



¿Cómo se construye el concepto de sonido desde los problemas que vivieron los científicos? aportes para la enseñanza de las ciencias¹

How is the concept of sound built from the problems that scientists experienced? contributions to science teaching

Como o conceito de som é construído a partir dos problemas que os cientistas experimentam? contribuições para o ensino de ciências

Válery Daniela Bolaños Patiño²
Edwin Germán García Arteaga³

Resumen

La naturaleza del sonido tiene un sentido histórico que conecta con situaciones cotidianas, incluso vividas por los estudiantes, sin embargo, muchas veces en el aula se dejan de lado los pensamientos y confrontaciones de los científicos y se reduce a presentar una única imagen de ciencia. Subyacen varias dificultades al proceso de enseñanza del sonido: los contenidos que se presentan en la escuela resultan ser lineales; los libros de textos no tienen en cuenta los contextos y los conceptos se presentan de forma abstracta. En este artículo se realiza un análisis histórico que permite reconocer los principales aportes de los científicos alrededor de las ideas de naturaleza del sonido, reconociendo sus preocupaciones. Se procede entonces a dar respuesta a las preguntas ¿Cómo se construye el concepto de sonido desde los problemas que vivieron los científicos? ¿El sonido se comporta como onda o como partícula? La historia del sonido puede usarse para crear sentido alrededor de su naturaleza de producción y propagación y contribuir en los estudiantes a una interacción con sus experiencias y un cambio en sus formas de comprender la física del sonido

¹ Trabajo derivado de la Investigación Doctoral titulada: Elaboración de un proceso de formación de profesores en ejercicio asociada al fenómeno del sonido que permita la integración del conocimiento tecnológico, pedagógico y de contenido

² Estudiante de Doctorado Interinstitucional en Educación, Universidad del Valle, Facultad de Educación y Pedagogía. Correo: valery.bolanos@correounivalle.edu.co ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3016-0502>

³ PhD, Profesor Universidad del Valle, Instituto de Educación y Pedagogía. Correo: edwin.garcia@correounivalle.edu.co ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1280-667X>



Palabras claves:

Naturaleza del sonido; Historia y Filosofía en la enseñanza de las Ciencias; Enseñanza del sonido

Abstract

The nature of sound has a historical sense that connects with everyday situations, even experienced by students, however, many times in the classroom the thoughts and confrontations of scientists are left aside and reduced to presenting a single image of science. Several difficulties underlie the sound teaching process: the contents that are presented at school turn out to be linear; textbooks do not take context into account and concepts are presented in an abstract way. In this article, a historical analysis is carried out that allows recognizing the main contributions of scientists around the ideas of the nature of sound, recognizing their concerns. We then proceed to answer the questions: How is the concept of sound built from the problems that scientists experienced? Does sound behave as a wave or as a particle? The history of sound can be used to create meaning around its nature of production and propagation and contribute to students' interaction with their experiences and a change in their ways of understanding the physics of sound.

Keywords:

Nature of sound, History and Philosophy in the teaching of Sciences, Teaching of sound

Resumo

A natureza do som tem um sentido histórico que se conecta com situações cotidianas, até mesmo vivenciadas pelos alunos, porém, muitas vezes em sala de aula os pensamentos e confrontos dos cientistas são deixados de lado e reduzidos a apresentar uma única imagem da ciência. Várias dificuldades estão na base do bom processo de ensino: os conteúdos que são apresentados na escola acabam por ser lineares; os livros didáticos não levam em consideração o contexto e os conceitos são apresentados de forma abstrata. Neste artigo, é realizada uma análise histórica que permite reconhecer as principais contribuições dos



cientistas em torno das ideias da natureza do som, reconhecendo suas preocupações. Passamos então a responder às questões: Como se constrói o conceito de som a partir dos problemas que os cientistas vivenciaram? O som se comporta como uma onda ou como uma partícula? A história do som pode ser utilizada para criar significado em torno de sua natureza de produção e propagação e contribuir para a interação dos alunos com suas experiências e uma mudança em suas formas de compreender a física do som.

Palavras chaves:

Natureza do som, História e Filosofia no ensino das Ciências, Ensino do som

Introducción

El sentido histórico de los conceptos en física puede proporcionar puntos interesantes de información y perspectivas, que pueden utilizarse para enriquecer el proceso de enseñanza de un contenido. (Caleón & Subramaniam, 2007; García, 2009; Aguilar & Romero, 2013)

Se parte de la importancia de promover el conocimiento del docente desde la reflexión de la historia de las ciencias en los procesos de enseñanza permitiendo una comprensión fenoménica de los conceptos científicos, promoviendo el carácter humanista de la actividad científica y la presentación de los conceptos físicos normalmente abstractos en el aula; una reflexión profunda de la historia y filosofía de la ciencia, permitirá desarrollar el conocimiento de los profesores generando nuevas propuestas de enseñanza, brindando elementos para asumir una postura crítica de cómo abordar los contenidos escolares contribuyendo a la construcción de un lenguaje científico a partir del reconocimiento del lenguaje de los estudiantes, entendiendo que éste responde a un contexto cultural, a una ubicación cronológica, a los aspectos políticos y sociales. Han sido las necesidades del entorno y la observación de los fenómenos que desde explicaciones dadas por el instinto común se han ido transformando, construyendo conocimiento llegando a las teorías actuales, se hace necesario entonces crear vínculos entre el lenguaje, la experiencia y el conocimiento, como lo manifiesta Guidoni et al 1990; y reconocer que la Física no es una ciencia ya acabada como muchas veces se da a entender en las clases, donde seguidos por el método conductista se transfiere conocimientos matematizados olvidando esa relación con el fenómeno. En este



artículo se pretende presentar las ideas sobre el sonido impulsadas por científicos que permitan identificar elementos valiosos para una mejor comprensión del concepto de sonido.

Metodología

Los elementos reflexivos de este trabajo se desarrollaron teniendo en cuenta los momentos planteados por Almeida & García, (2022); se procedió de esta manera a la identificación y recolección de documentos históricos sobre el sonido principalmente desde obras originales, artículos e investigaciones previas entre las cuales se destacan: Diálogos acerca de dos nuevas Ciencias de Galileo Galilei (2003); Principios matemáticos de la filosofía natural (Principia) de Newton, (1713). A partir de su análisis se formularon implicaciones para la enseñanza que le permiten al docente reconocer la actividad científica, datos, instrumentos, concepciones alrededor del sonido, se establece entonces las controversias alrededor de la pregunta El sonido: ¿Onda o partícula?, se procede a analizar el modelo de partículas que posibilite la comprensión del concepto de sonido.

Resultados y discusión

¿Cómo se construye el concepto de sonido desde los problemas que vivieron los científicos?

Los trabajos sobre sonidos aparecieron desde tiempos antiguos, Galileo al igual que otros científicos como Mersenne concibió al sonido como una sucesión de impulsos regulares, impresos al aire por el movimiento vibratorio del cuerpo y transmitidos a través de este medio. De acuerdo con Caleon & Subramaniam (2007) Galileo escribió su primer relato de su visión ondulatoria del sonido en su trabajo “Diálogo sobre dos nuevas ciencias”

“Que las ondulaciones del medio están ampliamente dispersas alrededor del cuerpo sonoro se evidencia por el hecho de que una copa de cristal con agua puede emitir un tono



simplemente por la fricción de la yema del dedo sobre el borde de la copa; porque en esta agua es producida una serie de ondas regulares” (Galilei G, 2003).

Galileo en sus experimentos pudo establecer el hecho de que el sonido producido por un instrumento de cuerda está determinado con mayor precisión por las proporciones de las frecuencias del sonido y no por las proporciones definidas por la longitud, el tamaño y la tensión de las cuerdas, como habían afirmado los pitagóricos. Señaló que la frecuencia, que es el “número de pulsos de ondas de aire” generados por una fuente vibrante (Galilei G, 1638; citado por Caleon & Subramaniam, 2007), es la causa física del tono que es percibido por el oído; descubrió esto a través de un experimento que involucra el raspado de un metal con un cincel. Los experimentos de Galileo algunos de ellos mentales, lo llevaron a asociar las proporciones de consonantes con un aspecto específico del sonido: la frecuencia. Es de resaltar dentro de los aportes de Galileo que su análisis del movimiento isocrónico del péndulo permitió que científicos como Newton hicieran grandes aportes a la Física, entre uno de ellos su intento por determinar la velocidad del sonido.

Newton (1713), en su libro principios matemáticos de la Filosofía natural expuso cómo la propagación del sonido a través de cualquier fluido dependía de las propiedades físicas del propio fluido, tales como la elasticidad y la densidad del mismo; Utilizando las ideas de Galileo, señaló que las partículas en el medio fluido "siempre se aceleran o retardan de acuerdo con la ley del péndulo oscilante". aunque en la clase de ciencias respecto a la física del sonido se comunica al estudiante de secundaria que este se comporta como una onda mecánica y que su velocidad de propagación depende de las características del medio y que no es posible su propagación en el vacío, es necesario construir significado alrededor de estos conceptos, ¿Qué significa que un medio sea elástico? ¿Si hablamos de la propagación del sonido en el aire, cuál es el papel del aire, qué características tiene este medio? ¿Qué pasa si cambiamos de medio? ¿Por qué el sonido no se propaga en el vacío? ¿A qué nos referimos cuando hablamos de vacío?

Viennot (2002), en su estudio respecto a las ideas de los estudiantes de la velocidad de sonido menciona que el papel del medio para los estudiantes no es más que un soporte pasivo dentro del cual se desplaza la perturbación. Si entienden ésta como un objeto que se desplaza, el medio corre el riesgo de más bien aparecer como un estorbo. En estas condiciones es importante hacer alusión a la pregunta de Viennot ¿Comprenden los estudiantes que el sonido no se propaga en el vacío?, el papel de las prácticas experimentales se torna importante; que



permitan no solo traer a la clase los experimentos de los científicos sino dar un nuevo rol a la experimentación en ciencias.

En 1660 Boyle pudo observar como la intensidad del sonido originado por un timbre colocado en una campana neumática disminuía a medida que el aire era extraído. Boyle concluyó que un medio como el aire era necesario para la propagación de las ondas sonoras.

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

Traer al aula experiencias que permitan evidenciar las dificultades de realizar algunos experimentos permitirá contrastar ideas, cabe resaltar que Boyle no fue el único que realizó el experimento del timbre en la campana neumática. Kircher citado por Caleon & Subramaniam, (2007) realizó un experimento con una bomba de aire, escuchó el sonido de una campana en un frasco mientras la bomba eliminaba el aire del interior, lo que lo llevó a concluir que el aire no es necesario para la transmisión del sonido.

Con la conclusión del experimento de Boyle mejorando la tecnología de vacío quedó de alguna forma confirmado que el sonido necesitaba de un medio para propagarse afianzando más su comportamiento a través de movimientos ondulatorios.

Acerca del contexto histórico del sonido queda mucho por indagar, como lo indica Caleon & Subramaniam (2007) hay una escasa literatura de la historia de las ideas sobre la naturaleza del sonido. Es importante darles sentido a los conceptos que comúnmente se desea comunicar a un estudiante de secundaria, la experiencia de Galileo produciendo un tono simplemente por la fricción de la yema del dedo sobre el borde de la copa de cristal es comúnmente realizada por los estudiantes en ferias de la ciencia en los colegios, sin embargo, no es solo



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

Implicaciones para la enseñanza

¿Cómo se transmite el sonido?

Sonido ¿onda o partícula?

Aunque varios científicos apoyaron la noción ondulatoria del sonido, la ausencia de movimiento detectable en el aire (por ejemplo, se observa que el sonido no afecta el movimiento de ningún cuerpo de luz) llevó a otros científicos a pensar en una propuesta alternativa.

Históricamente científicos como Gassendi, Beeckman, imaginaron una naturaleza de partículas del sonido, estas concepciones pueden estar presentes en el pensamiento de los estudiantes, tal como lo reportan varias investigaciones (West, 2008); por tanto, la idea de que el sonido es lo mismo que una transmisión neta de materia existe desde hace mucho tiempo. Asumir el sonido como algo material da como resultado creer que este puede pasar fácilmente a través del vacío y que el sonido necesita un paso libre a través de los materiales.

El modelo de partículas para la comprensión del sonido

Los estudiantes deben comprender que las sustancias gaseosas, así como las sustancias líquidas y sólidas están formadas por materia, con la ayuda de la teoría de partículas propuesta por Andersson (2005) (citado por West, 2008), los alumnos tienen la posibilidad de comprender la diferencia entre las diferentes fases. Un conocimiento previo de este tipo facilitará entender que el sonido depende de la materia para su transmisión



El sonido surge cuando algo vibra, cuando un objeto vibra, golpea las partículas circundantes, que a su vez golpean las partículas cercanas, y así sucesivamente. En consecuencia, es el movimiento en el objeto vibrante el que se transfiere a las partículas circundantes, que a su vez transfieren el movimiento a las partículas adyacentes, y así sucesivamente. En lenguaje científico la energía cinética se transmite. Entonces, la transmisión del sonido solo tiene que ver con la transferencia de energía a través de las partículas que forman la sustancia a través de la cual se transmite el sonido.

El sonido como onda

Como lo afirma West (2008); algunos estudiantes han conocido el concepto de onda sonora anteriormente y le atribuyen varios significados, pero muy pocos tienen idea de lo que realmente significa una onda de sonido. Es necesario entonces discutir la conexión entre la vibración, las partículas y las ondas sonoras; evitando de esta manera caer en el error de considerar la onda sonora como algo material que se mueve en el aire y choca con las partículas del aire, con el resultado de que será absolutamente imposible para los alumnos construir una comprensión conceptual de la transmisión del sonido.

Es importante que la comprensión del comportamiento ondulatorio del sonido nos lleve a pensar en el modelo de onda desde los procesos de formalización que responden al pensamiento de científicos.

Conclusiones

Recurrir a la Historia de las ideas alrededor del sonido, nos permite reconocer las situaciones que fueron cimentando el concepto de sonido de esta forma el docente tendrá elementos que le permitirán asumir una posición crítica a la hora de seleccionar contenidos, que permitan construir conocimiento; reconociendo el lenguaje de los estudiantes, creando vínculos con sus experiencias en torno al fenómeno.

Los textos científicos históricos para el caso del sonido van construyendo conceptos con respecto a experiencias preliminares, partiendo de problemáticas y experiencias reales, intentos por comprobar y refutar, hallazgos inesperados dentro de las prácticas que generan



nuevas preguntas al rededor del comportamiento ondulatorio del sonido

Referencias

Almeida Sánchez, H., & García Arteaga, E. G. (2022). Aportes de la Historia y la Filosofía en la enseñanza de las ciencias a partir de la actividad experimental asociada a la hidráulica. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de Las Ciencias*, 18(1), 134–148. <https://doi.org/10.14483/23464712.19116>

Caleon, I. S., & Subramaniam, R. (2007). *From Pythagoras to Sauveur : tracing the history of ideas about the nature of sound*. 42(2), 173–179.

García, E. G. (2009). *Historia de las ciencias en textos para la enseñanza neumática e hidrostática* (21st ed.). Editorial Universidad del Valle. <https://doi.org/10.25100/peu.85>

Galilei, G. (2003). *Diálogos acerca de dos nuevas ciencias*. (Traductor San Román, J.) (J. San Román (ed.)). Editorial Losada

Guidoni, P., Arca, M., & Mazzoli, P. (1990). Enseñar ciencia. *Cómo empezar reflexiones para una educación científica de base*.

Newton, I. (1713). *Principios matemáticos de la filosofía natural (Principia)*.

Romero Chacón, Á. E., & Aguilar Mosquera, Y. (2013). *La experimentación y el desarrollo del pensamiento físico: Un análisis histórico y epistemológico con fines didácticos* (21st ed.). Editorial Universidad de Antioquia.

Viennot, L. (2002). *Razonar en física, la contribución del sentido común*. Madrid: A. Machado libros, S.A.

West, E. (2008). *Teaching about sound, hearing and health knowledge base, suggestions for teaching and copying material* (Issue 8)