen de las situaciones que le han ocurrido al sujeto en diferentes momentos al privilegiar ciertas sensaciones; recordando los aspectos más significativos. Por ello cada experiencia es única y propia del sujeto, pues dos personas pueden haber estado en la misma situación pero cada uno lo puede contar y transmitir a los demás de maneras distintas, en palabras de Mach (1948), “las experiencias son conservadas por el recuerdo y sobre todo por el lenguaje” (p.160), es decir, tales y como los recuerda, con algún sentido, alguna importancia, como los datos más relevantes para ser experiencias.

## Sobre la Experimentación

El proceso de experimentación puede ser considerada como innata, se puede mirar a los niños con formas rudimentarias de mirar cosas, es el intelecto el que se interesa en distintos grados para experimentar (Mach, 1948). La experimentación nace de un interés particular por conocer más sobre lo que se observa, mediante una intervención, por lo tanto, siempre habrá una predisposición para buscar, observar algo que le interese al sujeto o a los sujetos, siempre será necesaria una disposición intelectual para ampliar el conocimiento.

El papel del experimento va más allá simplemente del hecho de estos mencionados, pues las practicas experimentales están permeadas por los factores sociales y culturales (Fraassen, 1997) que produce en uno o varios sujetos, la necesidad de organizar una cantidad de experiencias con ciertos eventos de la naturaleza donde están inmersos, estructurando ideas del mundo, con las cuales son capaces de **intervenir** el entorno, de intervenir con los objetos que han identificado con la experiencia, como necesarios para llevar a cabo una ampliación de su conocimiento, con una intención cultural.

De esta manera, se entiende la experimentación como el momento en el cual uno o varios sujetos tienen la oportunidad de complementar una idea surgida de la organización de experiencias, de tal manera que les permita decir más cosas de un objeto con el cual se está experimentando, mediante la interacción y la manipulación para ampliar lo que se conoce de este. Con estas acciones se empieza a construir una representación más sólida del fenómeno, se puede hacer relaciones formales, sin embargo, la formalización, no es solo ecuaciones y relaciones matemáticas, sino formalización se refiere a lo que el sujeto pueda decir del fenómeno, en símbolos, signos, palabras (Larrosa, 2004)

### 3.1 El Sonido un Fenómeno de la Música

Como se ha mencionado previamente, según la fenomenología de Husserl se puede decir que los seres humanos son capaces de referenciar cualquier objeto desde los sentidos, siempre y cuando haya una organización mental. El sonido es una de esas percepciones que tenemos para referirnos a hechos de la naturaleza que sentimos por medio del oído, que nos permite tener la capacidad de conectarnos con lo que ocurre a nuestro alrededor aún cuando estamos dormidos.

El sonido prácticamente está presente en todo momento y alcanzamos a diferenciar ciertos sonidos que las experiencias nos permiten ordenar, así es posible reconocer el sonido de diferentes instrumentos o simplemente la voz de nuestros parientes. Reconocemos si suena **duro** o **alto** si suena **suave** o **bajo**, a esta cualidad le asignamos el término de *intensidad*, y si los sonidos son agudos o graves, le asignamos el término *tono*.

Estos términos surgen de la música, ya que son los músicos quienes tienen la necesidad de tenerlos presentes mentalmente para poder diferenciar con más claridad los instrumentos musicales. Pitágoras fue el primero en formalizar una regularidad del sonido, al dejar tensionadas diferentes partes de una monocuerda (un hilo tensado en una base de madera) con un puente entre la cuerda y la base de madera. Sabiendo que las cuerdas cuando son puestas a vibrar desde cierto punto de la longitud, estas generan un sonido con un tono diferente. La cuerda más larga producía el tono más grave, mientras que la cuerda más corta producía el tono más agudo. Y de esta manera es como a través de la historia se ha nombrado a cada una de las partes con las notas musicales que conocemos comúnmente (do, re, mi, fa, sol, la y si).

El estudio del sonido, se constituyó en principalmente con el interés de ampliar el conocimiento sobre la música. Con este fin, desde el siglo XVIII se realizaron varios experimentos para poder dar respuesta a cuestiones del sonido o especialmente de la música que por el momento no se conocían, por ejemplo, para responder que hace diferente el sonido de un violín del sonido de un violonchelo. De esta manera se comenzó a trabajar en las diferencias de los instrumentos musicales, como una cuestión que desencadenaría toda una serie de investigaciones.

Para lograr objetivos como éste, la experimentación fue un aspecto muy importante para construir conocimiento, que fundamento elementos teóricos de la acústica. Diversos métodos experimentales permitieron estructurar relaciones lógicas sobre las regularidades de los sonidos, una construcción del fenómeno que se da por las sensaciones y por las percepciones de cada sujeto, pues cada uno pensó y se interesó por un aspecto particular del sonido como se mencionara más adelante.

La vibración fue la forma en la cual se empezó a pensar en una representación, pues ésta tiene ciertas características que están articuladas con los movimientos conocidos de la mecánica, se puede relacionar con los movimientos periódicos, pero en este caso se le denominaría como movimiento oscilatorio, a los que se asocian algunos conceptos como *periodo*, *frecuencia* y *amplitud*, con una trayectoria oscilatoria.

Se puede decir que a través de la historia ha sido necesario describir y clasificar movimientos específicos, en términos que se pudieran usar y ordenar para construir conocimiento, es decir, que se explicaran los efectos observados en relación con sus causas.

Diferentes métodos experimentales se llevaron a cabo desde comienzos del siglo XIX que permitieron abrir las investigaciones alrededor de la construcción de la teoría de la acústica.

Así, para construir la idea de timbre<sup>4</sup> de los instrumentos –la idea que se retomará en este trabajo para pensar en una fenomenología del sonido–, los físicos usaron varios métodos experimentales que fueron surgiendo a medida que se interesaban en las cualidades:

**a)** Chladni con su método de arena, busca una forma de relacionar las figuras que se podían observar con los tonos fundamentales de la escala musical.

**b)** El método gráfico de Lisajous sirvió para observar con mayor facilidad la diferencia de fases de dos movimientos vibratorios.

**c)** El método de Biot para mostrar que el aire se comprimía en los puntos nodales cuando vibra.

---

<sup>4</sup> Hay que aclarar que en el siglo XIX, no se había usado el término de timbre, sino como tono musical como termino que hacía referencia al sonido particular de cada instrumento. Pero en el presente trabajo no es necesario denominarlo de esa manera sino como se le conoce comúnmente, timbre.

**d)** El método de flamas manométricas de Koenig, para demostrar que hay variaciones de densidad en el aire y hacerlas más visibles.

**e)** El método de Boltzmann y Toepler, con el propósito de mostrar los cambios que se daban en las líneas nodales de una columna de aire con luz intermitente.

Todos estos trabajos, entre otros, sirvieron como base para construir con más detalle, características de los sonidos musicales, como que el sonido se puede representar con gran facilidad con las ondas tanto longitudinales como transversales, describirlo en términos de movimientos ondulatorios (movimientos pendulares, circulares y oscilatorios)<sup>5</sup> y que las ondulaciones representadas están influenciadas por las características del material del cuerpo sonoro.

Al mismo tiempo que se daban estos métodos experimentales, se hacían uso de los conocimientos surgidos de alguno de ellos para realizar otro tipo de experimentos con unos objetivos más precisos y cuantitativos de lo que se sabía de los sonidos musicales, por ejemplo, para calcular la mínima vibración audible mediante el disco estroboscópico de Plateau; la velocidad del sonido al disparar dos cañones en diferentes lugares de París, Austria y el Ártico, midiendo el tiempo que tardaba; la vibración del tono fundamental (ya que el estudio estaba alrededor de la acústica), pues para la investigación en este campo, el tono fundamental estaba presente en todos los sonidos, pero lo que hacía diferente un sonido de otro era la cantidad de armónicos que le acompañaba.

Por medio de estos experimentos, se construyó toda la teoría que hoy se conoce del sonido, desde el interés musical de la época. Teoría que explica que un sonido: **a)** se propaga con una velocidad dependiendo del medio donde es causado, específicamente dependiendo de la temperatura del medio, por ejemplo en el aire aumenta 0.6 m/s con cada grado; **b)** el timbre de un instrumento se caracteriza por el número de armónicos que tiene dependiendo de su tono fundamental, ya que un instrumento puede tener el mismo tono o la misma frecuencia pero sonar distinto; **c)** para un sonido audible, perfectamente continuo y que conserve las

---

<sup>5</sup> Para aclarar un poco estas diferencias en las investigaciones que se realizaron en el siglo XIX para encontrar el número de vibraciones del tono fundamental (el número de vibraciones más bajo con el que un sonido particular se puede conformar en múltiplos de ese tono), resulto más sencillo encontrarla mediante los sonidos generados por diapasones, pues este realiza un movimiento pendular, a diferencia de una sirena que tiene un movimiento circular, y una cuerda como movimiento oscilatorio.

características musicales, su mínima vibración es de 30 a 60 vibraciones por segundo; **d**) la intensidad disminuye conforme aumenta la frecuencia; **e**) el movimiento ondulatorio (pendular, circular, oscilatorio) con el cual es producido un sonido puede afectar la observación para dar cuenta de las características de un sonido, precisamente para calcular el tono fundamental.

Otra de las características que pueden ser mencionadas no menos importante que las anteriores, es que un sonido es el resultado de todo un proceso cognitivo, perceptivo de las vibraciones del medio que nos rodea, el aire, que por las características mencionadas de intensidad, el oído es el único órgano del cuerpo que está capacitado para percibir intensidades demasiado pequeñas (min.  $10^{-12}$  W) de frecuencias muy grandes (máx. 20 kHz), presentes en los sonidos como armónicos y tonos fundamentales en los timbres que nos permite escuchar, apreciar las sutilidades que hacen diferente un sonido de otro, a diferencia de la vista o el tacto que no están capacitados con tal sensibilidad.

Se podría decir que el número de armónicos de un sonido producido dependen de las características de los materiales generando el timbre particular. En esta investigación se centrara en el timbre con el método de arena de Chladni, pensando que podría ser el más apropiado para construir modos de hablar alrededor de este con un significado para los estudiantes sordos y oyentes para esta cualidad del sonido.

### Anexo 3.2 Sobre las figuras sonoras de Chladni<sup>6</sup>

Las figuras de Chladni se forman en la superficie debido a la propagación de las vibraciones en el material, ya que al llegar a los bordes hay una reflexión de estas y en algún momento se superponen en sí mismas, lo que provoca zonas nodales y zonas con vientres en dos dimensiones. A diferencia de una cuerda sujeta por sus dos extremos y puesta a vibrar de tal manera que muestre puntos nodales y vientres, son de una dimensión es decir que son lineales. La observación del experimento de Chladni muestra que las partículas de arena se mueven a saltos en todas las direcciones posibles.

Al atribuir condiciones de contorno (como el cambio de medio) a una perturbación o una oscilación cuando viaja, parte de esa que incide en el borde es reflejada a medio inicial. Por esto es que hay una combinación de la vibración que viaja al borde y otra vibración que se devuelve resultando una interferencia. Dependiendo de las condiciones que les permita propagarse, dicha interferencia puede ser constructiva y generar vientres u ondas estacionarias en su mayor generalidad. La amplitud de estos vientres crece a medida que hay una continuidad de superposiciones constructivas, lo que le permite superar la amplitud con la que había comenzado.

Esta sumatoria permite observar una geometría en la superficie de una placa desde determinadas frecuencias, ciertos paquetes de vibraciones u ondas incidentes que han de resonar.

Este fenómeno es el que permite atribuirle propiedades de construcción de un instrumento musical para que funcione correctamente. Esta característica del fenómeno en los instrumentos musicales se debe al proceso de representación de las propiedades dinámicas de una estructura elástica en función de los modos normales de vibración, conocido como Análisis Modal

Estos modos son posiciones de equilibrio producidos por vibraciones armónicas que le rodean, formando patrones o configuraciones geométricos. Los modos dependen de la geometría de la placa así como de las condiciones de contorno de la vibración. Las *figuras sonoras de Chladni* resultan ser las curvas nodales de los modos. Es decir, las curvas descritas por  $\varphi_n(x, y) = 0$ , una

---

<sup>6</sup> La referencia teórica que se ha usado, es producto de los marcos teóricos, del trabajo de grado “Análisis Modal en Tapas de Guitarra según su Diseño de Varillaje” y del artículo “Figuras de Chladni en tambores”. Para más información, remitirse a los trabajos mencionados.

función de onda que representa  $n$  movimientos oscilatorios en dos dimensiones, donde los puntos nodales esa función vale cero.

Para llevarla a cabo se puede simplificar con el operador biarmónico para aproximar las vibraciones consistentes de una placa, producidas también por vibraciones de una membrana que se describen con el *operador de Laplace*

$$\rho h u_{tt} + D \Delta^2 u = F(t, x, y) \quad (1)$$

En donde  $\Delta$  es el operador de Laplace,  $\Delta^2$  es el operador biarmónico (la composición del operador de Laplace consigo mismos),  $D$  (rigidez flexural de la placa) es una constante positiva que depende del material de la placa y de su espesor  $h$ .  $p = p(x, y)$  y  $v = v(x, y)$  representan la posición y velocidad inicial respectivamente. La ecuación (1) debe complementarse con las condiciones de contorno que dependen esencialmente de que parte del borde vibra libremente y que parte está empotrada.

En el caso de una placa con bordes firmemente sujetos, digamos que a una caja de resonancia con rigidez infinita, las condiciones de contorno están dadas por

$$u = 0 \quad \text{en} \quad \mathbb{R} \times \partial\Omega, \quad \frac{\partial u}{\partial n} = 0 \quad \text{en} \quad \mathbb{R} \times \partial\Omega, \quad (2)$$

en donde  $\partial u / \partial n$  es la derivada en la dirección normal exterior al borde  $\partial\Omega$ .

Si el borde de la placa, o una parte de este, se dejan vibrar libremente, las condiciones de contorno se complican. Para el caso del experimento de Chladni en una placa cuadrada  $\Omega = [-1, 1] \times [-1, 1]$  con todo el borde vibrando libremente, se tiene el movimiento de este sistema físico descrito por un conjunto de ecuaciones diferenciales lineales simultáneas de segundo orden de la forma:

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + (2 - \mu) \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) &= 0, & \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \mu \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} &= 0, & x &= \{-1, 1\} \\ \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + (2 - \mu) \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \right) &= 0, & \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \mu \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} &= 0, & y &= \{-1, 1\} \end{aligned} \quad (3)$$

En donde  $\mu$  es la llamada *razón de Poisson*, que depende del material de la placa. Claro, está la yema de los dedos del experimentador que sostiene la placa, pero supondremos que la zona de contacto es mínima de manera que esencialmente la vibración es libre.

Esta ecuación es discretizada en función de los desplazamientos, velocidades y aceleraciones nodales permitidos a la estructura. Sin embargo, los programas de elementos finitos no contemplan el amortiguamiento del sistema para el cálculo de los modos y frecuencias naturales.

Esto involucra establecer si el sistema está sometido a una vibración libre o forzada. Al igualar la fuerza a cero, las vibraciones son consideradas libres por lo que no existen fuerzas o acciones exteriores directamente aplicadas al sistema a lo largo del tiempo. Mientras que en el caso contrario reciben el nombre de vibraciones forzadas, al existir acciones o excitaciones directamente administradas al sistema a lo largo del tiempo.

Por tanto, para obtener las frecuencias naturales es necesario sacar al sistema de su posición de equilibrio y dejarlo en libertad. Para el caso de  $F(t)=0$ .

$$\Delta^2 \phi - \lambda \phi = 0 \quad \text{en } \Omega \quad (4)$$

La solución de este sistema de ecuaciones requiere el cálculo de cada valor propio  $\lambda$  donde hay  $n$  incógnitas más un parámetro, siendo las incógnitas el desplazamiento de cada grado de libertad y el parámetro adicional la frecuencia de resonancia. El sistema tendrá  $n$  ecuaciones de movimiento, donde los vectores propios son conocidos sólo como relaciones de desplazamientos, y no como magnitudes absolutas.

Los valores propios  $\lambda$  de la ecuación (5) con la condición de borde (3) forman un subconjunto discreto de números reales positivos. Cada valor propio tiene multiplicidad geométrica finita y repitiéndolos de acuerdo con su multiplicidad se tiene

$$0 < \lambda_1 < \lambda_2 \leq \lambda_3 \leq \dots, \quad \lim_{n \rightarrow \infty} \lambda_n = \infty \quad (5)$$

El sistema tendrá un número infinito de soluciones  $(\phi)_n$  que son los modos de vibración. Por el contrario, al definir la Ecuación (4)  $F(t) \neq 0$ , los desplazamientos de los grados de libertad quedan determinados al tener un sistema con el mismo número de ecuaciones e incógnitas, pues a diferencia del análisis modal, la frecuencia deja de ser una incógnita.

Este tipo de análisis es conocido como análisis armónico. La solución de las vibraciones libres no amortiguadas es una función armónica que oscila con una frecuencia característica del sistema

denominada frecuencia natural (ecuación 6), la cual no depende de condiciones iniciales ni de tiempo, garantizando que el sistema siempre vibra a la misma frecuencia.

$$w = \sqrt{\frac{K}{M}} \quad (6)$$

Donde K es la rigidez de la placa y M es la masa, así, un sistema con n grados de libertad tendrá n frecuencias naturales y n modos naturales de vibración cuando no actúen cargas exteriores y no hayan términos disipativos, por el contrario, si dentro una vibración forzada el sistema se somete a una excitación armónica este llegará a la condición de resonancia para n frecuencias de excitación diferentes. Se precisa de n parámetros o coordenadas para definir la posición y configuración deformada de estos sistemas, por lo que su estudio requiere la formulación matricial y el uso de las propiedades del álgebra lineal.

Suponiendo que el sistema con n grados de libertad tiene un comportamiento lineal, se puede resolver superponiendo n sistemas con un grado de libertad, lo que se conoce como principio de superposición. El cual consiste en multiplicar los modos de vibración por factores de escala y superponer los para obtener los desplazamientos ante una excitación. En este orden de ideas, al desplazar el sistema de su posición de equilibrio según un modo natural y soltarlo, todos los puntos oscilarán libre y armónicamente a la frecuencia propia del modo.

De esta manera las variables de las placas entre ellas la rigidez y la masa son propiedades que influyen en las frecuencias que pueden generar las configuraciones con las condiciones de contornos, lo que genera que haya tales diferencias entre el cartón y el acero, ya que las propiedades de rigidez y masa son distintas, la velocidad de la propagación será distinta y las superposiciones serán amortiguadas en mayor medida con la placa de madera que en la placa de acero.

### Anexo 3.3 Montaje del experimento

El experimento demostrativo está constituido de 3 partes fundamentales, las cuales son el generador de frecuencias, en este caso se usó un celular con la aplicación “Frecuencia Generator”; el amplificador con una potencia de mínimo 60W, donde se usó un radio de carro con una fuente de computador Desktop y el parlante con la placa con una resistencia de  $4 \Omega$  .

El parlante con la placa, a su vez tiene que tener una base que sujete la placa uniéndola al parlante, debe estar muy bien sujeta al centro del parlante para que no haya problemas de movimientos laterales y se pueda apreciar con más facilidad las figuras, como se muestra a continuación:



### Anexo 3.4

Las siguientes imágenes son el resultado de la búsqueda para cada material sobre sus *tonos fundamentales* usando el método de arena de Chladni con el dispositivo modificado, observando las frecuencias con las que son más afines por sus propiedades y características para vibrar formando patrones en la superficie. Las placas que se usaron tienen áreas de 25 cm X 25 cm de materiales distintos: cartón, madera, aluminio y acero.

#### Cartón



102 Hz



131 Hz



184 Hz



338 Hz

#### Madera



98 Hz



111 Hz



185 Hz



**207 Hz**



**312 Hz**

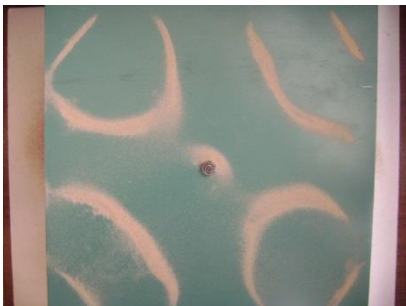


**580 Hz**



**772 Hz**

**Aluminio**



**288 Hz**



**458 Hz**



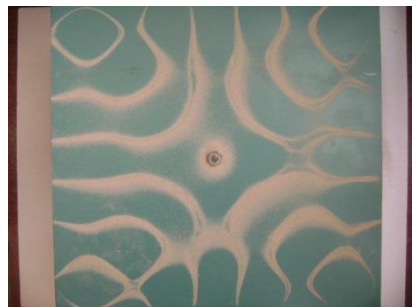
**579 Hz**



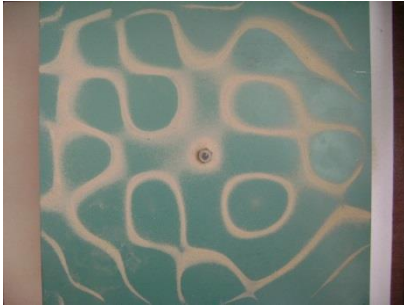
**643 Hz**



**1032 Hz**



**1137 Hz**



**1285 Hz**



**1376 Hz**



**1619 Hz**



**1638 Hz**



**2029 Hz**



**2420 Hz**



**2827 Hz**



**3471 Hz**



**3718 Hz**



**3808 Hz**



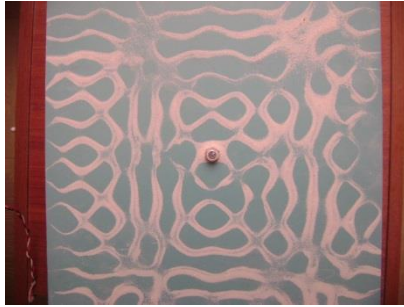
**4204 Hz**



**4516 Hz**



4672 Hz



4760 Hz



5307 Hz

Acero



263 Hz



361 Hz



509 Hz



643 Hz



763 Hz



1007 Hz



1102 Hz



1218 Hz



1372 Hz



1454 Hz



1715 Hz



1902 Hz



2157 Hz



2322 Hz



2512 Hz



2790 Hz



3039 Hz



3237 Hz



3455 Hz



3905 Hz



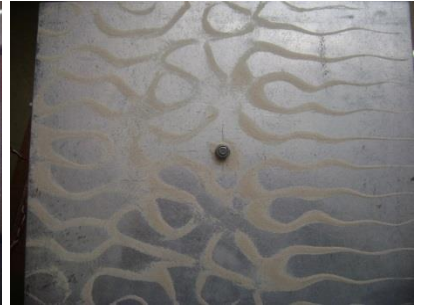
4149 Hz



**4311 Hz**



**4555 Hz**



**4651 Hz**



**4995 Hz**



**5195 Hz**



**5922 Hz**



**6140 Hz**

## Anexo

### 4.1 Experiencia 1

#### 4.1.1 Primer Grupo 503

##### 4.1.1.1 Verbal

1. ¿Qué pueden decir de las vibraciones en la placa?

Es una vibración muy fuerte que sienten en todos los dedos: oyentes y sordos

“las vibraciones están en toda la placa”: oyentes

2. ¿qué se le puede variar a las vibraciones?

La mayoría de estudiantes responden que el volumen y la intensidad

“La placa vibra y hace que se mueva la arena formando las figuras”: oyente

“La figura se forma dependiendo de la vibración”: oyente

“La vibración en la aplaca hace que se caiga la arena por lo lados”: oyente

“Lo que pasa es que no hay ningún movimiento de vibración en las líneas y en la otra si hay”: sordo

- 2.1 ¿qué se necesita variar para cambiar la figura?

“Se necesitaba variar la vibración”: oyente

“El volumen de la vibración”: oyente

“Es necesario variar el sonido”: oyente

“Que haya más fuerza de la vibración”: sordo

“Haya mayor vibración”: sordo

“El material de la placa”: oyente

- 2.2 ¿cuál fue la variación que se acabó de hacer?

“Se cambió la melodía a una más alta”: oyente

“Lo que se cambio fue la intensidad del sonido”: oyente

“Cuando se contrae es porque no hay tanta vibración ahí”: sordo

“Lo que se puede observar parece un rio donde hay arena, que lo rodean montañas, que pueden cruzar como olas”: sordo

“Una vibración muy fuerte y que entre más sonido o ruido haya pues entonces va a ser más intensa y cuando el ruido o sonido merma entonces así mismo la arena se concentra a un lugar. Ahí donde se concentra la arena es donde es más suave vibración”: sordo

Lo que ocurre es que se esparce porque hay menos vibración y que entre más vibración haya, ayuda a que pase eso”: sordo

#### **4.1.1.2 Escrita**

- La intensidad de la vibración depende del peso de la placa
- Se siente una cosquilla, como un temblor que inicia y llega a la arena, como un celular, como corriente, es intenso pero suave
- Lo que se ve en la placa es como cuando uno tira una piedra a un río, el agua se expande en ese momento, el agua puede generar una vibración un movimiento.
- “No se pueden calcular, porque no sabemos las ondas que manda esta clase de vibraciones y más si cambiamos la intensidad de las vibraciones”
- “Se puede calcular tocando y con el tiempo las ondas que lleguen a la placa”
- “Se puede contar el tipo de vibraciones o forma del elemento que lo hace y se coloca encima”
- “Yo mediría las vibraciones desde la mitad hasta la punta del objeto, pues así mediría cuantas vibraciones hay”
- “El número de vibraciones depende del sonido y la vibración el tamaño del elemento o la velocidad de la vibración”
- “El número de fuerza depende del objeto, si el objeto es grande va a haber más vibración”
- Los sordos hacen dibujos representaciones que hacen respecto a sus experiencias con las vibraciones, dibujando motos o la vibración del celular cuando lo dejan al lado de la cama, con los sonidos que no pueden oír pero si sentir con la vibración, con olas en el agua, es decir que dibujan las vibraciones relacionándolas con música, el ruido de un carro y las de la placa. “entre más duro es la vibración, se forma las líneas de arena más fácil”

#### **4.1.2 Segundo grupo 601**

##### **4.1.2.1 Verbal**

##### **1. ¿Qué pueden decir de las vibraciones en la placa?**

“La placa como está conectada a eso, hace que la placa vibre un poco más; es como cuando se pone un equipo de sonido está a cierto volumen”: oyente

“El baffle hace que la placa se mueva duro”: oyente señalando con las manos hacia arriba y abajo.

“Es como cuando uno acelera la moto, se siente unas vibraciones que recorren la palma las manos y a los pies, y cuando uno se baja se queda una sensación de hormigueo en las palmas de las manos cuando uno permanece mucho tiempo ahí, es algo parecido a lo que sucede acá”: oyente

“Dependiendo del peso que uno le ponga a la placa es diferente la sensación de la vibración”: oyente

“Si le pone más peso se deja de sentir más las vibraciones”- sordo

## 2. ¿Qué se puede variar de las vibraciones?

“Es un sonido lo que está transmitiendo ahí, es la vibración lo que hace que se mueva la placa”:  
oyente

“Vibra menos”: sordos y oyentes

## 3. ¿Qué necesitaría variar para que se forme otra figura?

### 3.1 ¿Qué está ocurriendo ahí?

“Se está formando una figura como una onda”:  
oyente

“Por la vibración, genera una onda de vibración, y por eso se dividen”:  
oyente

### 3.2 ¿Por qué no vibra igual en todos lados?

“Sucede por la vibración que hay en la placa, la placa trata de mover las partículas hacia unos puntos”:  
oyente

“Sí, cambiando la vibración, pues cuando la arena se hecho, comenzó a esparcirse según el movimiento que le estaba dando, vibra más en donde no hay arena, y vibra menos donde hay arena, vibra más en el centro de la placa porque ahí es donde se sostiene”:  
oyente

#### 4.1.2.2 Escrito.

- Se sienten vibraciones continuas, ondas generadas por la corriente, hay más vibraciones donde no hay arena todo lo hace según la velocidad que le ponga
- Sintió ondas de energía con vibración, más volumen más vibración, cuando cambia las vibraciones cambia la imagen.
- Siente un cosquilleo, al poner las manos le hace movimiento. Cuando no le ponemos las manos queda en poca vibración y el sonido es menos.
- Se sienten vibraciones similar a un motor o un masajeado, pero diferente porque se siente una vibración y un sonido. La arena toma la forma de la vibración y de las ondas, dependiendo de la intensidad y fuerza.
- La vibración de la vibración y el sonido para formar figuras en la placa.
- Se sienten vibraciones y son más intensas cuando uno quita la mano, se siente cosquilleo. Cambia la figura en la placa dependiendo de la frecuencia que da el sonido.
- Los sordos en este caso no dibujaron, así que mencionan que en las placas se forman figuras en la placa variando la intensidad.

## 4.2 Experiencia 2

### 4.2.1 Grupo 601

#### 4.2.1.1 Verbal

1. ¿qué es lo que se está variando?

### 1.1 ¿cuál sería la cualidad que se puede observar en la vibración?

“se varia es la vibración”- sordos y oyentes

“se está variando es el volumen de la vibración, dependiendo de la fuerza que tenga, generando que salte la arena en la placa” – Sordo

“es por la vibraciones en la placa”-oyente

### 1.2 ¿Qué piensan porque se forma la figura?

“Es por la vibraciones en la placa -se queda observando el montaje-, el baffle no se mueve”, “el tornillo, está sujeto quizá al imán”, “la corriente ahí en el aparato hace que vibre el baffle” - oyente

“Lo que genera la vibración es la bobina”-oyente

“Lo que se está variando es la velocidad de la vibración junto con el sonido”-oyente

“Son más rápidas cuando es más aguda”

## 2. ¿En todos los materiales se forman figuras?

### 2.1 ¿Se puede formar en otros materiales?

“Si, en otros materiales se pueden formar figuras”, “que en un material más blando se pueden formar más fácil”, “no en todos los materiales se pueden formar pero si en algunos” -oyente

“Es debido a que es más gruesa la placa de madera que la de aluminio, por lo que es más pesada y por eso la vibración es más fuerte en la de aluminio que en la de madera”- oyente

### 2.2 ¿que pueden decir de los dos materiales?

“La madera al ser más rígida no deja que la arena se esparza y forme una figura”. Oyente

“La madera esta comprimido entre partículas que no dejan avanzar el sonido”-oyente

“Tiene más peso la placa de aluminio respecto a la de madera” - sordos y oyentes

“En la de madera no suena porque no es aluminio, en la de lamineo suena, y en la de madera no suena la velocidad disminuye y no hace figuras como tal”-oyente

### 2.3 ¿Qué pueden decir de las figuras que se forman en la superficie de la placa de aluminio con la figura que se forma en la placa de acero?

“La placa de acero al ser más pesada no deja que la arena se esparza como se esparce en la de aluminio” oyente

“El material de la placa de aluminio es más flexible que el de acero. La de acero es más rígido que la de aluminio, y la madera aún más, por eso es que se forman diferentes figuras, porque si tengo una lámina mucho más flexible va a vibrar mucho más, como una de cartón”-oyente

“Es por los materiales que cambia las figuras”-oyente

“El peso”, “la masa”, “la frecuencia”, que “el material del cartón no deja que la onda se corte, no es suficientemente fuerte para que la lámina se mueva - oyente

“Al no haber vibración, la arena no se podía esparcir, mientras que al haber si se esparce y forma las figuras”-oyente

#### 2.4 ¿Que pueden decir de cada material?

“Tenemos que tener en cuenta la textura, el diseño y los materiales de los diferentes objetos; dependiendo del volumen que le den a la superficie va a dar una figura o no la va a dar”-sordo

“Todo depende del material si es más blando necesita menos frecuencia, mayor fuerza, menos sonidos o mayor volumen para formar figuras”-oyente

#### 4.2.1.2 Escrito

Se han seleccionado las ideas más generales por ser algunas las que más se repetían

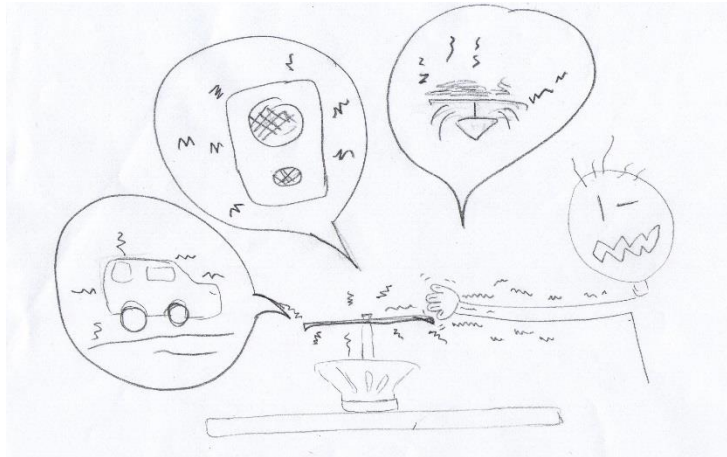
- Placa de acero vibra más se desliza despacio la arena, y la de cartón vibra menos-sordo
- *El efecto de las ondas* cambia según el material y la intensidad – oyente
- Las figuras cambian porque los materiales tienen distinta densidad
- Entre más intensidad más vibración, una relación de la intensidad con el material (mm)
- Según el material se debía cambiara las vibraciones. Todo se debe a la frecuencia de la vibración y el material, en la de cartón había que disminuir el sonido de la vibración para que se formaran una figura y se moviera la arena.
- Dependiendo del material de las placas dependían las vibraciones por el sonido para hacer diferentes figuras.

**Anexo 4.3:** En las siguientes imágenes se puede observar los estudiantes sordos y estudiantes oyentes interactuando con la placa mientras esta vibrando con una frecuencia de 288 Hz

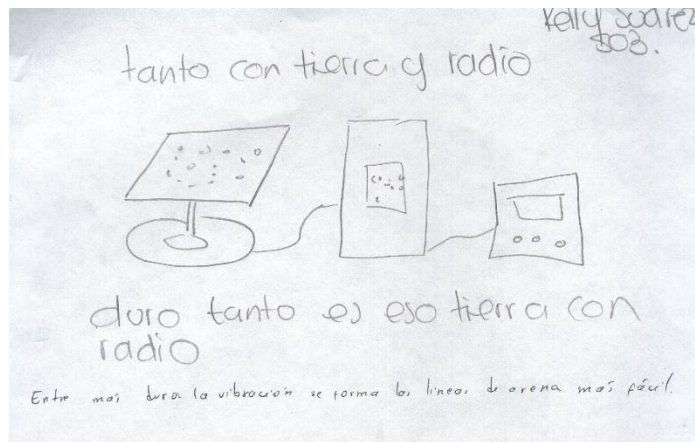


**Anexo 4.4:** Los siguientes dibujos son de los estudiantes sordos al finalizar la experiencia 1.

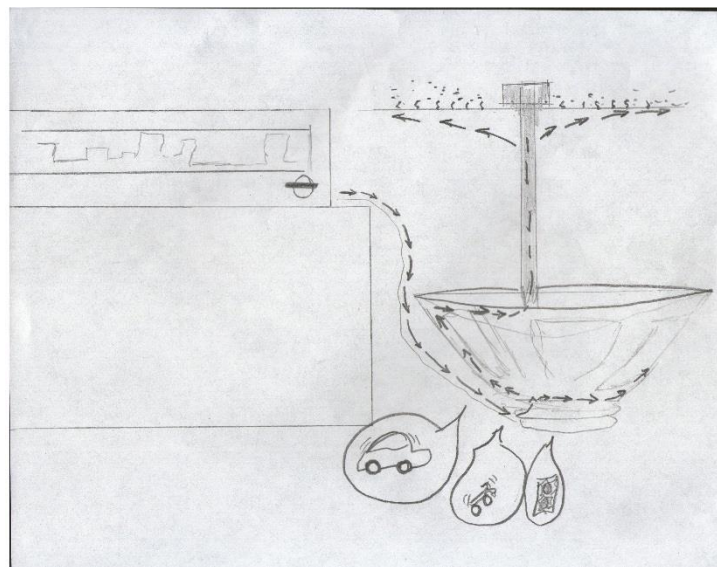
1.



2.



3.



**Anexo 4.5:** Los estudiantes sordos como estudiantes oyentes comparando las masas de las placas y usando una carpeta como placa de plástico.

