

Obtención y clasificación de ideas previas sobre fenómenos sonoros: Estudio en alumnos universitarios de carreras de ciencias de la salud



Jhonny Medina Paredes¹, Mario H. Ramírez Díaz²

¹*Centro de Docencia Superior en Ciencias Básicas, Universidad Austral de Chile, Sede Puerto Montt. Los Pinos s/n, Balneario Pelluco, Puerto Montt, Chile.*

²*Departamento de Posgrado en Física Educativa, Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, Instituto Politécnico Nacional, Av. Legaria 694, Col. Irrigación, México, D.F., C.P. 11500.*

E-mail: jhonnymedina@uach.cl

(Recibido el 13 de Enero de 2016, aceptado el 25 de Agosto de 2016)

Resumen

El propósito de este trabajo es conocer y categorizar las ideas previas sobre los fenómenos de reflexión y refracción del sonido en estudiantes de las carreras de Tecnología Médica y Fonoaudiología de la Universidad Austral de Chile Sede Puerto Montt. Para ello se elaboró una encuesta que fue aplicada a dos generaciones consecutivas de estudiantes. El análisis de las respuestas permitió visualizar una serie de ideas que fue posible categorizar en las siguientes cuatro categorías: concepciones erróneas, concepciones correctas, concepciones parciales y concepciones alternativas. Dichas categorías fueron definidas de acuerdo a la cualidad de correctas de cada una de ellas, de acuerdo a su completitud y de acuerdo al significado alternativo que se les puede dar en un ámbito del conocimiento distinto al de la Física.

Palabras clave: Ideas previas, Fenómenos Sonoros, Física para no físicos.

Abstract

The purpose of this paper is mainly to know and categorize the previous ideas that students from the majors of Medical Technology and Speech-language Therapy of Universidad Austral de Chile in Puerto Montt had about the refraction and reflection of sound. To do this, a survey was carried out in two consecutive groups of students. The analysis of the answers revealed a series of ideas that were put into four categories: misconceptions, correct conceptions, partially correct conceptions and alternative conceptions. Such categories were defined according to the degree of correctness of each answer, their completeness and the alternative meaning they may have in a different area of knowledge.

Keywords: Previous ideas, Sonorous phenomena, Physics to non physicist.

PACS: 01.40.Fk, 01.40.Ha, 01.40.gf

ISSN 1870-9095

I. INTRODUCCIÓN

Uno de los factores que intervienen en el aprendizaje de los conceptos aceptados como correctos por la comunidad científica es el referido a los conceptos o ideas previas o alternativas que los alumnos poseen sobre algún contenido en particular. Estos conocimientos previos – que sirven como fundamento para la construcción de nuevos conocimientos – tienden a ser perdurables en el tiempo y constituyen una red de conceptos relacionados entre sí que, por lo general, no son consistentes con los conceptos aceptados como científicamente correctos.

Dada la importancia que ello supone en el aprendizaje, se han generado diversos estudios que persiguen, por un lado, averiguar cuáles son estos en diferentes áreas y por otro, cómo incorporarlos en el proceso de aprendizaje.

En el ámbito del sonido, las investigaciones realizadas con alumnos de enseñanza preuniversitaria revelan varios aspectos de interés. Boyes y Stanisstreet [1] examinaron la concepción sobre la trayectoria del sonido en estudiantes de enseñanza secundaria, observando que sólo un 40% de los alumnos de menor edad (de 11 a 13 años) y el 78% del grupo de edad mayor (de 13 a 16 años) respondió que el sonido viajaba desde la fuente al receptor. Entre las ideas erróneas detectadas identificaron la creencia que el sonido viaja desde el receptor a la fuente.

Asoko, Leach y Scott [2], en un estudio en niños y adolescentes cuyas edades iban desde los 4 a 16 años, concluyeron que aquellos de menor edad consideraban el sonido como una parte del objeto en el que se originó. Además, encontraron que la noción de propagación del sonido en el aire sólo existía entre los jóvenes de 16 años.

En otro estudio realizado por Russell [3], se sugiere que los niños pueden imaginar el sonido como un objeto

invisible, que posee dimensiones y que requiere de espacio para moverse.

Los estudios de Saura y de Pro [4] en estudiantes de enseñanza secundaria concluyeron que éstos tienden a confundir la onda sonora, el emisor y el receptor; no establecen con claridad las relaciones entre las cualidades del sonido y las magnitudes características de una onda (amplitud, frecuencia, etc.), no tienen claridad en cuanto a los fenómenos como reflexión, amortiguación refracción e interferencia, y utilizan el modelo corpuscular en sus razonamientos sobre el sonido.

Chang *et.al* [5] exploraron las concepciones sobre contenidos de física en las escuelas primarias y secundarias. De Taiwán, encontrando en particular para el sonido que los estudiantes lo consideraban compuesto por partículas.

Considerando los estudios de Reiner *et.al* [6], quienes encontraron evidencia de que las concepciones de los alumnos tienen relación con los conocimientos que se tienen sobre las sustancias materiales, Eshach y Schwartz [7] emplearon un esquema de sustancia o modelo materialista para estudiar las ideas previas de alumnos de enseñanza secundaria, encontrándose que la conceptualización del sonido en los estudiantes carece de consistencia interna. Así, por ejemplo, los estudiantes explicaron que el sonido se propaga de forma distinta en diferentes medios o que, si bien el sonido requiere del aire para propagarse, al situarse dentro de una campana de vacío junto con la fuente sonora, se lograría escuchar el sonido por estar muy cerca de ella.

A nivel de enseñanza universitaria se puede mencionar el trabajo desarrollado por Aiziczon y Cudmani [8] en alumnos de medicina en la Universidad de Tucumán, Argentina. Entre otras conclusiones propias del ámbito médico, se obtuvo que no discriminaban adecuadamente la onda sonora de la percepción acústica, ni entre una vibración y una onda, hablando de “ondas vibratorias”.

Hrepic *et al.* [9] en una investigación sobre modelos mentales en cuanto a la propagación del sonido en estudiantes de cursos introductorios de física detectó ocho modelos diferentes de propagación del sonido. Además del modelo de onda científicamente aceptado, los estudiantes utilizaron un modelo de “entidad”. En este modelo, el sonido es una entidad autónoma y diferente del medio por el cual se propaga. Todos los otros modelos alternativos contienen elementos de ambos modelos señalados.

Pejuan *et al.* [10], estudiaron las ideas previas sobre la naturaleza microscópica del sonido en estudiantes de ingeniería, encontrando las siguientes ideas: el sonido se propaga producto del desplazamiento de las partículas del aire, una mayor intensidad está asociada a una frecuencia más alta, la velocidad depende tanto de la frecuencia como de la intensidad y que la velocidad es mayor en la dirección en que se mueve la fuente sonora.

Es en este último ámbito de la enseñanza universitaria donde se inserta el presente trabajo, el que está enfocado en estudiantes de ciencias de la salud, particularmente de las carreras de Tecnología Médica y Fonoaudiología de la Universidad Austral de Chile. Estos estudiantes, en su plan de estudios, tienen la asignatura de Acústica en la que está

incluida una unidad relativa al sonido, cuya comprensión resulta esencial, toda vez que en el uso de instrumental clínico y en la aplicación de terapias deberán considerar conceptos asociados al sonido. Así, pues, con el fin de desarrollar de mejor manera el proceso enseñanza–aprendizaje, se ha considerado necesario, en primera instancia, comenzar por conocer y categorizar las concepciones con las que estos estudiantes se enfrentan al estudio del tópico del sonido, principalmente en lo referido a los fenómenos de reflexión y refracción.

II. MARCO TEÓRICO

Citando los trabajos de Cubero [13], Sánchez [14] y Herrera [15] es posible obtener el siguiente resumen de los alcances teóricos que involucran los diferentes términos utilizados en la investigación de las concepciones de los estudiantes: En el estudio sobre las concepciones que los estudiantes tienen en relación al mundo que los rodea, se han ido incorporando a la literatura una serie de términos que, aun cuando sean utilizados en muchos casos como sinónimos, revisten ciertas características que los hacen diferentes. Entre los términos más comunes se pueden mencionar: concepciones erróneas o errores conceptuales (misconceptions), preconcepciones (preconceptions), marcos alternativos (alternative frameworks), concepciones alternativas (alternative conceptions) razonamiento espontáneo (spontaneous reasoning), ideas ingenuas (naive ideas), ideas preinstruccionales (pre-instruccionales ideas), ciencia de los niños (children’s science), teorías en acción (theories in action), teorías implícitas, ideas previas, etc.

Una primera distinción que se puede realizar en esta abundante colección de términos, guarda relación con el sentido de lo erróneo. En un número importante de investigaciones de los años 80 fueron utilizados indistintamente los términos “concepciones erróneas”, “preconceptos”, “marcos conceptuales” y “conocimiento adquirido” como enunciados para referirse a aquellas concepciones que no eran correctas desde un punto de vista científico. Un aporte importante fue el realizado por Clement, Brown y Zietsman [16] quienes en su trabajo no sólo presentaron estrategias para abordar estas concepciones erróneas, sino que también consideraron que no todo el conocimiento intuitivo que los alumnos tienen de algún contenido en particular es errado.

Una forma de considerar esta salvedad es emplear el término concepciones alternativas, pues éste elimina la connotación de error que acompaña al término concepciones erróneas, asignándole no el carácter de incorrecto, sino de distinto en relación al concepto científico. No obstante, este término fue modificando su significado, toda vez que los estudiantes pueden tener no una, sino varias concepciones alternativas sobre los fenómenos naturales. Los estudios de Driver y Bell [17], Stepans [18] y Wandersee, Mintzes y Novak [19] así lo señalan. Desde este punto de vista, las concepciones no sólo pueden ser alternativas a la de la ciencia, sino también

alternativas entre sí, es decir, una persona puede tener varias interpretaciones alternativas de un mismo fenómeno.

Driver y Erickson [20] evidenciaron que, teniendo un carácter implícito, estas concepciones se manifestaban en las acciones que realizan las personas; de allí acuñaron el término teorías en acción, dado que las concepciones no constituyen conceptos aislados, sino que presentan una estructura interna coherente.

Que las concepciones alternativas constituyan una teoría en una afirmación que no es unánimemente compartida. Existen estudios como los de Driver [21], Rodrigo [22], Vosniadou [23] donde se demuestra que los estudiantes poseen un conjunto de conocimientos estructurados que funcionan como una teoría, pero también otros como los de Halloun y Hestenes [24] y Finegold y Goraky [25] donde los conceptos se observan mezclados o aislados sin organización. Donde sí hay mayor consenso es que no corresponden a respuestas rápidas, pues son sostenidas por estudiantes universitarios y aún por profesores, Carrascosa y Gil [26] y Cudmani y Cudmani [27].

El término preconcepto aparece tempranamente en los estudios de Piaget [28]. Para él, los preconceptos son estructuras que constituyen una etapa previa en la construcción de la estructura conceptual, no atribuyéndole una connotación falsa en su significado. Ausubel [29], en cambio, los considera ideas erróneas en relación a los conceptos científicos. Siendo así serían equivalentes a las concepciones erradas.

Giordan [30] define las representaciones como “traducciones de la realidad que no resultan de un análisis riguroso: son imágenes que se apoyan en analogías artificiales, en las que los términos no se definen de forma unívoca y que son difícilmente comunicables”. Esta definición las acerca a los preconceptos de Piaget y a las concepciones alternativas.

Las teorías implícitas hacen referencia al conocimiento que elabora una persona no instruida científicamente para interactuar con el mundo que la rodea y darle significado, Rodrigo [22]. La autora le asigna a estos conocimientos la categoría de teoría en cuanto constituyen conceptos relacionados entre sí, sin embargo, a diferencia de las teorías científicas, las considera implícitas y carentes de una formulación verbal sistemática, Rodrigo [31]. Corresponden así a teorías en acción.

Johnson-Laird [32, 33], y van Dijk y Kintsch [34] utilizan el término modelos mentales para referirse a aquel conocimiento cuya estructura no es arbitraria, sino que corresponde a la situación que representa. Tal conocimiento no contiene variables pues representa situaciones específicas; y está basado en las habilidades que poseen las personas para “simular internamente” lo que ocurre u ocurrirá en situaciones reales o hipotéticas. Estos modelos se van modificando de acuerdo a las exigencias, por lo que estarían dotados de flexibilidad y funcionalidad que les permitiría la comprensión y explicación de los fenómenos.

Las ideas previas son conceptualizaciones que las personas elaboran con el objetivo de dar interpretación a fenómenos naturales, ya sea porque lo requieren en la vida cotidiana o porque necesitan solucionar algún problema

práctico o porque les es requerido mostrar cierto nivel de comprensión de algún concepto, Herrera (2009) [15]. Estas ideas previas son el resultado de las experiencias cotidianas que el sujeto tiene, tanto físicas como sociales, las que le permiten ofrecer explicaciones, descripciones y predicciones acerca de los fenómenos naturales y conceptos científicos. Para algunos autores, este término evita dos ambigüedades que se manifiestan en el uso del término concepciones alternativas: a) la implicancia que el sujeto posee a los menos dos ideas alternativas, escogiendo la mejor de ellas, y b) la falta de precisión en el por qué las concepciones alternativas son aplicables en contextos más restringidos que las concepciones científicas, que son más generales.

Mora y Herrera [35] eligen, precisamente, el término ideas previas para referirse a las concepciones que los estudiantes tienen de los conceptos científicos y señalan los siguientes elementos como característicos de tales ideas. Estas descripciones son comunes a las diferentes terminologías utilizadas por los diferentes investigadores:

- a) Se encuentran presentes de manera semejante en diversas edades, géneros y culturas.
- b) Son de carácter implícito, esto es, en la mayoría de los casos las personas no son conscientes de sus ideas y explicaciones.
- c) Por lo general, se encuentran indiferenciadas de otros conceptos por lo que presentan confusiones cuando son aplicadas a situaciones específicas.
- d) La mayoría son elaboradas a partir de un razonamiento causal directo (el cambio es directamente proporcional al cambio en su causa).
- e) Las ideas previas en una misma persona pueden ser contradictorias cuando se aplican a contextos diferentes.
- f) Son persistentes, es decir, no se modifican fácilmente por medio de la enseñanza tradicional de la ciencia, incluso cuando la instrucción es reiterada.
- g) Se originan a partir de las experiencias de las personas con relación a fenómenos cotidianos, a la correspondencia de interpretación con sus pares y a la enseñanza que se ha recibido en la escuela.
- h) Interfiere con la instrucción científica.
- i) Parecen dotadas de cierta coherencia interna.

III. DEFINICIÓN DE CATEGORÍAS

De lo expuesto en la sección anterior, se deduce que existen múltiples investigaciones sobre las concepciones de los alumnos, investigaciones que guardan relación, entre otras cosas, con la corrección, el origen, el nivel de estructuración y el grado de persistencia de tales ideas. No obstante, se proponen las siguientes categorías, que por un lado recogen elementos de los estudios ya expuestos y por otro, incorporan elementos de completitud y “extensión” del concepto alternativo.

a) *Concepciones erróneas.*

Son aquellas concepciones que se contradicen con el significado que la ciencia asigna como correcto a los

conceptos. Se pueden citar como ejemplos, en mecánica, el vincular directamente el concepto de fuerza con el de energía, al señalar que fuerza es como una energía ejercida sobre un cuerpo, Ramírez, González y Miranda [36] o en el caso del sonido, creer que éste se propaga producto del desplazamiento de las partículas del aire, Pejuan *et al.* [10].

b) Concepciones correctas.

Se considerarán concepciones correctas a aquellas concepciones que no entran en contradicción con las teorías científicas y son completas en cierto nivel educativo.

c) Concepciones parciales o incompletas.

Que una idea sea parcial o incompleta no significa que sea incorrecta o carente de significado, sino más bien que corresponde a una parte del todo. Desde este punto de vista se considerará “concepción parcial” a aquella que, siendo correcta, no es enteramente completa en cierto nivel.

La diferenciación de la terminología “concepción correcta” y “concepción parcial” radica en la completitud de ella. Así, por ejemplo, según los planes y programas de enseñanza básica en Chile, se espera que los estudiantes describan el concepto de fuerza en términos de los cambios que puede generar en el estado de movimiento de los cuerpos, ya sea que provoque un cambio en la rapidez o un cambio en la dirección o un cambio en ambas características (sin manejar el concepto de aceleración). Luego, si la pregunta es “¿Explique qué entiende por fuerza?” y la respuesta de un alumno que se incorpora a la enseñanza media es “la fuerza es una acción que provoca que un cuerpo aumente o disminuya su rapidez o que cambie su dirección o ambas cosas”, tal respuesta denota una concepción correcta del concepto; sin embargo, si la respuesta fuera “la fuerza es una acción que provoca que un cuerpo aumente o disminuya su rapidez ” a pesar de ser verdadera no es completa, pues sólo considera uno de los cambios que puede producir en el estado del movimiento. Debiese, por tanto, ser considerada una concepción parcial.

Notar que una concepción correcta puede dar paso a una concepción parcial al progresar en el nivel educativo. Así, pues, si se considera la respuesta “la fuerza es una acción que provoca que un cuerpo aumente o disminuya su rapidez o que cambie su dirección o ambas cosas”, pero ahora dada por un estudiante que se incorpora a la vida universitaria, tal respuesta denota una concepción parcial, pues se espera que después de haber cursado la enseñanza media ya esté en condiciones de describir la fuerza también en términos vectoriales.

Particularmente, en el caso del sonido, donde se espera que el estudiante describa el sonido como una onda longitudinal que requiere de un medio para propagarse, si éste responde tan sólo que el sonido es una onda que requiere de un medio para propagarse, entonces tal respuesta denota una concepción parcial.

d) Concepciones alternativas.

Wandersee, Mintzes y Novak [19] consideran el término “concepciones alternativas” como el más adecuado para referirse a las concepciones que poseen los estudiantes mediante las cuales pueden interpretar ciertos fenómenos.

Una observación que se le hace al uso de este término es que sugiere la existencia de al menos dos ideas, de las cuales, el estudiante escoge la que brinda una mejor explicación de algún fenómeno, lo que no ocurre normalmente. De ahí la adopción, por parte de algunos investigadores, del término “ideas previas”.

Sin embargo, en esta investigación, se considerará como concepción alternativa aquella que, no perteneciendo al ámbito de la física, es igualmente correcta, sólo que es propia de otro ámbito del conocimiento. Por ejemplo, en relación al sonido, considerar que éste corresponde a una sensación auditiva, debe considerarse como una concepción alternativa, pues desde el punto de vista psicoacústico, el sonido se analiza como una percepción auditiva.

IV. METODOLOGÍA

Se elaboró una encuesta con 15 preguntas abiertas destinadas a obtener información referida a las concepciones que los estudiantes de las carreras de salud de la Universidad Austral de Chile Sede Puerto Montt (Fonoaudiología y Tecnología Médica) tienen en relación a qué es el sonido y a los fenómenos de reflexión y refracción, tanto en su aspecto conceptual como en algunos aspectos de su especialidad. El hecho de elaborarla surge de la ausencia de instrumentos validados que permitan la obtención de información relativa a estos fenómenos en particular.

El trabajo más cercano es el realizado por Aiziczon y Cudmani [8], donde se indaga sobre el sonido desde la perspectiva de la audición y la contaminación ambiental, mediante encuestas aplicadas a alumnos de medicina de la Universidad Nacional de Tucumán, Argentina. Así, pues, se hizo necesario elaborar un instrumento que permitiera obtener la información deseada. La percepción personal y la de los pares consultados (profesores de la Universidad Austral de Chile) tendió a coincidir en que el conocimiento de los estudiantes es vago o poco preciso respecto a ondas en general y a sonido en particular. Algunas de las impresiones señaladas por los pares fueron las siguientes “*en particular de los (fenómenos) que tu mencionas no creo que tengan claridad, tal vez podrían decir algo, tener una idea vaga respecto de la reflexión porque es algo que está más relacionado con su vida diaria a través de lo que es el eco*”, “*tienen problemas con el concepto de vacío y que el sonido no se propaga por el vacío*”. Una observación que también se repitió en los comentarios es el periodo de tiempo transcurrido entre el estudio del sonido en la enseñanza media y la revisión de estos mismos contenidos en la universidad lo que incidiría en la retención de los conceptos.

Basado entonces en esta percepción y en la falta de instrumentos de recolección de información relativa al tema de esta investigación, se procedió a elaborar una encuesta que originalmente contenía 12 preguntas, las que fueron sometidas a la consideración de expertos (doctores del área de la Física Educativa) quienes sugirieron incluir algunas preguntas que tuvieran conexión con el ámbito de

formación de los estudiantes. Así se incluyeron tres preguntas más, resultando una encuesta de 15 preguntas (Anexo 1).

La pregunta número 1 busca conocer que entienden los estudiantes por sonido; las preguntas, desde la número 2 hasta la número 7, tienen el propósito de recoger información en relación a la reflexión del sonido; las preguntas 8, 9, 10 y 11 pretenden indagar sobre la refracción del sonido; la pregunta 12 sobre sonidos no audibles; y las preguntas 13, 14 y 15 a la presencia de la reflexión y la refracción del sonido en situaciones ligadas al ámbito de la salud.

La encuesta fue aplicada a dos generaciones distintas de estudiantes de las carreras de Tecnología Médica y Fonoaudiología de la Universidad Austral de Chile en su Sede Puerto Montt: la generación correspondiente al año 2014 (cuyo año de ingreso a la universidad fue el 2013) y la generación correspondiente al año 2015, cuyo año de ingreso fue el 2014. Fue respondida por 75 alumnos(as) el primer año y por 93 el segundo. El tiempo que tardaron en responderla fue, en promedio, 30 minutos.

Las edades de los alumnos se situaron principalmente en los 19 y 20 años. El año 2014, un 41 % tuvo 19 años y un 30 % 20 años; el año 2015, quienes tuvieron 19 años fue un 52 %, y quienes tuvieron 20 años fue un 25 %.

La distribución por género fue un 27 % de hombres y un 73 % de mujeres el año 2014, y un 32 % de hombres y un 68 % de mujeres el año 2015.

La procedencia académica de los estudiantes fue, en su mayoría, de colegios particulares subvencionados y de colegios municipales. El año 2014, un 63% de los estudiantes provino de colegios particulares subvencionados y un 33 % de colegios municipales, y el año 2015, un 57 % procedió de colegios particulares subvencionados y un 39 % de colegios municipales.

Dado que, al finalizar el segundo año de enseñanza media, los estudiantes, de acuerdo a sus intereses, deben escoger un plan diferenciado de formación, la asignatura de física deja de ser obligatoria para todos alumnos. Se observa que dentro de los planes diferenciados científicos que ofrecen los colegios, en general, se combina Matemática con Física y Biología con Química, de tal manera que los alumnos con intereses en el área de la salud dejan de cursar la asignatura de física a partir del tercer año de enseñanza media.

Por lo demás, en la Universidad Austral de Chile, sede Puerto Montt, las carreras de Tecnología Médica y Fonoaudiología tienen la asignatura de "Acústica" en el quinto semestre de su plan de estudios, lo que implica que han pasado por lo menos cinco años en que no han cursado una asignatura en la cual estudien conceptos asociados al sonido.

V. ANÁLISIS Y RESULTADOS

En esta sección se hace un análisis pregunta a pregunta de acuerdo a la idea general expresada en cada una de las respuestas. En relación a la pregunta N° 1 se puede observar que la mayoría reconoce al sonido como una onda, sin

embargo la descripción que dan de ella es imprecisa e incompleta; no hay mayor mención a la naturaleza mecánica del sonido ni que corresponde a una onda longitudinal ni a los cambios de presión que genera en el medio. Desde este punto de vista se puede afirmar que tienen una concepción básica e incompleta del sonido. También se puede afirmar que tienen una idea alternativa del sonido en cuanto lo asocian a la sensación auditiva, lo que no podría considerarse una concepción errónea, sino más bien ligada al ámbito de la salud. Llama la atención la expresión onda vibratoria u onda de vibración, que reflejaría una confusión entre onda y vibración.

La pregunta número dos y la pregunta número siete debiesen ser analizadas en forma conjunta. De las respuestas dadas a la pregunta número dos se observa que los estudiantes al utilizar las expresiones "rebotar" y "chocar y devolverse" tienen una noción básica del proceso de reflexión. Las respuestas dadas a la pregunta número siete muestran que un alto porcentaje piensa que cambia la dirección de propagación (lo que sería correcto, aunque nadie hace algún comentario en relación a los ángulos de incidencia y reflexión y a los casos cuando en que la incidencia es normal a la superficie, en donde, de acuerdo a la concepción que se tenga de dirección, no habría un cambio de ésta) pero que también se modifican las otras características. Esto corresponde a una concepción errónea.

Las respuestas dadas a la pregunta seis reflejan una confusión en relación a la tonalidad de los sonidos reflejados. Si bien es cierto, un tercio de los que contestaron considera que el sonido no modifica su tonalidad al reflejarse, llama la atención el gran porcentaje de estudiantes que piensa que el sonido cambia de tonalidad cuando se refleja, ya sea que se hace más grave o más aguda. Esto constituye una concepción errónea.

El eco y la reverberación son ejemplos de reflexión que debiesen conocer pues están insertos en su educación secundaria, no obstante, este último es prácticamente desconocido. La concepción que tienen del eco parece ser básica, pues señalan, a su modo, que el sonido debe reflejarse, pero no hacen mención de una incidencia normal y de una distancia mínima.

El porcentaje de respuestas a las preguntas relativas a la refracción fue bajo, aun así, considerando las respuestas existentes, se observa que asocian la refracción del sonido al cambio de medio o al cambio en la dirección de propagación. Estas respuestas son complementadas con las respuestas de la pregunta once, donde se observa una confusión en considerar las características que se modifican: señalan un cambio en la dirección de propagación (lo que en rigor es incorrecto) y muy pocos mencionan un cambio en la rapidez y en la longitud de onda, que es correcto. Señalan, en cambio, que sí cambia la frecuencia, lo que es erróneo.

Las respuestas dadas a la pregunta nueve fueron muy pocas y reflejan un desconocimiento de ejemplos de refracción del sonido. Los escasos ejemplos citados, más bien corresponden a situaciones de propagación, reflexión o difracción del sonido.

Al igual que lo sucedido en la reflexión, llama la atención que sostuvieran que el sonido no conserva su tonalidad al refractarse, más del 50% de los estudiantes que respondieron se inclinan por indicar que el sonido no conserva su tonalidad. También acá hay una concepción errónea.

En relación a la pregunta número doce, pareciera ser que resultó ambigua en su formulación, pues no se especifica qué se entiende por propiedad. Quienes respondieron que no se verifican las propiedades, al parecer, consideraron la frecuencia como una propiedad y como evidenciaron saber que el sonido no audible se encuentra en un rango de frecuencias distinto al audible, entonces concluyeron que no se cumplían; otros, en cambio, respondieron que sí se verificaban las mismas propiedades, pues sólo el sonido no audible, se diferencia del audible por la frecuencia. Sin embargo, puede constituir una concepción incorrecta el pensar que se diferencian por la intensidad

El ecógrafo tal vez sea uno de los equipos médicos relacionado con el sonido más conocido, sin embargo, el conocimiento de su funcionamiento es mínimo. En general no hay referencias al ultrasonido ni a su generación y el único fenómeno mencionado es la reflexión, no considerando la refracción que también está presente.

En relación a los procesos de fonación y audición el número de respuestas fue muy escaso, lo que podría indicar un desconocimiento de ellos. Las pocas respuestas que hubo expresaron, en general, que estaban presentes ambos fenómenos, pero sin mayores explicaciones de cómo y dónde se producían.

A. Categorización de los conceptos

Considerando las respuestas dadas a cada una de las preguntas y las categorías establecidas en la sección III, se construyeron dos tablas. La primera donde por pregunta se analiza y justifica la idea detectada, y la segunda donde se presenta un cuadro resumen de las ideas detectadas, según su categoría.

Tabla I. Concepciones encontradas, según cada pregunta

Pregunta(s)	Concepciones encontradas
1	<ul style="list-style-type: none"> El sonido es una onda. Corresponde a una concepción parcial, dado que es correcta pero incompleta en su nivel. Nadie hizo mención alguna del carácter mecánico longitudinal del sonido. El sonido es una sensación auditiva. Constituye una concepción alternativa, pues, desde un punto de vista psicoacústico es correcto. El sonido es una onda vibratoria. Corresponde a una concepción errada, al confundir onda con vibración.
2	<ul style="list-style-type: none"> La reflexión se produce cuando la onda incide sobre un obstáculo o un medio y se devuelve. Es una concepción parcial pues es correcta en su origen, pero no completa al no señalar, a lo menos, la modificación de

	dirección (debidamente justificada) * que experimenta el sonido.
3 y 4	<ul style="list-style-type: none"> El eco es un caso de reflexión del sonido. Corresponde una concepción parcial pues no hay referencia alguna a la distancia mínima y a la reflexión normal en el obstáculo.
5	<ul style="list-style-type: none"> Existe una variedad de respuestas que no permiten establecer una tendencia.
6	<ul style="list-style-type: none"> El sonido mantiene el tono cuando se refleja, no se escucha ni más agudo, ni más grave. Constituye una concepción correcta, pues la frecuencia del sonido no se modifica en los procesos de reflexión. El sonido se escucha más grave cuando se refleja. Es una concepción errónea, el tono se mantiene, pues la frecuencia del sonido no se modifica. El sonido se escucha más agudo cuando se refleja. Corresponde a una concepción errónea, el tono se mantiene, pues la frecuencia del sonido no se modifica.
7	<ul style="list-style-type: none"> Cuando el sonido se refleja ve modificada una o varias de las siguientes propiedades: frecuencia, periodo, longitud de onda, intensidad, rapidez de propagación, dirección de propagación. Constituye una concepción errónea, al considerar que además de la dirección de propagación (debidamente justificada) * se modifican otras características del sonido.
8	<ul style="list-style-type: none"> La refracción ocurre cuando la onda experimenta un cambio de medio. Corresponde a una concepción parcial, pues está la noción de cambio de medio, pero no hay claridad que características de la onda se modifican
9	<ul style="list-style-type: none"> Las respuestas son diversas, no constituyen ejemplos de refracción y no indican una tendencia.
10	<ul style="list-style-type: none"> El sonido mantiene el tono cuando se refracta, no se escucha ni más agudo, ni más grave. Es una concepción correcta, dado que la frecuencia del sonido no se ve alterada en los procesos de refracción. El sonido se escucha más grave cuando se refracta. Concepción errónea, el tono se mantiene, pues la frecuencia del sonido no se modifica cuanto éste se refracta. El sonido se escucha más agudo cuando se refleja. Concepción errónea, el tono se mantiene, pues la frecuencia del sonido no se modifica.
11	<ul style="list-style-type: none"> Cuando la onda se refracta se modifica la dirección de propagación. Es una concepción errónea, pues no siempre experimenta un cambio en la dirección de propagación (cuando la refracción se produce en forma normal a la superficie de separación)
12	<ul style="list-style-type: none"> En sonidos no audibles se cumplen las mismas propiedades que en el sonido audible. Concepción correcta, pues el sonido no audible se refleja, refracta, interfiere, etc. En sonidos no audibles no se cumplen las

	mismas propiedades puesto que la intensidad de los sonidos no audibles es diferente a la de los audibles. Constituye una concepción errónea, al asociar la intensidad del ultrasonido como causa de la "imperceptibilidad" de estos. También es posible pensar que asocien intensidad con frecuencia.
13	<ul style="list-style-type: none"> Las respuestas son variadas, no marcan una tendencia y reflejan un desconocimiento del funcionamiento del ecógrafo.
14	<ul style="list-style-type: none"> En el proceso de fonación están presentes los fenómenos de reflexión y refracción. Constituye una concepción parcial pues los estudiantes tienen la noción que esos dos fenómenos están presentes, pero no saben cómo.
15	<ul style="list-style-type: none"> En el proceso auditivo están presentes los fenómenos de reflexión y refracción. Constituye una concepción parcial, dado que los estudiantes tienen la noción que esos dos fenómenos están presentes, pero no tienen claridad cómo.

* Cuando la incidencia es normal a la superficie, la reflexión también lo es; luego, de acuerdo a la concepción del lector, se puede hablar de dirección contraria, en cuyo caso sí cambia la dirección, o bien de igual dirección y sentido opuesto. De ahí el paréntesis, que señala "debidamente justificada"

Tabla II. Cuadro resumen de ideas según su categoría.

Concepciones erróneas	Concepciones correctas
<ul style="list-style-type: none"> El sonido es una onda vibratoria. El sonido se escucha más grave cuando se refleja. El sonido se escucha más agudo cuando se refleja. Cuando el sonido se refleja ve modificada una o varias de las siguientes propiedades: frecuencia, periodo, longitud de onda, intensidad, rapidez de propagación, dirección de propagación. Cuando una onda se refracta se quiebra o se desvía. El sonido se hace más agudo cuando se refracta. El sonido se hace más grave cuando se refracta. Cuando la onda se refracta se modifica la dirección de propagación. En sonidos no audibles no se cumplen las mismas propiedades puesto que la intensidad de los sonidos no audibles es diferente a la de los audibles 	<ul style="list-style-type: none"> El sonido mantiene el tono cuando se refleja, no se escucha ni más agudo, ni más grave. El sonido mantiene el tono cuando se refracta, no se escucha ni más agudo, ni más grave. En sonidos no audibles se cumplen las mismas propiedades que en el sonido audible. En el proceso de fonación están presentes los fenómenos de reflexión y refracción. En el proceso auditivo están presentes los fenómenos de reflexión y refracción.

Concepciones parciales	Concepciones alternativas
<ul style="list-style-type: none"> El sonido es una onda. La reflexión se produce cuando el sonido choca con un obstáculo y se devuelve. El eco es un caso de reflexión del sonido. La refracción ocurre cuando la onda experimenta un cambio de medio. 	<ul style="list-style-type: none"> El sonido es una sensación auditiva.

VI. CONCLUSIONES

En este trabajo se investigaron las concepciones previas que los alumnos de las carreras de Ciencias de la Salud de la Universidad Austral de Chile, Sede Puerto Montt, tienen en relación a la reflexión y refracción del sonido al inicio de su formación académica en física.

En relación a la reflexión, la mayoría reconoció que para la ocurrencia de este fenómeno es necesario que el sonido incida sobre una superficie y producto de ello se devuelva por el mismo medio de propagación; sin embargo, existe confusión en cuanto a las características que se ven modificadas. Señalaron que se produce un cambio en la dirección de propagación (lo que debidamente justificado es cierto) pero no cómo se produce y que también se modifican o la frecuencia o el periodo o la rapidez o la longitud de onda o la intensidad o una combinación de las anteriores. También indicaron que el tono del sonido se ve modificado al reflejarse.

En relación al eco y a la reverberación, el eco resultó conocido, pero no la distancia mínima necesaria para que se produzca, ni tampoco la reflexión normal que en rigor debe producirse para que el sonido regrese al emisor y se perciba el eco. La reverberación resultó un fenómeno prácticamente desconocido.

En relación a la refracción se observó que la asociaron con el cambio de medio que puede experimentar el sonido en su propagación, pero no mostraron claridad sobre cuales características se ven modificadas. Una respuesta recurrente fue que la onda, modifica su dirección al refractarse, lo que estrictamente no es correcto y, en general, las respuestas combinaron características que no cambian con otras que sí lo hacen, como por ejemplo considerar que se modifica la frecuencia junto con la longitud de onda. Así también con respecto a la tonalidad, un porcentaje significativo consideró que cambia al producirse la refracción.

Se observó también un escaso número de respuestas relativas a la ocurrencia de los fenómenos de reflexión y refracción en los procesos de fonación y audición, lo que podría indicar un desconocimiento de si estos fenómenos están o no presentes en los procesos señalados.

Con respecto a las definiciones establecidas fue posible categorizar cada una de las respuestas encontrándose nueve concepciones erróneas, cinco concepciones correctas,

cuatro concepciones parciales y una concepción alternativa. Se incluyen también aquí algunas concepciones relativas a la naturaleza del sonido.

Otro aspecto importante fue que la encuesta se aplicó a dos generaciones consecutivas, advirtiéndose que las respuestas fueron bastante similares, tanto en el tipo como en el número de respuestas a cada una de las preguntas. Esto verifica lo expresado por varios investigadores en relación a que las concepciones de los estudiantes se encuentran presentes de manera semejante en diversas edades, género y culturas.

Por último, sobre la base de los resultados obtenidos en este trabajo, se sugiere la elaboración de un instrumento estadísticamente validado que permita medir el grado de comprensión de los fenómenos sonoros. Tal instrumento podría estar constituido por preguntas de selección múltiple cuyas opciones distractoras involucren las concepciones erróneas detectadas en este trabajo. También resultaría de utilidad diseñar una secuencia didáctica que permita abordar las concepciones erróneas y/o parciales con el fin de alcanzar un adecuado nivel de comprensión de los conceptos asociados a tales concepciones.

REFERENCIAS

[1] Boyes, E. y Stanisstreet, M., *Development of pupils' ideas about seeing and hearing – The path of light and sound*. Research in Science and Technology Education **9**, 223–251 (1991).

[2] Asoko, H., Leach, J., Scott, P., *A study of students' understanding of sound 5-16 as an example of action research*, Paper presented at the Annual Conference of the British Educational Research Association at Roehampton Institute, London, (1991).

[3] Russell, I. *Visiting a science center: What's on offer*, Physics Education **25**, 213-214 (1990).

[4] Saura, O. y De Pro, A., *¿Utilizan los alumnos esquemas conceptuales en la interpretación del sonido?*, Enseñanza de las Ciencias **17**, 193-210 (1999).

[5] Chang, H., *Investigating Primary and Secondary Students' Learning of Physics Concepts in Taiwan*, International Journal of Science Education **29**, 465–482 (2007).

[6] Reiner, M., Slotta, J. D., Chi, M. T. H., & Resnick, L. B., *Naïve physics reasoning: A commitment to substance-based conceptions*. Cognition and Instruction **18**, 1–34 (2000).

[7] Eshach, H. & Schwartz, J., *Sound Stuff? Naïve materialism in middle-school student's conceptions of sound*. International Journal of Science Education **28**, 733-764 (2006).

[8] Aiziczon, B., Cudmani, L., *Ondas, sonido y audición: Ideas previas de los estudiantes en ciencias médicas*. Cad. Bras. Ens. Fís. **24**, 360-399 (2007).

[9] Hrepic, Z., Zollman, D. & Rebello, N., *Identifying students' mental models of sound propagation: The role of conceptual blending in understanding conceptual change*, Phys. Rev. St Phys. Educ. **6**, 020114 (2010).

Lat. Am. J. Phys. Educ. Vol. 10, No. 3, Sept. 2016

[10] Pejuan, A., Bohigas, X., Jaén X., Periago, C., *Misconceptions About Sound Among Engineering Students*, J. Sci. Educ. Technol. **21**, 669-685 (2012).

[11] Llancaqueo, A., Caballero, M. & Alonso, P., *Conocimiento previo en física de estudiantes de ingeniería*, Enseñanza de las Ciencias **25**, 205-216 (2007).

[12] Mora, L., *La metodología indagatoria como herramienta para explicitar preconcepciones sobre orientaciones espaciales en estudiantes de pedagogía en ciencias*, Rev. Col. Fis. **43**, 577-582 (2011).

[13] Cubero, R., *Concepciones alternativas, preconcepciones, errores conceptuales... ¿distinta terminología y un mismo significado?*, Inv. Escuela **23**, 33-42 (1994).

[14] Sánchez, L., *Diversos términos sobre el conocimiento lego del alumno: ¿uno o varios significados?*, Perfiles Educativos **XXIV**, 26-37 (2002).

[15] Herrera, D., *Ideas previas sobre el concepto de fuerza*. Tesina para obtener el título de especialidad en Física Educativa. Instituto Politécnico Nacional, México (2009).

[16] Clement, J., Brown, O. & Zietsman, A., *Not all pre-conceptions are misconceptions: finding 'anchoring conceptions' for grounding instruction on students' intuitions*, International Journal of Science Education **11**, 554-565 (1989).

[17] Driver, R. & Bell, B., *Students' thinking and the leaning of science: A constructivist view*, School Science Review No 67, 443-456 (1986).

[18] Stepan, J., *Developmental patterns in students' understanding of physics concepts*. En S. M. Glynn, R. H. Yeanny y B. K. Britton (eds.), *The psychology of learning science*, (Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, Nueva Jersey, 1991).

[19] Wandersee, J, Mintzes, J. & Novak, J., *Research on alternative conceptions in science*. En D. L. Gabel (ed.), *Handbook of research on science teaching and learning*, (MacMillan Publishing, Nueva York, 1994).

[20] Driver, R. & Erickson, G., *Theories-in-action: some theoretical and empirical issues in the study of students' conceptual frameworks in science*, Studies in Science Education, No 10, 37-60 (1983).

[21] Driver, R., *Students' conceptions and learning of science*, International Journal of Science Education **11**, 481-490 (1989).

[22] Rodrigo, M., *Representaciones y procesos en las teorías implícitas*". En M. J. Rodrigo, A. Rodríguez y J. Marrero (eds.), *Las teorías implícitas: una aproximación al conocimiento cotidiano*, (Visor, Madrid, 1993).

[23] Vosniadou, S., *Capturing and modeling the process of conceptual change*, Learning and Instruction **4**, 45-69 (1994).

[24] Halloun, I. & Hestenes, D., *Common sense concepts about motion*, American Journal of Physics **53**, 1056-1065 (1985).

[25] Finegold, M. & Gorsky, P., *Students' concept of force as applied to related physical systems: a search for consistency*, International Journal of Science Education **13**, 97-113 (1991).

[26] Carrascosa, J & Gil D., *La metodología de la superficialidad en el aprendizaje de las ciencias*, <http://www.lajpe.org>

Enseñanza de las Ciencias **3**, 113-120 (1985)

[27] Cudmani, L. & Cudmani, C., *Física básica: incidencia de la instrucción sobre los errores conceptuales*. Enseñanza de las Ciencias **6**, 161-166 (1988).

[28] Piaget, J., *Los estadios del desarrollo intelectual del niño y el adolescente*. En J. Piaget, P. Osterrieth y H. Wallon, *Los estadios en la psicología del niño*, (Nueva Visión, Buenos Aires, 1971).

[29] Ausubel, D., *Psicología Educativa. Un punto de vista cognoscitivo*, (Trillas, México, 1980).

[30] Giordan, A., *Los conceptos de biología adquiridos en el proceso de aprendizaje*. Enseñanza de las Ciencias **5**, 105-110 (1987).

[31] Rodrigo, M., *Las teorías implícitas en el conocimiento social*, en: *Infancia y Aprendizaje* **31-32**, 145-156 (1985).

[32] Johnson-Laird, P., *Mental models*, (Cambridge University Press, Cambridge, 1983).

[33] Johnson-Laird, P., *El ordenador y la mente, Introducción a la ciencia cognitiva*, (Paidós, Barcelona, 1990).

[34] van Dijk, T. & Kintsch, W., *Strategies of discourse comprehension*, (Academic Press, Nueva York, 1983)

[35] Mora, C. & Herrera, D., *Una revisión sobre ideas previas del concepto de fuerza*, *Lat. Am. J. Phys. Educ.* **3**, 72-86 (2009).

[36] Ramírez, M., González, G. & Miranda, I., *Detección y análisis de errores conceptuales en estudiantes de física de nivel universitario utilizando el sistema 4MAT*, *Lat. Am. J. Phys. Educ.* **3**, 92-101 (2009).

ENCUESTA

Esta encuesta es completamente anónima y sólo tiene por objetivo mejorar los procesos de enseñanza – aprendizaje. Se le ruega contestarla con la mayor seriedad posible.

Muchas gracias.

1. Explique qué entiende por sonido.
2. Explique en qué consiste la reflexión del sonido.
3. Señale algunos ejemplos donde se observe la reflexión del sonido.
4. ¿En qué consiste el eco?
5. ¿Qué es la reverberación?
6. ¿Si un sonido se refleja, entonces se escucha más agudo, más grave o igual que el sonido original?
7. Indique cuál o cuáles de las siguientes características del sonido cambia cuando éste se refleja: frecuencia, periodo, longitud de onda, intensidad, rapidez de propagación, dirección de propagación. Señale además en qué consiste este cambio si es que lo hay.
8. Explique el proceso de refracción del sonido.
9. Señale algunos ejemplos donde se manifieste la refracción del sonido.
10. Si un sonido se refracta, ¿se hace más agudo, más grave o no experimenta variación en su tonalidad?
11. De las siguientes características del sonido: frecuencia, periodo, longitud de onda, intensidad, rapidez de propagación, dirección de propagación, indique cuál o cuáles de ellas experimentan un cambio cuando el sonido se refracta y en qué consiste este cambio.
12. En los sonidos que no son audibles por el ser humano, ¿se cumplen las mismas propiedades que en el sonido audible?. Explique.
13. Desde el punto del vista del sonido, explique como funciona un ecógrafo (instrumento mediante el cual se obtienen ecografías)
14. ¿En el proceso de fonación están presentes los fenómenos de reflexión y refracción?. Explique.
15. ¿En el proceso auditivo es posible que ocurra la reflexión y/o refracción?. Explique.