

Construcción de un test sobre fenómenos sonoros orientado a estudiantes de ciencias de la salud

Jhonny Medina Paredes
Universidad Austral de Chile, Puerto Montt
Mario Humberto Ramírez Días
CICATA Legaria del IPN

Resumen

En este trabajo se presenta el proceso de elaboración de un test que busca indagar sobre la comprensión de los fenómenos de reflexión y refracción del sonido, orientado a estudiantes de ciencias de la salud. Para tal efecto, primeramente, se elaboró y aplicó una encuesta para conocer las concepciones de los estudiantes acerca de estos dos fenómenos. Con tales antecedentes, se procedió a construir un test compuesto por 30 preguntas de opción múltiple y de respuesta única, que se implementó en línea; dicha versión fue evaluada por expertos. El análisis de la evaluación permitió hacer las correcciones pertinentes y obtener una versión del test validada por expertos.

Palabras clave

Ciencias de la salud, enseñanza de la física, evaluación del aprendizaje, conocimientos previos, técnicas de evaluación, validez de pruebas.

A test design on sonorous phenomena addressed to students of Health Sciences

Abstract

This paper presents the process of designing a test to inquire the understanding of the phenomena of reflection and refraction of sound, among students of Health Sciences. For this purpose, firstly, a survey was elaborated and applied to know the conceptions of the students about these two phenomena. Secondly, a test was made of 30 multiple choice questions of a single answer –such version was evaluated by experts. The analysis of that evaluation allowed to make the pertinent corrections and obtain a version of the test validated by experts.

Keywords

Health Sciences, teaching physics, learning assessment, previous knowledge, evaluation techniques, validity of tests.

Recibido: 23/03/18
Aceptado: 04/11/2018

Introducción

Las ciencias de la salud están constituidas por una serie de disciplinas que buscan profundizar en aquellos conocimientos que permitan prevenir enfermedades y promover la salud en forma individual y colectiva. Para tal propósito, estas disciplinas hacen uso de otras ciencias, tales como la biología, la química y la física. Particularmente, la relación entre las ciencias de la salud y la física se manifiesta en la optometría, otorrinolaringología, fonoaudiología, etc. Así, por ejemplo, para entender la formación de imágenes en el sistema visual es esencial comprender conceptos que propios de la óptica geométrica, como son la propagación rectilínea de la luz y la formación de imágenes en lentes convergentes. De la misma manera, para comprender el proceso de audición en su conjunto, es necesario entender dos conceptos asociados a la naturaleza del sonido, su propagación y fenómenos que este experimenta: la reflexión y la refracción. Es esta relación entre conceptos físicos y procesos fisiológicos que son estudiados en las ciencias de la salud, lo que hace conveniente la inclusión de los primeros en la formación académica de estudiantes de carreras de esta área.

Física en planes de estudio de las carreras de ciencias de la salud

Es posible observar que carreras de ciencias de la salud tienen incluidos cursos de física en sus planes de estudio, y otras integran conceptos físicos en cursos de su especialidad. Así, por ejemplo, el plan de estudios de la carrera de Medicina en la Universidad de Sevilla contempla la asignatura de Física Médica, que incorpora los siguientes contenidos: 1. Introducción. 2. Estructura de la materia, radiación y su interacción con el medio. 3. Producción de los rayos X y fundamentos del radiodiagnóstico. 4. Protección radiológica. 5. Tomografía axial computarizada (TAC) 6. Medicina nuclear diagnóstica. 7. Resonancia magnética nuclear (RMN) 8. Ultrasonidos. 9. Radioterapia. 10. La luz en medicina. 11. Biomecánica del sólido rígido. 12. Biomecánica del sólido deformable. 13. Fluidos. 14. Biofísica del aparato circulatorio. 15. Biofísica del aparato respiratorio. 16. Fenómenos eléctricos. 17. Bases físicas de la electrocardiografía.

También se puede mencionar la carrera de Tecnología Médica, mención Otorrinolaringología, de la Universidad Austral de Chile, cuyo plan de estudios incluye la asignatura Física Acústica. Esta asignatura incorpora los siguientes contenidos: Unidad 1: Oscilaciones, ondas y ondas sonoras. Movimiento armónico simple. Concepto de onda. Energía del movimiento ondulatorio. Fenómenos ondulatorios: transmisión, reflexión, refracción, difracción, interferencia, resonancia. Propiedades elásticas de

sólidos y fluidos. Reverberación. Fuentes productoras de sonido. Características del sonido: tono, timbre, intensidad. Fenómenos ondulatorios en el sonido. Efecto Doppler. Decibel y presión sonora. Unidad 2: Acústica. El oído humano. Percepción del sonido. Umbrales relativos y absolutos. Sonido versus ruido. Localización y lateralización del sonido. Conceptos de impedancia acústica, admitancia y complianza. Acústica del habla. Inteligibilidad y percepción de la palabra. Unidad 3: Instrumentación acústica y sus fundamentos físicos. Principios de electroacústica. Transductores electroacústicos. Transformada rápida de Fourier. Análisis espectral de señales acústicas. Funcionamiento de los amplificadores operacionales. Atenuadores, osciladores y filtros. Tipos de señales. Transformación A-D y D-A.

Concepto de evaluación y test de opción múltiple

Ineludiblemente ligada al estudio de los conceptos físicos involucrados en los diversos planes de estudio, está la evaluación de los mismos. Aun cuando el concepto de evaluación no tiene definición única y las concepciones varían de acuerdo con las posiciones de los investigadores, es inevitable hablar de aspectos cuantitativos y aspectos cualitativos como elementos constituyentes y complementarios del proceso evaluativo. La evaluación “debe privilegiar aquellos aspectos que den cuenta, de manera significativa, de los fenómenos o situaciones observados para comprenderlos en su totalidad” (Córdova, 2006, p. 3). Lo anterior quiere decir que la evaluación debe tener un fuerte componente cualitativo, sin descuidar aquellos aspectos cuantitativos que permitan comprender de manera más completa las situaciones que se estudian.

Señala Bao (1999) que el objetivo primordial de la investigación en educación en física es comprender los obstáculos que deben enfrentar los estudiantes en el aprendizaje de esa ciencia y encontrar maneras de auxiliarles para alcanzarlo. Normalmente esta investigación considera los siguientes elementos:

- ▶ Desarrollo teórico sobre teorías para modelar el proceso de aprendizaje,
- ▶ especialmente el aprendizaje conceptual que tiene lugar en el contexto del aprendizaje de la física.
- ▶ Investigaciones detalladas de las dificultades de los estudiantes en el aprendizaje de temas específicos de la física.
- ▶ Desarrollo de instrumentos de sondeo que puedan proporcionar mediciones confiables y efectivas sobre los diversos aspectos de la comprensión de la física por parte de los estudiantes.
- ▶ Desarrollo e implementación de nuevas estrategias de instrucción que puedan proporcionar a los estudiantes un ambiente de aprendizaje más efectivo,

- ▶ Desarrollo de herramientas y métodos de evaluación que pueden hacer un procesamiento efectivo de los datos para proporcionar evaluaciones precisas y completas de los entendimientos de los estudiantes (p. 1).

En materia de ciencia cognitiva, los investigadores han desarrollado teorías con el propósito de modelar el aprendizaje en general, cosa que muchos físicos también han hecho con el fin de estudiar las dificultades que deben enfrentar los estudiantes en el aprendizaje de la física en particular. Es posible suponer, en este proceso de aprendizaje, la existencia de algunas estructuras mentales que pueden ejercer un importante papel en él. Una de tales estructuras son los modelos, que pueden considerarse como “construcciones mentales funcionales que están asociadas con contexto físicos específicos y se pueden aplicar directamente en diferentes instancias de contexto para obtener resultados explicativos” (Bao, 1999, p. 16).

Las pruebas o test de opción múltiple son parte de los instrumentos de sondeo y pueden usarse para evaluar la comprensión de los estudiantes en diferentes ámbitos, particularmente la comprensión de conceptos físicos. Las respuestas que entregan los alumnos son un reflejo del uso de los modelos mentales; y el estudio de la distribución de las respuestas entregadas en este tipo de pruebas permite obtener información respecto a la cantidad de modelos mentales que ellos tienen y si estos modelos son o no consistentes con los modelos de la física.

Test en física y en ciencias de la salud

En física es posible encontrar una serie de test que buscan conocer el nivel de comprensión de ciertos conceptos. Así, por ejemplo, se pueden mencionar, entre otros: a) en mecánica, Force Concept Inventory, FCI (Hestenes, Wells y Swackhamer, 1992); b) en electromagnetismo, Brief Electricity and Magnetism Assessment, BEMA (Ding et al., 2006); c) en astronomía, Astronomy Diagnostic Test, ADT (Huerta, 2016; Hufnagel, 2002). El FCI es un test de 30 preguntas de selección múltiple de tipo cualitativas, que mide la comprensión del concepto newtoniano de fuerza, al comparar las respuestas de los estudiantes con un conjunto de creencias previas, que constituyen hipótesis basadas en la experiencia cotidiana. El BEMA es un test de opción múltiple de 30 ítems, destinados a evaluar la comprensión de los estudiantes de los conceptos básicos en los cursos introductorios de electromagnetismo basados en cálculo; cada una de las partes del test son, en su mayoría, preguntas cualitativas con algunas semicuantitativas, que requieren solo cálculos simples. El ADT es un test de 33 preguntas de opción múltiple, 21 de las cuales miden la com-

prensión de conceptos astronomía para estudiantes no graduados en ciencias, y el resto ausculta sobre datos generales sobre los estudiantes, tales como rango de edad, área de estudios, etc. Las preguntas son en su mayoría cualitativas y solo algunas son de carácter semicuantitativo, con cálculos muy sencillos.

Por otro lado, en el área de las ciencias de la salud también existen pruebas y otros instrumentos que buscan averiguar cierto nivel de conocimientos u obtener cierto tipo de información, como, por ejemplo: d) cuestionario para evaluar el nivel de conocimientos generales en trastornos del comportamiento alimentario en estudiantes de ciencias de la salud, (Sánchez, Aguilar, Vaqué, Milá y González, 2016); e) instrumento de calidad de vida profesional, CVP-35 (Rivera-Ávila, Rivera-Hermosillo y González-Galindo, 2017); f) cuestionario para analizar el pensamiento mágico (Petra-Micu y Estrada-Aviles, 2014). El cuestionario para evaluar el nivel de conocimientos generales en trastornos del comportamiento alimentario (TCA) es un instrumento de diez preguntas, siete de las cuales son de opción múltiple y tres de respuesta abierta, agrupadas en cuatro dimensiones: clasificación de los TCA; características demográficas de los pacientes con TCA; factores de riesgo de los TCA; y manifestaciones clínicas de los principales TCA. El CVP-35 es un instrumento de 35 preguntas que son respondidas en una escala que va del 1 al 10, y realiza una evaluación multidimensional de percepción de la calidad de vida profesional. El cuestionario para analizar el pensamiento mágico es un instrumento de 29 reactivos que evalúa la presencia y características del pensamiento mágico en estudiantes de la carrera de Medicina. Los reactivos son dicotómicos y contemplaron dos dimensiones: creencias de los estudiantes en algún pensamiento mágico (animismo, analogía y dualismo) y escepticismo acerca del pensamiento mágico (escepticismo y razón *versus* magia).

El análisis de varios de estos instrumentos muestra que el proceso para asegurar su validación y fiabilidad sigue patrones similares: revisión de literatura especializada, entrevistas a estudiantes, concurso de expertos y determinación de parámetros estadísticos, centrados tanto en los ítems como en el cuestionario en su conjunto (Hernández, Fernández y Baptista, 2014; Martínez, Hernández y Hernández, 2006).

Como se observa en la bibliografía referida precedentemente, existe una variedad de instrumentos, tanto en física como en las ciencias de la salud, enfocados en la evaluación de ciertos conceptos propios de cada área. Sin embargo, no fue posible encontrar un instrumento, más aún en español, que permitiera evaluar el grado de comprensión de los fenómenos de reflexión y refracción en estudiantes de ciencias de la salud. Un instrumento de este tipo puede ser –como se señala posteriormente– un elemento útil en el proceso de enseñanza-aprendizaje de tales conceptos.

Antecedentes

En la Universidad Austral de Chile, sede Puerto Montt, se imparten algunas carreras del área de las ciencias de la salud, entre ellas están Fonoaudiología y Tecnología Médica. Estas carreras tienen en sus planes de estudio la asignatura de Acústica, que incluye, entre otros contenidos, fenómenos sonoros (reflexión, refracción, difracción, interferencia, reverberación y resonancia), cualidades del sonido (tono, timbre, intensidad) e impedancia acústica.

Producto de lo anterior, surge el interés de evaluar la comprensión de los fenómenos de reflexión y refracción del sonido, pero dándole una orientación hacia las ciencias de la salud. ¿Por qué estos fenómenos y no otros? Porque son fenómenos básicos que, además de ser estudiados en la formación universitaria, lo fueron en la enseñanza preuniversitaria y porque constituyen conceptos que son necesarios para una mejor comprensión de procesos fisiológicos e instrumentación del diagnóstico clínico, como la audición y el uso de ecógrafos, respectivamente. En general, suele estudiarse primeramente la naturaleza y generación del sonido, sus características (longitud de onda, frecuencia, rapidez de propagación, etc), sus cualidades (altura o tono, intensidad, timbre y duración) y los fenómenos que experimenta (reflexión, refracción, etc.), así como los sonidos no audibles por el ser humano, colocando especial énfasis en el ultrasonido, debido a las importantes aplicaciones que tiene en diferentes ámbitos. Posteriormente, los elementos anteriores, particularmente los fenómenos de reflexión y refracción, deben ser considerados en el análisis de situaciones propias de ciertas especialidades. Así, por ejemplo, la audición es un proceso donde la refracción del sonido es esencial; la onda sonora debe llegar a la membrana timpánica después de haberse propagado por el canal auditivo (que, dicho sea de paso, implica la difracción del sonido), y, una vez que interactúa con ella, debe refractarse hacia el oído medio, para finalmente llegar hasta la cloquea, donde la onda mecánica se transforma en impulsos nerviosos. Otro ejemplo donde estos fenómenos son esenciales es en el funcionamiento de un ecógrafo; el ultrasonido debe refractarse a través de la piel hacia los órganos internos y reflejarse en el órgano que se desea estudiar, donde el ángulo de incidencia puede ser relevante en la obtención de una buena imagen.

Metodología

En el año 2015 se comenzó un proyecto con el fin de, entre otras cosas, recabar información sobre las concepciones que los estudiantes de ciencias de la salud tienen en relación con los fenóme-

nos de reflexión y refracción del sonido. En primer término, se realizó un estudio bibliográfico que arrojó múltiples investigaciones relativas al sonido, como, por ejemplo, la realizada por Aiziczon y Cudmani (2007), que detectó conocimientos previos en estudiantes de medicina de la Universidad de Tucumán, Argentina; la efectuada por Asoko, Leach y Scott (1991) en niños y adolescentes, que concluyó que aquellos de menor edad consideraban el sonido como parte constituyente del objeto que lo origina, y que entre los adolescentes no existía la noción de propagación del sonido en el aire; la llevada a cabo por Boyes y Stanisstreet (1991), que examinó la concepción sobre la trayectoria del sonido en estudiantes de enseñanza secundaria; la realizada por Chang et al. (2007) durante cuatro años, donde se exploraron concepciones sobre contenidos de la física, entre ellos el sonido, en escuelas primarias y secundarias; la ejecutada por Hrepic, Zollman y Rebello (2010), sobre modelos mentales relativos a la propagación del sonido en estudiantes de cursos introductorios de física; la ejecutada por Pejuan, Bohigas, Jaén y Periago (2012), sobre las ideas previas relativas a la naturaleza microscópica del sonido en estudiantes de ingeniería; entre otras investigaciones. De ellos, el trabajo que más se acercó al propósito del proyecto fue el de Aiziczon y Cudmani (2007); en él se indagó sobre el sonido desde la perspectiva de la audición y contaminación ambiental, mediante encuestas aplicadas a estudiantes de medicina de la Universidad Nacional de Tucumán (Argentina). Sin embargo, no fue una investigación que se ajustará al propósito de conocer las concepciones que alumnos de ciencias de la salud tienen con relación a los dos fenómenos mencionados.

Del estudio bibliográfico, se pudo concluir que no fue posible encontrar instrumentos validados que permitieran evaluar la comprensión de estos dos fenómenos, por lo cual se continuó con el avance del proyecto anteriormente señalado.

Paralelamente a la búsqueda bibliográfica, se realizó una breve entrevista de preguntas generales (Hernández, Fernández y Baptista, 2014) a profesores de Física en ejercicio (que han tenido a cargo asignaturas que incluyen el estudio de ondas sonoras). La entrevista estuvo compuesta por las siguientes preguntas: 1. ¿Cuál es su percepción respecto de la comprensión del sonido y de los fenómenos de reflexión y refracción del sonido por parte de los estudiantes? 2. ¿Qué aspectos del proceso de reflexión de las ondas sonoras considera usted que no son bien comprendidos por los estudiantes? 3. En relación con el fenómeno de refracción de ondas sonoras, ¿qué aspectos de él considera usted que no son correctamente comprendidos por los estudiantes? Las respuestas, fueron examinadas mediante un análisis de tipo conversacional (microdiscurso). Este tipo de análisis “se refiere al estudio de los registros que ocurren naturalmente en una interacción hablada, y la idea central es que una importante parte del significado de esa

interacción se revela en la secuencia de una conversación” (Urrea, Muñoz y Peña, 2013, p. 54). Las respuestas tendieron a coincidir en que el conocimiento de los estudiantes es vago y poco preciso, tanto en lo relativo a ondas en general, como en lo relativo al sonido en particular, lo que evidentemente incluye a los fenómenos sonoros

Basado entonces en la percepción de los profesores consultados y la falta de instrumentos de recolección de información al respecto, se elaboró una encuesta de respuesta abierta que originalmente tuvo doce preguntas que fueron sometidas a evaluación de expertos (académicos del posgrado en Ciencias en Física Educativa del Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, Unidad Legaria del Instituto Politécnico Nacional, con formación en física, física educativa y tecnología avanzada), quienes sugirieron incluir algunas preguntas que tuvieran conexión directa con el ámbito de formación de los estudiantes, quedando finalmente 15 preguntas (ver anexo). La pregunta número 1 buscó conocer qué entendían los estudiantes por sonido; las preguntas 2, 3, 4, 5, 6 y 7 tuvieron el propósito de recoger información sobre la reflexión de ondas sonoras; las preguntas 8, 9, 10 y 11, indagar sobre la refracción del sonido; la pregunta 12, pesquisar información sobre sonidos no audibles; y las preguntas 13, 14 y 15, averiguar sobre la reflexión y refracción del sonido en procesos relacionados al ámbito de salud.

La encuesta fue aplicada a dos generaciones distintas (las del 2014 y 2015) de estudiantes de las carreras de Tecnología Médica y Fonoaudiología de la Universidad Austral de Chile, en su sede Puerto Montt. Fue respondida por 75 alumnos, el primer año, y por 93, el segundo.

Las edades de los estudiantes se situaron principalmente entre 19 y 20 años. En la generación del 2014, un 41% tenía 19 años y un 30%, 20 años; en el 2015, el 52% tenía 19 años y un 25%, 20 años.

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

Considerando la clasificación hecha por Suurmond sobre el análisis de discurso (Suurmond, 2005; Urrea, Muñoz y Peña, 2013), se hizo un análisis de tipo lingüístico de las respuestas dadas por cada uno de los estudiantes. En un análisis de tipo lingüístico, los textos “son analizados en sus estructuras gramaticales y responden a cuál es el lenguaje usado y qué implica” (Urrea, Muñoz y Peña, 2013, p. 53). Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- ▶ Un 57% reconoció el sonido como una onda. Sin embargo, la descripción que dieron de ella fue incompleta, pues no hubo mayor mención de su naturaleza mecánica y longi-

tudinal. Se observó, además, la idea alternativa de que el sonido es una sensación auditiva y la mención de que el sonido es una “onda vibratoria”.

Reconocer la naturaleza del sonido es necesario, dado que es un elemento importante en ciertas áreas de ciencias de la salud; es evidente su presencia en la generación de la voz, en la audición y en procedimientos de diagnóstico y tratamiento clínicos.

- ▶ De las preguntas referidas a la reflexión, se pudo observar que un 59% reconoció que para su ocurrencia es necesario que el sonido incida en una superficie y se devuelva por el mismo medio de propagación. Sin embargo, no hubo claridad en relación con las características y cualidades que se ven modificadas. Un 39% consideró que la dirección de propagación se modifica; lo que sería correcto, aunque nadie hizo mención de los ángulos de incidencia y reflexión, y tampoco a los casos de incidencia normal, en los que la reflexión podría o no implicar un cambio de dirección, dependiendo del concepto de dirección que se tenga; pero también señalaron que cambiaban ya fuera la frecuencia o el periodo, o la rapidez de propagación, o la longitud de onda, o la intensidad del sonido, o una combinación de ellas. Además, un 53% de los estudiantes consideró que la tonalidad del sonido cambia cuando este se refleja, haciéndose más agudo o más grave.
- ▶ El eco resultó ser un fenómeno conocido, pero nadie hizo mención de una distancia mínima para su ocurrencia y a la incidencia normal; en cambio, la reverberación resultó prácticamente desconocida. Hay que hacer notar que ambos fenómenos debieron haber sido estudiados en su enseñanza preuniversitaria.
- ▶ Con relación a los ejemplos de reflexión del sonido, un 53% de las respuestas estuvo referida al eco y a la reflexión en espacios cerrados, aun cuando hubo ejemplos que más bien hacían referencia al fenómeno de refracción.

El eco es un caso particular de reflexión del sonido; tener claro este fenómeno ayuda a comprender mejor los fundamentos del ecógrafo, que es un importante instrumento de diagnóstico.

- ▶ Con relación a la refracción, se observó que la asociación con el cambio de medio que puede experimentar el sonido en su propagación, pero no mostraron claridad sobre cuáles características son las que se ven modificadas. Una respuesta recurrente fue que la onda, en este caso el sonido, modifica su dirección al refractarse; lo que estrictamente no es correcto. 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. Menos del 14% de los estudiantes mencionaron que sí cambian la rapidez y la longitud de onda. Así también, con respecto a la tonalidad, un 61% consideró que esta cambia al producirse la refracción.

- ▶ Los pocos ejemplos de refracción que mencionaron no fueron en verdad ejemplos de refracción.
- ▶ La refracción del sonido está presente tanto en procesos como la fonación, la audición y el funcionamiento del ecógrafo. Es importante saber, por ejemplo, qué sucede con la rapidez de la onda sonora cuando se refracta hacia los huesecillos del oído medio.
- ▶ Con respecto a los sonidos no audibles, un 36% de los estudiantes respondió que sí se verificaban las mismas propiedades que en el sonido audible, y un 39% que no se verificaban. Las respuestas variaron entre un simplemente no; un no, porque la frecuencia es diferente; un no, porque la intensidad es diferente; un simplemente sí; un sí, solo que la intensidad es diferente; y un sí, solo que la frecuencia es distinta. Es probable que la pregunta haya resultado ambigua, porque no se especificó qué se entendía por propiedad.

El conocimiento sobre sonidos no audibles, particularmente el ultrasonido, resulta importante, dada su amplia aplicación en procedimientos médicos, desde diagnósticos hasta tratamientos odontológicos y kinesiológicos.

- ▶ Con relación al ecógrafo, a pesar de que probablemente sea uno de los equipos clínicos relacionado con el sonido más conocido, el conocimiento de su funcionamiento es mínimo. Las referencias al ultrasonido solo alcanzaron un 16%, y el único fenómeno mencionado fue la reflexión; no consideraron la refracción, que también está presente.
- ▶ Con relación a la ocurrencia de los fenómenos de reflexión y refracción en los procesos de fonación y audición, el número de respuestas fue muy escaso (un 8%), lo que podría indicar un desconocimiento de ellos. Las respuestas que hubo expresaron que estaban presentes ambos fenómenos, pero sin mayores explicaciones de cómo y dónde se producían.

En resumen, las concepciones erróneas encontradas fueron las siguientes (Medina y Ramírez, 2016):

- ▶ 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

Con la información acerca de las concepciones que presentan los estudiantes se inició la elaboración de un test con preguntas de opción múltiple de respuesta única, que permitiera averiguar la comprensión de los fenómenos de reflexión y refracción, así como el conocimiento de las características del sonido que permanecen invariables o se modifican cuando estos fenómenos ocurren. Se optó por este tipo de instrumento porque, a pesar de la dificultad que implica la elaboración de los reactivos y el tiempo que esto involucra, es confiable desde un punto de vista estadístico y permite medir logros de aprendizaje diversos en un amplio rango de niveles y áreas temáticas (Aiken, 2003; López e Hinojosa, 2016)

Para elaborar los reactivos de las preguntas, se utilizaron las concepciones erróneas detectadas en la encuesta. Considerando la Taxonomía de Bloom modificada (Anderson et al., 2001), los ítems involucran las dimensiones cognitivas recordar, comprender, aplicar y analizar. A continuación, se describe un ítem para cada dimensión:

1. Recordar

Cuando una onda sonora se refleja, se modifica:

- a. su rapidez de propagación.
- b. su longitud de onda.
- c. su intensidad.
- d. su frecuencia.
- e. ninguna de las características anteriores.

Para dar respuesta a la pregunta, se debe tener presente que ninguna de las características señaladas en los reactivos se modifica cuando el sonido se refleja. La respuesta correcta es la opción E.

Se considera que la pregunta implica recordar, porque el estudiante debe traer a la memoria información relevante de largo plazo para responder correctamente la pregunta. Esta información debiese ser conocida por el estudiante, dado que fue estudiada en su formación preuniversitaria.

2. Comprender

Imagina dos tejidos musculares de densidades levemente diferentes para los que, en las zonas que rodean la interfase,

la rapidez de propagación del ultrasonido es la misma. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es verdadera para un ultrasonido que llega perpendicularmente a la interfase de los dos medios?

- a. La refracción será máxima.
- b. La reflexión será máxima.
- c. La dispersión será máxima.
- d. Se absorberá una cantidad considerable de energía en la interfase.
- e. La amplitud del ultrasonido se reducirá considerablemente.

Para dar respuesta a esta pregunta, el estudiante debe tener presente el concepto de impedancia. Dado que la rapidez de propagación es la misma y las densidades levemente diferentes, las impedancias son similares, por lo que la refracción será máxima. La respuesta correcta es la opción A.

La pregunta se considera de comprensión, pues el estudiante debe construir el significado a partir de la información dada en el enunciado e inferir lo que sucede en la interfase, para obtener la respuesta correcta.

Es interesante observar que los conceptos de impedancia, utilizados en electricidad y en acústica, a pesar de que se les puede dar la misma interpretación desde un punto de vista conceptual, difieren en cuanto a la expresión matemática con que suelen usarse. En electricidad, la expresión que define a la impedancia de un circuito eléctrico es $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$, donde R es la resistencia, X_L es la reactancia inductiva y X_C la reactancia capacitiva. En cambio, en acústica, la expresión que define a la impedancia acústica es $Z = \rho \cdot v$, donde ρ es la densidad del medio y la rapidez con que la onda sonora se propaga a través de él.

3. Aplicar

Cuando se realiza una ecografía, es necesario colocar gel sobre la piel donde se coloca el transductor, como muestra la figura.



Esto se explica porque se desea:

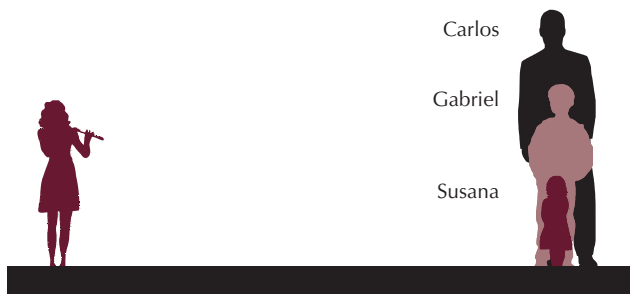
- evitar que el ultrasonido sea absorbido por el aire.
- evitar que el ultrasonido se refleje en la piel.
- evitar el contacto con el aire, porque conduce muy mal el ultrasonido.
- igualar, las impedancias del aire y de la piel.
- mantener homogénea la zona de contacto de la piel con el transductor.

Para responder la pregunta, el estudiante debe haber comprendido el concepto de impedancia acústica y, a la vez, aplicarlo en la situación descrita en el enunciado. Dado que la diferencia de impedancias entre el aire y la piel humana es significativa, en caso de no colocar gel, la reflexión del ultrasonido en la piel sería muy alta, lo que, finalmente, impediría la formación de imágenes. La respuesta correcta es B.

La pregunta se considera de aplicación, porque el estudiante debe trasladar información referente a la impedancia y aplicarla en la situación descrita.

4. Analizar

A Carolina, que vive en una ciudad donde nieva, le encanta tocar la flauta. Tal es así que, cierto día por la mañana, cuando ya alumbraba el sol, pero aún había nieve en el suelo, decide realizar el siguiente experimento con sus hermanos Susana, Gabriel y Carlos. Los sitúa uno tras otro a la misma distancia de ella, mientras interpreta una pequeña obra musical, como muestra la figura. La estatura de Carolina es 1,5 m, la de Susana, 1,2 m, la de Gabriel, 1,5 m y la de Carlos, 1,8 m.



Considerando a todos con igual capacidad auditiva, ¿cuál de las siguientes afirmaciones es correcta con relación a la interpretación en flauta?

- Gabriel es quien la escucha más nítidamente.
- Carlos es quien la escucha más nítidamente.
- Susana es quien la escucha más nítidamente.
- Susana y Carlos la escuchan con igual nitidez.
- Susana, Gabriel y Carlos la escuchan la misma nitidez.

En esta pregunta el estudiante debe tener presente cómo incide la temperatura del medio en la rapidez de propagación de la onda sonora. Se sabe que, a menor temperatura, menor es la rapidez de propagación, lo que provoca que el sonido modifique su dirección de propagación, a medida que avanza por el medio. Dado que por el contexto de la pregunta es posible deducir que entre más cerca del suelo se esté, menor será la temperatura del aire, el sonido emitido por la flautista se curvará hacia abajo, por lo que quien escuchará el sonido más nítidamente será Susana. La respuesta correcta es C.

La pregunta puede considerarse de análisis, puesto que el estudiante debe comprender cómo se relacionan las variables, ubicarlas en la situación planteada y explicar el fenómeno.

El paso siguiente a la formulación del test fue elaborar un método que permitiera recoger sugerencias de un grupo de expertos, con el propósito de realizar las modificaciones necesarias que permitieran otorgarle al instrumento validez de expertos (Hernández, Fernández, Baptista, 2014). El grupo de expertos estuvo integrado por ocho académicos de diferentes universidades (Instituto Politécnico Nacional, Universidad Austral de Chile, Universidad de Santiago de Chile, Universidad de Guadalajara y Universidad Autónoma de San Luis Potosí), con posgrados en Fonoaudiología, Física, Física Educativa e Innovación Educativa, y se configuró siguiendo un criterio basado en el área de experticia: física, enseñanza de la física y ciencias de la salud. Lo anterior fue con el propósito de que la “retroalimentación” obtenida procediera de las tres áreas involucradas en la investigación y así fuera más rica en contenido.

Se decidió solicitarles sus opiniones con relación a cada una de las preguntas y al cuestionario en su conjunto.

Con respecto a cada una de las preguntas, se les solicitó que evaluaran el nivel de dificultad de la pregunta en una escala de 0 a 10, donde 0 quiso decir que la pregunta era muy fácil y 10 que era muy difícil –método para completar frases (Hodge y Gillespie, 2003)–, y, al mismo tiempo, que entregaran alguna opinión que consideraran pertinente de cada una de ellas (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

Con respecto al cuestionario, se hicieron las siguientes preguntas:

- ▶ Presentación de las preguntas. ¿El tipo y tamaño de letra son adecuados?, ¿las imágenes están bien distribuidas?, etcétera.
- ▶ Redacción de las preguntas. ¿La redacción de las preguntas es suficientemente clara como para evitar ambigüedades?, ¿se puede extraer con claridad la información, así como comprender lo que se pregunta?

- ▶ Calidad de los distractores. ¿Los distractores permitirían discriminar entre un estudiante que comprende adecuadamente los conceptos y otro que tenga errores conceptuales?
- ▶ Nivel de dificultad del cuestionario en su conjunto. ¿Considera el cuestionario con un bajo nivel de dificultad, con un alto nivel de dificultad, o bien, con un nivel adecuado para ser aplicado a estudiantes de pregrado?
- ▶ Tiempo estimado de respuesta del cuestionario. ¿Cuánto tiempo estima usted necesario para responder el cuestionario? Considere dos casos: a) incluyendo la selección del nivel de seguridad y la justificación de la respuesta y b) solo respondiendo cada pregunta.
- ▶ Otros comentarios que considere pertinentes.

Una vez formulado el cuestionario se procedió a su implementación en línea, con el propósito de que tanto los expertos como los estudiantes lo pudieran evaluar y responder, respectivamente. En esta parte del proceso se solicitó la colaboración de estudiantes becarios de la Escuela Superior de Cómputo del Instituto Politécnico Nacional. El equipo de trabajo decidió utilizar los lenguajes JavaScript y PHP, para la elaboración de la versión digital del test, dado que son lenguajes que permiten mejorar la calidad de las interfaces y poseen bastante documentación. El sitio *web* donde se aloja el test fue construido mediante las tecnologías CSS y HTML, y puede ser consultado en la siguiente dirección: <http://physics-education.tlamatiliztli.net/index.php>

Una vez implementado el sitio *web*, se solicitó a los expertos que se registraran en la página e hicieran la evaluación anteriormente descrita.

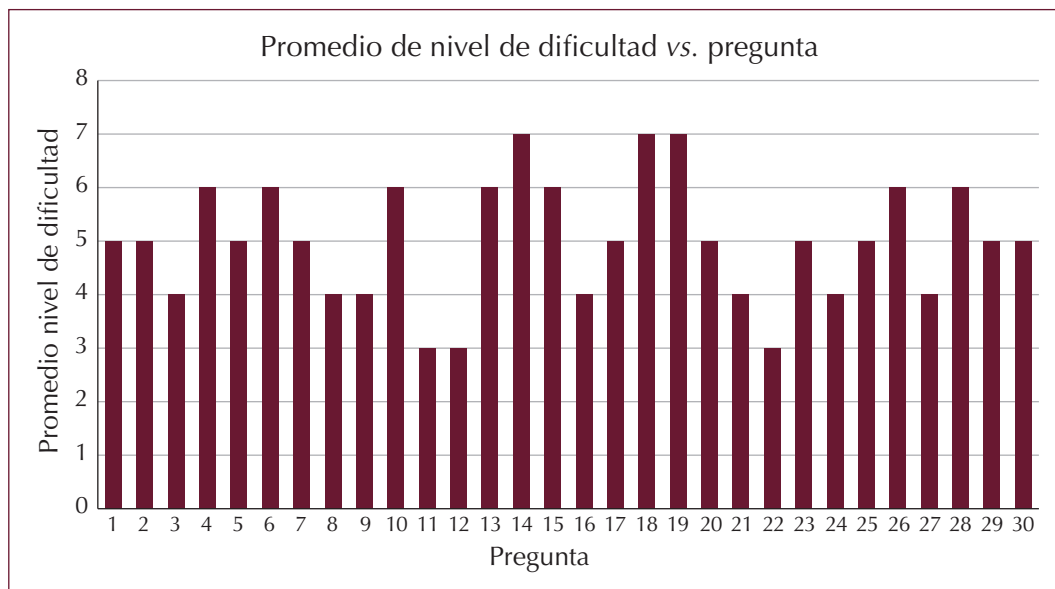
Resultados

Del análisis del cuestionario realizado por los expertos, los resultados fueron los siguientes:

▶ En relación con el nivel de dificultad.

El promedio de dificultad de cada una de las preguntas asignadas por los expertos se muestra en la figura 1.

Se puede observar que el nivel de dificultad asignado por los expertos a las preguntas varió dentro de un rango de 4 puntos, donde ninguna pregunta resulta ser demasiado fácil ni demasiado difícil. A juicio de los expertos, un 10% de las preguntas son fáciles, un 10% son difíciles y resto de ellas ronda una dificultad media. El promedio de dificultad del test en su conjunto fue de 5. Desde un punto de vista cualitativo, los resultados anteriores fueron favorables para considerar que el test tiene un nivel de dificultad adecuado.

Figura 1. Gráfico del promedio del nivel de dificultad versus número de pregunta.

- ▶ En relación con los comentarios a cada una de las preguntas. Los comentarios dados por los expertos permitieron mejorar tanto la redacción de las preguntas como la calidad de los distractores. A continuación, se muestran algunos comentarios.

- Pregunta 1.

- ◊ “Me parece que los distractores no están en la misma dirección. Los primeros son de tono, luego de intensidad y por último de tiempo. Si el estudiante pensara en un tiempo menor o en menor intensidad no habría como detectarlo”.
- ◊ “Tal vez pueda ser confusa la redacción para algunos estudiantes, ya que se mezclan términos como tiempo, intensidad del sonido, tono, los cuales no se presentan en el cuerpo de la pregunta”.

Los comentarios anteriores fueron útiles para mejorar la calidad de los distractores.

- Pregunta 13.

- ◊ “En el enunciado de esta pregunta especificaría que las superficies absorbentes se refieren a paredes, suelo, cielo y puertas, para que al alumno le quede claro que el vidrio no tendría esa propiedad”.

El comentario anterior fue útil para mejorar la calidad de la redacción del enunciado de la pregunta.

► **En relación con los comentarios al cuestionario en su conjunto.** Los comentarios a cada una de las seis preguntas relativas al cuestionario en su conjunto pueden resumirse como sigue:

- **Pregunta 1.**
Las respuestas tendieron a coincidir en que la presentación de las preguntas era adecuada, tanto en letra como en imágenes.
- **Pregunta 2.**
En general, las respuestas fueron coincidentes en que la redacción es suficientemente clara y permite comprender lo que se solicita en cada pregunta. Solo se sugirió modificar algunos reactivos que podrían generar ambigüedad y, en otros casos, mejorar su extensión con el fin de dotarlos de homogeneidad.
- **Pregunta 3.**
Las respuestas fueron coincidentes en que los distractores permiten discriminar entre aquellos estudiantes que comprenden los conceptos y los que no. Se sugirió prestar atención a aquellos ítems que contuviesen distractores demasiado heterogéneos.
- **Pregunta 4.**
Las respuestas concordaron en que el nivel de dificultad del test es adecuado para estudiantes de pregrado. Las preguntas implican diferentes grados de dificultad e involucran diferentes dimensiones cognitivas.
- **Pregunta 5.**
El promedio de los tiempos de respuesta señalados por los expertos, incluyendo la selección del nivel de seguridad y la justificación, fue de 100 minutos; mientras que el promedio de los tiempos, si solo se respondieran las preguntas sin seleccionar el nivel de seguridad ni la justificación, fue de 64 minutos.
- **Pregunta 6.**
Los comentarios fueron diversos. Uno de ellos hizo referencia a la extensión de los distractores y a la inclusión o no de explicaciones en ellos. Otro indicó la conveniencia de elaborar más preguntas en el caso de que fuera necesario sustituir algunas, y otro se refirió a que si efectivamente se debería incluir la respuesta “todas las anteriores” en algunos ítems.

Los comentarios fueron utilizados para mejorar la primera versión del test y finalmente obtener una segunda versión validada por expertos, que puede ser consultada en la dirección <https://www.dropbox.com/s/1kjz6hns1z58nfz/Test%20fen%C3%B3menos%20sonoros.pdf?dl=0>

En la versión que se encuentra alojada en la dirección anterior, primero se presentan las preguntas generales sobre reflexión, a continuación, las preguntas generales sobre refracción y finalmente las preguntas referidas directamente a ciencias de la salud. En la versión en línea, que es la que los estudiantes deben contestar, las preguntas se presentan en forma aleatoria con el fin de evitar cualquier inducción en las respuestas.

En la versión que se encuentra alojada en la dirección anterior, primero se presentan las preguntas generales sobre reflexión; a continuación, las preguntas generales sobre refracción; y finalmente las preguntas referidas directamente a ciencias de la salud. En la versión en línea, que es la que los estudiantes deben contestar, las preguntas se presentan en forma aleatoria con el fin de evitar cualquier inducción en las respuestas.

Conclusiones

De acuerdo con lo señalado en la introducción, el objetivo principal de la investigación en educación en física es comprender los obstáculos que deben enfrentar los estudiantes en el aprendizaje de esta ciencia, y encontrar maneras de auxiliarlos para alcanzarlo. Para ello, entre otros elementos, se han desarrollado teorías para modelar el proceso de aprendizaje –especialmente el aprendizaje conceptual que tiene lugar en el contexto del aprendizaje de la física– y elaborado instrumentos de sondeo, que puedan proporcionar mediciones confiables y efectivas sobre los diversos aspectos de la comprensión de la física por parte de los estudiantes.

Con cierto análisis estadístico de las respuestas dadas a un test como el presentado en este trabajo, es posible conocer si los estudiantes comprenden o no los conceptos físicos y, a la vez, cómo usan los modelos mentales que poseen. Tal es el caso del factor de concentración, que permite saber si los estudiantes tienen o no modelos mentales y cómo los están utilizando. Si las respuestas dadas por los estudiantes en una prueba de opción múltiple se distribuyen de manera aleatoria entre las diferentes opciones de respuesta, entonces es posible concluir que los estudiantes no tienen modelos o bien tienen una gran variedad de ellos; en cambio, si las respuestas se concentran en pocas opciones, los estudiantes tienen pocos modelos mentales. En el caso extremo de que todos los estudiantes tuvieran un solo modelo mental, entonces todas las respuestas se concentrarían en una única opción.

Por ejemplo, en la pregunta que se presenta en el artículo con el número 2, se explora la comprensión del concepto de impedancia y su relación con la reflexión y refracción de la onda sonora. Si el estudiante tiene un modelo correcto, entonces seleccionará la opción A que señala que la refracción será máxima, pues las impedancias son similares. La selección de cualquiera de

las otras opciones implica el uso de modelos mentales erróneos, al asociar fenómenos sonoros que no ocurren ante impedancias acústicas similares. Si así fuera, la comprensión del fenómeno sería deficitaria. Lo anterior puede tener directa relación con las medidas que podrían adoptarse en el proceso de enseñanza aprendizaje en el proceso de enseñanza aprendizaje en el proceso de enseñanza aprendizaje de los conceptos que evalúa el test. Por ejemplo, podría ser usado como un pre-test y, de acuerdo con los resultados obtenidos, implementar algunas secuencias didácticas que ayuden a corregir modelos mentales erróneos y, en consecuencia mejorar, la comprensión de los conceptos. Igualmente podría utilizarse como un pos-test para evaluar la efectividad de las metodologías utilizadas en el proceso de aprendizaje de los conceptos estudiados.

Adicionalmente, producto del trabajo realizado, se pueden señalar las siguientes conclusiones:

- ▶ Los estudiantes tienen una serie de concepciones con relación a los fenómenos de reflexión y refracción del sonido, algunas de ellas correctas, pero otras erróneas. Dentro de estas últimas están aquellas que se refieren a los cambios en las características y cualidades del sonido (variación en la frecuencia cuando el sonido se refracta, modificación del tono cuando el sonido se refleja, y otras que fueron señaladas en el cuerpo del trabajo). Se hace necesario tener presente tal situación en el momento de llevar a cabo el estudio de las ondas sonoras en los cursos respectivos, con el fin de lograr que los estudiantes comprendan adecuadamente los conceptos; máxime si estos serán aplicados en sus respectivas áreas de formación.
- ▶ La construcción de un test de opción múltiple no es un proceso sencillo. Elaborar reactivos de calidad implica el manejo de ciertas técnicas, la comprensión de los conceptos y el conocimiento de las concepciones que los estudiantes tienen respecto a los conceptos que se desean evaluar. Además de esto, se debe conseguir el concurso de académicos, estudiantes e instituciones, lo que no siempre resulta fácil de obtener. Sin embargo, la implementación en línea del instrumento, tanto para académicos como para estudiantes es un elemento facilitador del proceso.
- ▶ Bibliográficamente se puede observar que existen instrumentos de indagación conceptual sobre diversos conceptos de física, pero ninguno orientado a las carreras de ciencias de la salud. No obstante, existen una serie de contenidos, tales como óptica, hidrodinámica, electromagnetismo y otros, que involucran una gama de conceptos que los estudiantes de estas áreas del conocimiento deben estudiar y comprender en su formación. Lo anterior hace que cobre importancia la construcción de más instrumentos de esas características, que permitan medir la comprensión de los diferentes conceptos físicos que son parte del currículum de carreras del área de la salud.

Anexo

Encuesta para conocer concepciones sobre los fenómenos de reflexión y refracción del sonido, y otros aspectos

Esta encuesta es completamente anónima y solo 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 este 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 de vista del sonido, explique cómo 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 o la refracción? Explique.

Se declara que no existe conflicto de intereses respecto a la presente publicación.

Referencias

- Aiken, L. (2003). *Tests psicológicos y evaluación*. México: Pearson Education.
- Aiziczon, B., y Cudmani, L. (2007). Ondas, sonido y audición: Ideas previas de los estudiantes en ciencias médicas. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 24(3), 360-399. Recuperado de <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6242/5793>
- Anderson, L., Krathwohl, D., Airasian, P., Cruikshank, K., Mayer, R., Pintrich, P., Rath, J., y Wittrock, M. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. Nueva York, EE UU: Longman.
- Asoko, H., Leach, J., y Scott, P. (1991). *A study of students' understanding of sound 5-16 as an example of action research*. (Ponencia). The Annual Conference of the British Educational Research Association. Roehampton Institute, Londres, Reino Unido.
- Bao, L. (1999). *Dynamics of student modeling: A theory, algorithms, and application to quantum mechanics*. (Tesis de doctorado). Universidad de Maryland. Recuperado de <http://www.per-central.org/items/detail.cfm?ID=4760>
- Boyes, E., y Stanisstreet, M. (1991). Development of pupils' ideas about seeing and hearing – the path of light and sound. *Research in Science and Technology Education*, 9(2), 223-244. doi:10.1080/0263514910090209
- Chang, H., Chen, J., Guo, C., Chen, C., Chang, C., Lin, S., ... Tseng, Y. (2007). Investigating primary and secondary student's learning of physics concepts in Taiwan. *International Journal of Science Education*, 29(4), 465-482. doi:10.1080/09500690601073210
- Córdoba, F. (2006). La evaluación de los estudiantes: una discusión abierta. *Revista Iberoamericana de Educación*, 37(7). Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2056902>
- Ding, L., Chabay, R., Sherwood, B., y Beichner, R. (2006). Evaluating an electricity and magnetism assessment tool: Brief electricity and magnetism assessment. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 2(1). doi:10.1103/PhysRevSTPER.2.010105
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación*. Mexico: McGraw Hill.
- Hestenes, D., Wells, M., y Swackhamer, G. (1992). Force concept inventory. *The Physics Teacher*, 30(3), 141-158. doi:10.1119/1.2343497
- Hodge, D., y Gillespie, D. (2003). Phrase completions: An alternative to Likert scales. *Social Work Research*, 27(1), 45-55. doi:10.1093/swr/27.1.45
- Hrepic, Z., Zollman, D. A., y Rebello, N. S. (2010). Identifying students' mental models of sound propagation: The role of conceptual blending in understanding conceptual change. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 6(2). doi:10.1103/PhysRevSTPER.6.020114
- Huerta, C. (2016). Identificación de concepciones alternativas sobre Universo de profesores de Física en formación. *Latin-American Journal of Physics Education*, 10(4). Recuperado de http://www.lajpe.org/dec16/4324_Leonor_2016.pdf
- Hufnagel, B. (2002). Development of astronomy diagnostic test. *Astronomy Education Review*, 1(1), 47-51. doi:10.3847/AER2001004
- López, B., e Hinojosa, E. (2016). *Evaluación para el aprendizaje: alternativas y nuevos desarrollos*. México: Trillas.
- Martínez, M., Hernández, M., y Hernández, M. (2006). *Psicometría*. Madrid, España: Alianza Editorial.
- Medina, J., y Ramírez, M. (2016). Obtención y clasificación de ideas previas sobre fenómenos sonoros: Estudio en alumnos universitarios de carreras de ciencias de la

- salud. *Latin-American Journal of Physics Education*, 10(3). Recuperado de http://www.lajpe.org/sep16/3305_Medina_2016.pdf
- Pejuan, A., Bohigas, X., Jaén, X., y Periago, C. (2012). Misconceptions about sound among engineering students. *Journal of Science Education and Technology*, 21(6), 669-685. doi:10.1007/s10956-011-9356-6
- Petra-Micu, I., y Estrada-Avilés, A. (2014). El pensamiento mágico: diseño y validación de un instrumento. *Investigación en Educación Médica*, 3(9), 28-33. doi:10.1016/S2007-5057(14)72722-X
- Rivera-Ávila, D., Rivera-Hermosillo, J., y González-Galindo, C. (2017). Validación de los cuestionarios CVP-35 y MBI-HSS para calidad de vida profesional y *burnout* en residentes. *Investigación en Educación Médica*, 6(21), 25-34. doi:10.1016/j.riem.2016.05.010
- Sánchez, V., Aguilar, A., Vaqué, C., Milá, R., y González, F. (2016). Diseño y validación de un cuestionario para evaluar el nivel de conocimientos generales en trastornos del comportamiento alimentario en estudiantes de ciencias de la salud. *Atención Primaria*, 48(7), 468-478. doi:10.1016/j.aprim.2015.09.008
- Suurmond, J. (2005). *Our talk and walk. Discourse analysis and conflict studies*. Documento de trabajo 35. Recuperado de https://www.clingendael.org/sites/default/files/pdfs/20051000_cru_working_paper_35.pdf
- Urra, E., Muñoz, A., y Peña, J. (2013). El análisis del discurso como perspectiva metodológica para investigadores de salud. *Enfermería Universitaria*, 10(2), 50-57. doi:10.1016/S1665-7063(13)72629-0