



**Máster en Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria, Bachillerato,  
Formación Profesional y Enseñanzas de Idiomas, Artísticas y Deportivas**

*Especialidad en Física y Química*

### **TRABAJO FIN DE MÁSTER CURSO 2021/22**

**¿Te Suena? Una Propuesta Didáctica para Trabajar la Luz y el  
Sonido en 2º de Educación Secundaria**

***Sounds familiar? A Didactic Proposal for Working on Light and  
Sound in the 2nd year of Secondary Education***

Autor: Antonio Bazo Sánchez

Director: María Esther Cascarosa Salillas



# ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Presentación personal y currículo académico .....	1
1.2 Contexto del centro donde se realizó el Prácticum I y II.....	1
1.3 Presentación del trabajo .....	3
2. ANÁLISIS DIDÁCTICO DE DOS ACTIVIDADES REALIZADAS EN ASIGNATURAS DEL MÁSTER.....	4
2.1 La física en los dibujos animados .....	4
2.2 Experimenta y cuenta .....	5
3. PROPUESTA DIDÁCTICA.....	7
3.1 Título y nivel educativo .....	7
3.2 Evaluación inicial .....	7
3.3 Objetivos del currículo .....	13
3.4 Justificación .....	14
3.5 Actividades .....	16
3.5.1 Sesiones de clase.....	17
3.5.1.1 Simuladores y recursos informáticos .....	18
a) Propiedades y parámetros de las ondas .....	18
b) Propagación de las ondas .....	19
c) La luz y el color .....	20
3.5.1.2 Demostraciones prácticas .....	22
a) Propiedades y parámetros de las ondas .....	22
b) Propagación del sonido.....	23
c) Eco y reverberación .....	26
3.5.2 Taller de instrumentos .....	28
3.5.3 Experiencia de laboratorio .....	30
3.6 Análisis de los resultados de aprendizaje.....	32
3.7 Análisis crítico de la PD y propuesta de mejora .....	36
4. CONSIDERACIONES FINALES.....	37
5. REFERENCIAS .....	39
ANEXOS .....	A1
A1. Propuesta de evaluación inicial .....	A1
A2. Temporalización extendida.....	A4
A3. Examen de final de tema .....	A5

Nombre del alumno	Antonio Bazo Sánchez
Director del TFM	María Esther Cascarosa Salillas
Tutor del Centro de Prácticas II	Juan Luis Pueyo Sánchez
Centro Educativo	IES Goya
Curso en el que se desarrolla la propuesta	2º ESO
Tema de la propuesta	La luz y el sonido

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Presentación personal y currículo académico

Me llamo Antonio Bazo y nací en Zaragoza en el año 1998. A nivel formativo, he cursado la carrera de Química y el máster de Materiales Nanoestructurados para Aplicaciones Nanotecnológicas en la Universidad de Zaragoza y este curso, de forma paralela con el máster de profesorado, he comenzado mi tesis doctoral en Química Analítica.

Como todos, durante mis estudios de secundaria y bachillerato, me he topado con mejores y peores profesores. Algunos han fomentado mi interés por la asignatura. Otros, por el contrario, me han alejado de ciertas ramas del conocimiento. En especial, mi relación con la asignatura de física y química ha sido complicada, asemejándose a una montaña rusa de subidas y bajones. Es una asignatura que tomé con mucha ilusión, pues siempre me han llamado la atención los experimentos, interés especialmente fomentado por mis padres, que siempre nos han llevado a mi hermano y a mi a diferentes eventos de divulgación. Sin embargo, para mi decepción, una asignatura con tantas posibilidades prácticas y con tantos temas interesantes por tratar se convirtió, a mis ojos, en una retahíla de hojas de problemas, normas IUPAC y unidades con nombre de científico que olvidar al dar un resultado en un examen para perder un nunca excedente medio punto. Esta visión no hizo más que acentuarse durante el bachillerato, donde la omnipresencia de la selectividad no hizo más que acentuar esta faceta de la asignatura tan alejada de la experimentación e indagación. No fue hasta que empecé a ir a clases particulares de repaso que mi interés por la asignatura se terminó por reafirmar. Estas clases eran mucho más distendidas y el profesor siempre intentaba relacionar los conceptos tratados con ejemplos cotidianos. Recuerdo pensar que así es como me hubiera gustado recibir las clases del instituto, por lo que decidí estudiar química para, después, prepararme para ser profesor e intentar hacer no olvidar a los alumnos el carácter práctico e interdisciplinar que tienen las ciencias.

## 1.2 Contexto del centro donde se realizó el Prácticum I y II

He llevado a cabo las asignaturas del Prácticum I y II en el Instituto de Educación Secundaria (IES) Goya, bajo la tutorización de Juan Luis Pueyo Sánchez. Características del centro:

A nivel de infraestructura, el centro es IES urbano de ESO y Bachillerato que consta de 37 unidades (4 grupos de primero de ESO, 5 de segundo, 5 de tercero, 5 de cuarto, 12 de primero de bachillerato y 12 de segundo de bachillerato). El instituto se divide en 2 edificios:

a) Pabellón central: entre su infraestructura se incluyen las aulas de grupo de 4º de la ESO y bachillerato, 1 laboratorio de física, 1 laboratorio de química, 1 laboratorio de biología, 1 laboratorio de geología, 1 museo, 1 aula de dibujo y grabado, 1 aula de dibujo artístico, 1 aula de volumen y plástica, 1 biblioteca para los alumnos, 1 biblioteca histórica, 2 aulas de informática, aseos, 4 almacenes, 1 polideportivo, 1 salón de actos, conserjería, 1 despacho del AMPA, 1 sala de visitas, 2 salas de profesores, 2 salas de jefatura de estudios, 1 despacho de dirección, secretaría, 1 despacho de orientación, departamentos, microbar para los profesores y un aula de exámenes.

b) Pabellón sur: incluye las aulas de grupo de la ESO, 1 aula de informática, 1 laboratorio de ciencias naturales, 1 sala de profesores, 1 sala de jefatura de estudios, conserjería, 1 aula de tecnología, 1 aula de música y 1 almacén.

Estos edificios están separados por el patio, en el que hay pistas de deporte. Además, el centro incluye un parque para profesores.

El personal lo comprenden 98 profesores (37 tutores, 20 jefes de departamento, 1 responsable de Medios Informáticos y Audiovisuales, 1 coordinador del programa bilingüe alemán, 1 directora, 1 secretario, 1 jefe de estudios general, 1 jefe de estudios de ESO, 1 jefe de estudios de Bachillerato y 1 jefe de estudios del turno nocturno), 1 profesor de pedagogía terapéutica (PT), 1 auxiliar de apoyo y un asistente social a media jornada.

Finalmente, en cuanto al contexto sociocultural, el entorno económico de la zona es, de forma dominante, de clase media, con una estructura familiar mayoritariamente biparental con, aproximadamente, un 20% de progenitores separados y un 10% de familias monoparentales. Sin embargo, dado que únicamente hay un colegio público en el entorno (CEIP "Basilio Paraíso) y numerosos colegios privados, se adscriben otros colegios de la misma zona educativa, pero ubicados a mayor distancia. Además, la zona circundante al centro ha envejecido, pasando a ser una zona habitada por familias sin hijos en edad escolar, lo que, en adición al aumento en el número de familias inmigrantes en pisos de alquiler de la zona, ha hecho que aumente el número de estudiantes inmigrantes en el centro. Por ello, el alumnado de transporte es mayoritariamente de clase media, mientras que el alumnado del barrio es de clase media-baja. Entre los problemas sociales más habituales destacan la pobreza y la violencia doméstica que, de cualquier manera, no afectan a más de un 10% del alumnado. El centro plantea diversas propuestas culturales, incluyendo intercambios a Francia, Alemania e Inglaterra, viajes de fin de curso, asistencia a

exposiciones, obras de teatro, cine y conferencias, y participación en diversos concursos.

### **1.3 Presentación del trabajo**

En el presente trabajo se analizarán desde el punto de vista de la didáctica dos actividades llevadas a cabo durante el prácticum II y se presentará una propuesta didáctica para trabajar el bloque de la luz y el sonido en 2º de Educación Secundaria Obligatoria. Se ha escogido este tema para desarrollar la propuesta no sólo porque fue el que más pude trabajar durante mi estancia de prácticas, sino porque atañe a conceptos omnipresentes en la vida cotidiana que son a su vez poco intuitivos, resultando en frecuentes dificultades de aprendizaje bien caracterizadas en literatura que serán alrededor de lo que gire el diseño de la propuesta.

## 2. ANÁLISIS DIDÁCTICO DE DOS ACTIVIDADES REALIZADAS EN ASIGNATURAS DEL MÁSTER

A continuación, se presentan dos actividades llevadas a cabo con diferentes grupos y cursos de bachillerato durante el Prácticum II y que fueron diseñadas partiendo de fundamentos trabajados en diferentes asignaturas del máster.

### 2.1 La física en los dibujos animados

En la asignatura de habilidades comunicativas para docentes se ha trabajado cómo, además de atender a la coherencia y cohesión (microestructura), organización lógica, estrategias retóricas y comunicación no verbal, en una exposición oral, y por supuesto una clase magistral, es de gran utilidad emplear las llamadas estrategias de aproximación. Estas estrategias hacen referencia al uso de, por ejemplo, humor, llamadas de atención o dinámicas participativas para volver a captar la atención de la audiencia y fomentar su interés por el tema que se está tratando. Por ello, al trabajar la conservación del momento lineal en primero de bachillerato, de forma complementaria a la clase magistral, en lugar de insistir en la realización de los a veces demasiado repetitivos problemas propuestos en los libros de texto en los que chocan las pelotas del billar a diferente velocidad, como estrategia de aproximación se analizó desde el punto de vista físico un vídeo de una serie de dibujos animados.

Como se muestra en la Figura 1, en el vídeo se ve una escena famosa de la serie Oliver y Benji en la que Oliver realiza un disparo que se aproxima hacia la portería rival. En respuesta, el portero salta hacia el balón, pero la pelota va tan rápido que arrastra al propio guardameta hasta la red. Después de ver el vídeo, se preguntó a los alumnos si creían que esta escena podría suceder en el mundo real y a qué velocidad creían que debería ir el esférico. En general hubo división de opiniones, no había consenso general ni en el orden de magnitud de la velocidad ni en si era posible, aunque todos estaban de acuerdo en que, de suceder, sería complicado. A continuación, se intentó responder a estas cuestiones matemáticamente, utilizando las ecuaciones descritas durante la parte magistral de la clase. Para ello se preguntó qué datos necesitaban (peso del portero, de un balón de fútbol, velocidad de un salto horizontal, ...), a modo de *brainstorming*, y se buscaron en internet. Finalmente, se aplicaron estos datos, concluyendo que el balón debería ir a una velocidad de  $17000 \text{ km h}^{-1}$  para que esta escena sea posible. Esta actividad perseguía, por tanto, un doble objetivo. En primer lugar, y como se ha comentado al principio, recuperar la atención de los alumnos y,

además, hacer ver a los estudiantes que la física está presente en todo lo que nos rodea y fomentar su espíritu crítico y analítico.



**Figura 1** Escenas clave del vídeo empleado para el caso de la conservación del momento lineal.

En cuanto a los resultados, la atención se disparó de forma inmediata al poner un vídeo en clase y gracias a los disparatados resultados, mejorando mucho la participación con respecto a los problemas típicamente resueltos en clase. Además, los estudiantes se vieron ante una situación nueva para ellos en la que el problema planteado no tenía datos, sino que tenían que discutir qué necesitaban, siendo un marco mucho más próximo a una situación real. Esta es, por lo tanto, una actividad que repetiría como docente ya que permite trabajar el momento lineal de una forma más amena y cercana a los alumnos, mejorando su atención.

Como conclusión de la actividad, se puede citar la frase que dejó una de las alumnas al terminar los cálculos en clase: “hay que saber física para no meter la pata”.

## 2.2 Experimenta y cuenta

En 2º de Bachillerato, el omnipresente fantasma de las pruebas de acceso a la universidad y la elevada densidad de contenidos a trabajar parece convertir a muchos institutos en academias de oposiciones, ciñéndose a la constante repetición de ejercicios extraídos de pruebas anteriores. Este tipo de prácticas no son sólo anodinas y, por tanto, incapaces de desarrollar el gusto por la disciplina pertinente, sino que son incapaces de lograr un aprendizaje mínimamente significativo que perdure una vez superadas dichas pruebas. Por lo tanto, es imperativo

reservar su espacio merecido a sesiones alternativas que ayuden a la verdadera comprensión de los contenidos. Esta tarea conlleva una problemática añadida respecto a otros cursos y es que no es sólo necesario el correcto diseño de la actividad, sino que también hay que ser precavido en el modo de introducirla en el calendario, puesto que no son pocos los alumnos que, posiblemente por una interiorización del actual sistema educativo como único modelo válido, no dudan en rechazar estas actividades, tachándoles de ser “pérdidas de tiempo” al no ser directamente evaluadas en las pruebas de acceso.

En respuesta a la problemática anteriormente expuesta, se planteó una actividad en la que los alumnos, separados en grupos mixtos como se ha recomendado en las asignaturas de Psicología del Desarrollo y de la Educación y Sociedad, Familia y Procesos Grupales, debían escoger de una lista uno de los conceptos de óptica trabajados en clase de física y preparar un experimento para explicar ese concepto a sus compañeros en una breve presentación. Para evitar las ya mencionadas reticencias de algunos alumnos, se recalcó que esta actividad sería valorada dentro de la nota de trabajo de clase.

El resultado fue más que positivo. Los alumnos estaban motivados el día de la exposición y tenían curiosidad por ver los experimentos que habían preparado sus compañeros. Además, el hecho de explicárselos los conceptos físicos de forma oral no sólo refuerza las competencias comunicativas, sino que no hay que menospreciar que la forma que tienen los estudiantes de explicarse los contenidos entre sí les resulta mucho más cercana y, como todos parten de un nivel conceptual similar, son los mayores conocedores de qué aspectos les han resultado más complejos para entender el fundamento, por lo que inciden especialmente en ellos en sus exposiciones. Este último punto cuenta con el inconveniente de que, cuando estas explicaciones no son supervisadas, los alumnos pueden introducir errores de concepto o no contemplar algún elemento relevante. Sin embargo, en esta actividad este problema desaparece al estar el docente presente en todo momento, siendo capaz de intervenir para aclarar cualquier matiz que sea menester.

### **3. PROPUESTA DIDÁCTICA**

#### **3.1 Título y nivel educativo**

La propuesta didáctica que a continuación se plantea está enmarcada en el segundo curso de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) para tratar el tema de la luz y el sonido, contenido del bloque 5 del currículo oficial, que abarca el tema de la energía. En concreto, las actividades que conforman la propuesta se centrarán mayoritariamente en el sonido, aunque el tema de la luz también será tratado no sólo por ser un contenido mínimo sino también por servir como herramienta de comparación para diferenciar claramente ambos tipos de onda.

Como se discutirá a lo largo de la propuesta, las actividades están muy orientadas para paliar las dificultades de aprendizaje más habituales que se han recogido de la literatura y la evaluación inicial del grupo que se contextualiza. Cabe destacar que el enfoque no consiste en sustituir de forma forzada las ideas alternativas de los alumnos mediante correcciones, sino fomentar que los propios estudiantes construyan un modelo científico mediante actividades de experimentación. Por todo lo anterior, la propuesta se ha titulado como “¿Te suena?”.

#### **3.2 Evaluación inicial**

El modelo científico del sonido (MCS) se desarrolla desde la educación primaria hasta la universitaria ya que, por un lado, el sonido forma parte de la vida cotidiana (Rossing et al., 2001) y, además, el modelo ondulatorio ataña a múltiples ramas y subramas científicas (espectro electromagnético, física cuántica, modelos atómicos, ...). Sin embargo, los alumnos presentan problemas para la comprensión y descripción de este modelo (Eshach et al., 2016 y Hrepic et al., 2010), dando lugar a ideas alternativas (IA) y errores conceptuales estudiados y recogidos en la literatura, que resultan ser similares independientemente de la procedencia del alumnado y el modelo educativo aplicado (Rico et al., 2021). Estas dificultades de aprendizaje se suelen estudiar atendiendo a tres ideas clave: naturaleza y propiedades, propagación, y modelo de onda

El conocimiento de las mencionadas dificultades de aprendizaje (DA), así como de las habituales ideas alternativas y errores de concepto concomitantes, es necesario para el correcto diseño de las programaciones de enseñanza (Guisasola et al., 2017), por lo que las DA habituales fueron tenidas en cuenta para el diseño de la evaluación inicial. En particular, se han considerado las DA recogidas en literatura sobre la naturaleza (Caleon y Subramaniam, 2010) y propagación (West y Wallin, 2013) del sonido, así como las ideas alternativas sobre el MCS

recopiladas por Sözen y Bolat (2016) a partir de 43 preguntas de respuesta múltiple planteadas a 234 alumnos de secundaria, resumidas en la Tabla 1. Cabe destacar que en la revisión bibliográfica se han encontrado otros estudios similares de IA (Hernández et al., 2012 y Fazio et al., 2008), pero se ha seleccionado el anteriormente citado ya que es el más reciente y para evitar caer en la redundancia, dada la similitud de los resultados alcanzados en los tres artículos.

**Tabla 1** *Ideas alternativas de alumnos de secundaria sobre las ideas clave del sonido (Sözen y Bolat, 2016).*

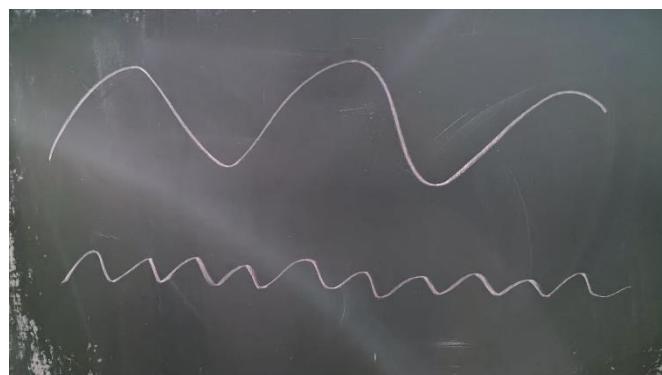
Idea clave	Ideas alternativas
Propagación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Propiedad del sonido de transportar materiales mientras se transporta por el aire</li> <li>• No ser capaz de asociar la frecuencia con la compresión y expansión de las partículas del medio</li> <li>• No ser capaz de pensar que el sonido no se propaga en el vacío</li> <li>• Pensar que el sonido se propaga más rápido en el espacio</li> <li>• Pensar que la velocidad del sonido no cambia al pasar de un medio a otro</li> </ul>
Naturaleza y propiedades	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No ser capaz de pensar que un medio material es necesario para la formación del sonido</li> <li>• No ser capaz de pensar que la longitud, grosor o material de una cuerda afecta a la frecuencia del sonido</li> <li>• No diferenciar entre eco y reverberación</li> <li>• Pensar que el eco depende de la intensidad del sonido</li> <li>• Pensar que el sonido no se puede transformar en otros tipos de energía</li> </ul>
Modelo de onda	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No relacionar la amplitud de las ondas con la intensidad del sonido</li> <li>• No relacionar la frecuencia de las ondas con la altura del sonido</li> <li>• Relacionar la frecuencia de las ondas con la intensidad del sonido</li> <li>• Relacionar la amplitud de las ondas con la altura del sonido</li> <li>• No ser capaz de identificar la frecuencia/longitud de onda y la amplitud en gráficos</li> <li>• No diferenciar entre tono y frecuencia</li> </ul>

Al igual que el sonido, la luz también es un tema que atañe a la vida cotidiana e incumbe a diferentes disciplinas (arte, espectroscopía, electrónica, ...), por lo que también se desarrolla desde la educación primaria hasta la universitaria. Sin embargo, al contrario que el sonido, la luz es una onda electromagnética y transversal, lo que puede dificultar la comprensión del modelo científico concerniente si no se subrayan claramente las diferencias entre ambos modelos. En bibliografía (Osuna *et al.*, 2012, Chu y Treagust, 2014, Djanette *et al.*, 2014 y Osuna *et al.*, 2022) se han estudiado las ideas alternativas sobre la luz (IAL), destacando:

- IAL1: Interpretar la visión como un proceso en el que algo es emitido por el ojo o una imagen del objeto llega hasta él.
- IAL2: No creer necesario que los objetos que vemos sean fuentes de luz.
- IAL3: Pensar que los animales que pueden ver en la oscuridad lo consiguen sin que llegue luz hasta sus ojos
- IAL4: Considerar que la luz sólo existe cuando hay fuentes luminosas u objetos iluminados y no como una entidad física presente en el espacio.
- IAL5: Creer que la luz o los rayos de luz son visibles.
- IAL6: No considerar las fuentes extensas como conjuntos de fuentes puntuales que emiten luz en todas las direcciones.
- IAL7: No realizar trazados de haces divergentes de luz desde cada punto de la fuente luminosa.
- IAL8: No diferenciar entre rayo y haz de luz.
- IAL9: Creer que la imagen se traslada completa desde el objeto o que existe independientemente del ojo.
- IAL10: No considerar el ojo como un instrumento óptico formador de imágenes
- IAL11: No pensar que la luz es una fuente de energía.
- IAL12: Pensar que la luz no se propaga en el vacío.
- IAL13: No pensar que la absorción, reflexión y propagación de la luz en un medio puede suceder simultáneamente.

Durante el prácticum II, dada la limitación temporal para trabajar los contenidos, no se dedicó una primera sesión a la evaluación inicial, sino que se plantearon en voz alta preguntas concretas antes de empezar a trabajar cada tema concreto. Los alumnos planteaban las respuestas y, para tener un registro, se anotó en un cuaderno el número de alumnos que dieron con la respuesta acertada, errónea o que no participaron, así como las ideas alternativas que surgieron. Las preguntas de evaluación inicial (PEI), preparadas a partir de las DA e IA habituales anteriormente recogidas, fueron las siguientes:

- PEI1: ¿Qué movimiento hace cada punto de una cuerda cuando la movemos para hacer una onda?
- PEI2: ¿Por dónde creéis que se propaga más rápido el sonido: sólidos, líquidos o gases como el aire?
- PEI3: ¿Dónde observamos el eco?
- PEI4: ¿Por qué en clase no tenemos eco?
- PEI5: ¿Qué son los colores luz primarios y secundarios? ¿Cuáles son?
- PEI6: ¿De qué color se ve un objeto rojo iluminado con luz roja?
- PEI7: ¿De qué color se ve un objeto azul iluminado con luz roja?
- PEI8: ¿De qué color se ve un objeto rojo iluminado con luz blanca que se hace pasar por un filtro de luz roja?
- PEI9: ¿Cuál de las siguientes ondas sonará más fuerte? (Referida a la Figura 2)
- PEI10: ¿Cuál de las siguientes ondas sonará más agudo? (Referida a la Figura 2)
- PEI11: ¿Cuál de las siguientes ondas es más energética? (Referida a la Figura 2)

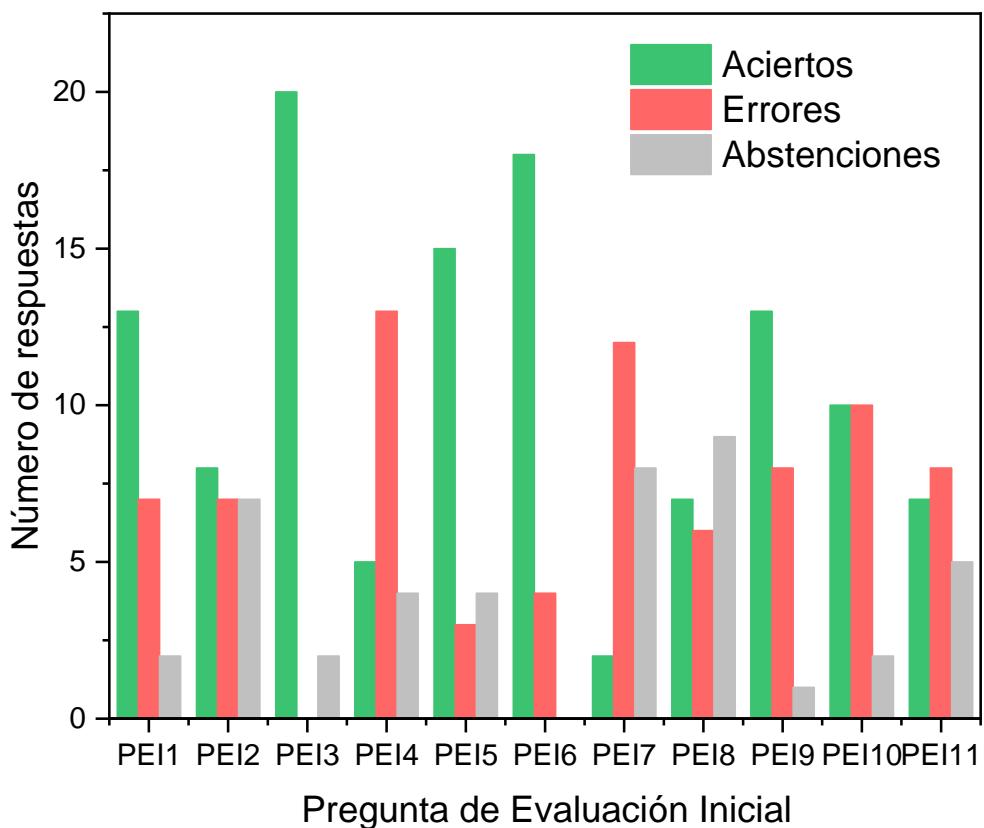


**Figura 2 Representación de dos ondas de diferente frecuencia y amplitud para su comparación en clase.**

Los resultados de la evaluación inicial se muestran en la Figura 3. Una discusión más profunda de las respuestas se recoge en los apartados de la sección de actividades en la que se trate cada contenido pertinente, pero, a modo de resumen, a continuación se enumeran las ideas alternativas anotadas.

- Pensar que los puntos de una cuerda se mueven en la dirección de propagación de su onda.
- No pensar que todos los puntos de la cuerda realizan el mismo el movimiento, pero en distintas fases.
- Pensar que todo caso de reflexión del sonido es eco.
- Pensar que un objeto rojo tiene un color más intenso al ser iluminado con luz roja.

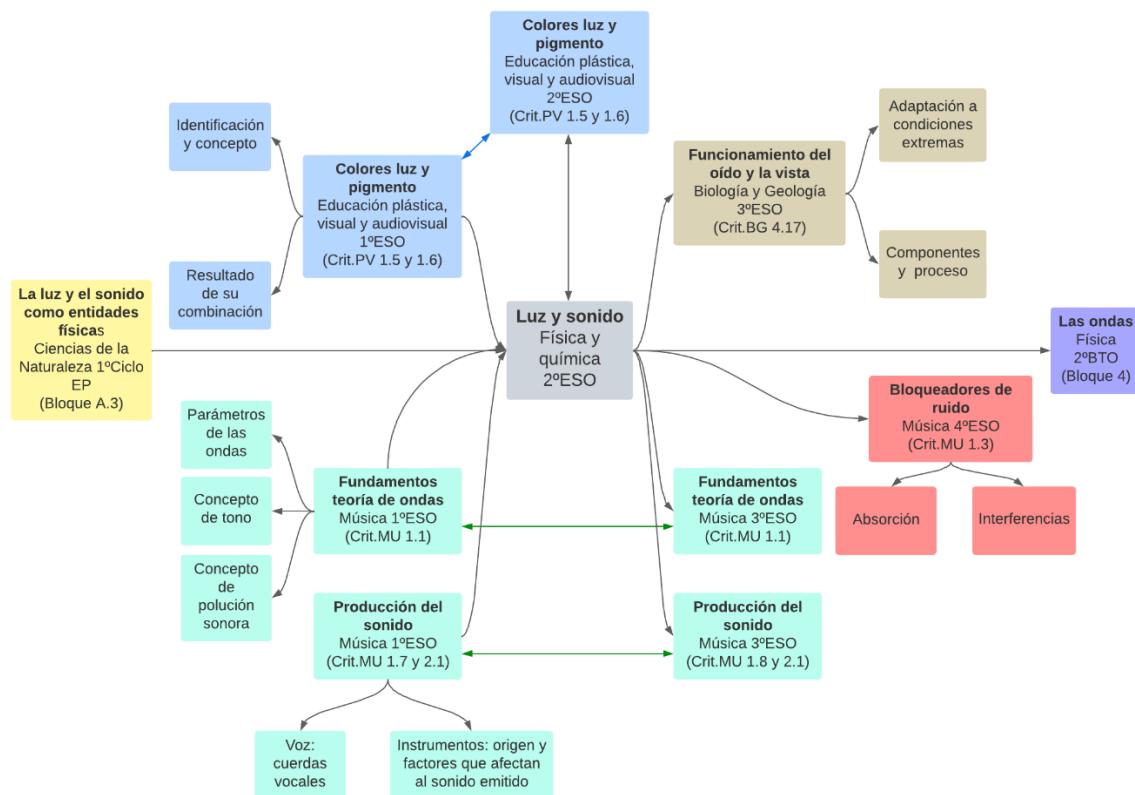
- Pensar que el color de la luz de la luz se suma al del objeto (e.g., pensar que un objeto azul iluminado con luz roja se verá morado).
- Pensar que se pueden ver los rayos de luz o que el color no depende de los rayos reflejados que llegan a los ojos.
- Pensar que la frecuencia está relacionada con la intensidad de una onda sonora.
- Pensar que la amplitud está relacionada con la altura de una onda sonora.
- No relacionar frecuencia con energía.
- Pensar que todas las ondas tienen la misma energía.
- No entender las ondas como una forma de energía.



**Figura 3** Resultados de las preguntas de evaluación inicial.

Atendiendo a los resultados obtenidos, se puede concluir que las preguntas en las que más dificultad han encontrado los alumnos coinciden con las dificultades de aprendizaje extraídas de la literatura. En cuanto a los conocimientos previos, se ha observado que los alumnos tienen ciertas nociones sobre los colores y cómo se ven afectados por distintas fuentes lumínicas, representadas con una tasa de aciertos de alrededor del 70% para las PEI5 y PEI6. De acuerdo con el currículo oficial, estos conceptos se han tratado, principalmente, en la asignatura de Educación Plástica, Visual y Audiovisual de 1º y 2º de ESO, como se muestra en el mapa conceptual de la Figura 4. En esta asignatura se

presentan los colores luz y pigmento, así como los resultados de su combinación, y son habituales las láminas en las que hay que repetir el dibujo de una misma escena, pero iluminada con luces más cálidas o frías. Sin embargo, como indicaron algunos alumnos, en estas láminas se suelen colorear las láminas de forma convencional y, posteriormente, pasar una capa de pintura rojiza a los dibujos con luz cálida y pintura azul para los más fríamente iluminados. Esto hace que el resultado, realmente, sea el de iluminar un objeto tanto con luz blanca y, por ejemplo, roja, lo que explica las ideas alternativas de “pensar que un objeto rojo tiene un color más intenso al ser iluminado con luz roja” y “pensar que el color de la luz de la luz se suma al del objeto”. Finalmente, los alumnos también conocen el concepto de eco, como demuestra la tasa de acierto del 91% para la PEI3, pero no comprenden del todo su causa ni conocen el concepto de reverberación.



**Figura 4** Mapa conceptual de los contenidos de la luz y el sonido a lo largo de la ESO según el currículo oficial.

En el Anexo 1 se recoge una propuesta más elaborada de evaluación inicial que poder llevar a cabo en caso de disponer de más tiempo lectivo y que subsana las carencias de una evaluación basada en preguntas en voz alta. Las preguntas de la evaluación anexada son adaptaciones de las PEI que se han planteado en el prácticum y de las propuestas por Osuna *et al.* (2022). El Anexo está presentado como un cuestionario escrito, pero también se podría hacer en clase con la ayuda de alguna

aplicación como *Kahoot!* para crear un ambiente más divertido y alejado de los comunes exámenes escritos (Hernández-Ramos y Torrijos., 2020).

### 3.3 Objetivos del currículo

De acuerdo con el currículo oficial, el tema de la luz y el sonido están encuadrados en 2º de ESO dentro del bloque 5: la energía. De este bloque se le aplican dos criterios de evaluación:

- Crit.FQ 5.6: Conocer y comparar las diferentes fuentes de energía empleadas en la vida diaria en un contexto global que implique el consumo responsable y aspectos económicos y medioambientales.
- Crit.FQ 5.7: Conocer la percepción, la propagación y los aspectos de la luz y del sonido relacionados con el medioambiente.

Ambos criterios pretenden desarrollar competencias sociales y cívicas (CSC), pero el segundo, el cual es más específico para el tema escogido, también se orienta hacia alcanzar la competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología (CMCT). No obstante, esta propuesta no sólo se centrará en estas competencias, sino que, complementariamente, se llevarán a cabo actividades con herramientas digitales y talleres/proyectos para desarrollar la competencia digital (CD) y la competencia del sentido de la iniciativa y espíritu emprendedor (CIEE), respectivamente.

A tenor de las dificultades de aprendizaje anteriormente expuestas, y teniendo en cuenta las competencias y criterios de evaluación anteriormente citados, se plantean los siguientes objetivos de aprendizaje (OA) que se pretenden alcanzar con la aplicación de la presente propuesta:

- OA1: Entender que las ondas transportan energía, pero no materia.
- OA2: Diferenciar el modelo de propagación de la luz y el sonido, comprendiendo sus diferencias en la velocidad de propagación en diferentes medios.
- OA3: Saber identificar la amplitud y longitud de onda en gráficos.
- OA4: Conocer el impacto que tienen la amplitud y la longitud de onda en la luz y el color.
- OA5: Saber explicar los colores observados en base a las frecuencias de luz que absorben/reflejan los cuerpos.
- OA6: Distinguir y saber explicar los conceptos de eco y reverberación.

- OA7: Conocer de forma cualitativa las leyes de Bernouilli y por qué suenan los instrumentos musicales.
- OA8: Identificar factores que afectan a la frecuencia de los instrumentos.
- OA9: Distinguir espejos y lentes cóncavos y convexos.

Además de estos objetivos de aprendizaje, centrados en aspectos conceptuales, se plantean los siguientes objetivos a nivel actitudinal:

- Potenciar el razonamiento científico y la argumentación a través del planteamiento de cuestiones-debate en clase.
- Fomentar la cooperatividad mediante sesiones grupales.
- Aprender a utilizar las TICs como una herramienta de autoaprendizaje y recurso de apoyo.
- Fomentar la indagación y la curiosidad científica mediante experimentos y demostraciones preparadas con objetos cotidianos.
- Desarrollar el manejo con instrumentos de laboratorio.

### **3.4 Justificación**

Como se puede percibir, se da mucha importancia a las DA en este trabajo. La razón subyace del hecho de que las IA encontradas en educación secundaria sobre luz y sonido se mantienen en los estudiantes universitarios del grado de profesorado (Bolat y Sözen, 2009) y física (Kennedy y De Bruyn, 2011), dando lugar a una retroalimentación que hace que perduren a lo largo del tiempo. Por lo tanto, la propuesta didáctica se centra en las dificultades de aprendizaje descritas en la sección 3.2, atendiendo a las ideas alternativas que se han extraído de la bibliografía y a las identificadas en la evaluación inicial, presentando actividades que faciliten la correcta asimilación de los conceptos fundamentales del tema.

Para este propósito, en primer lugar, hay que tener en cuenta el mapa conceptual de la Figura 4. En él se observa cómo, desde una perspectiva científica, el tema de la luz y el sonido no es tratado desde el primer ciclo de educación primaria. Algunos conceptos sí que son introducidos en otras asignaturas de secundaria como música y plástica, pero están lejos de servir como una base conceptual sólida. Por el contrario, como es frecuente en clase de ciencias, los contenidos y términos científicos son, en su mayoría, nuevos para los estudiantes, resultándoles abstractos y dificultando la completa captación del mensaje que pretende transmitir el docente en clase (Martín-Díaz, 2013). Por lo tanto, un aspecto principal a atender es la comunicación, reconociendo el papel vehiculizador del

docente, capaz de acercar el lenguaje científico, que resulta en una dificultad añadida para los alumnos (Galagovsky *et al.*, 1998). En este sentido, el libro de texto debe ser relegado a un papel guionizador y no ser la única herramienta teórica que emplee el docente (Fernández Palop y Caballero García, 2017), ya que muchos términos son presentados mediante definiciones complejas que el alumno termina memorizando sin comprender (Groves, 1995 y Yager *et al.*, 2009). Por lo tanto, los profesores deben conocer y ser capaces de aprovechar otros tipos de comunicación que faciliten la comprensión y asimilación de conceptos (Wellington y Osborne, 2001): representaciones visuales, gráficos, animaciones, simuladores, demostraciones experimentales, etc. De esta manera, en esta propuesta didáctica se recurrirá a estos recursos comunicativos durante las sesiones de clase, principalmente mediante simuladores y demostraciones experimentales, para no sólo acercar los términos científicos al alumnado sino también como estrategia de aproximación que fomente el interés y ayude a recuperar la atención del alumnado.

Otro aspecto por considerar es la estructura y secuenciación con la que se introducen los contenidos del tema a tratar. Respecto al tema de la luz, Osuna *et al.* (2007 y 2012) propusieron las metas parciales que hay que contemplar para comprender cómo funciona la visión y demostraron su relevante desempeño, respectivamente. En la Tabla 2 se relacionan estas metas con las ideas alternativas que los obstaculizan. Estas directrices fueron tomadas en cuenta para estructurar el temario, trabajando las IA de cada meta parcial antes de pasar a trabajar a la siguiente.

**Tabla 2** Metas parciales propuestas por Osuna *et al.* (2007) e IA que las obstaculizan para la comprensión de la visión.

Metas parciales	IA relacionadas
1. Disponer de un modelo de visión en el que se relacionen la luz, el objeto y el ojo del observador	IAL1,2,3,4
2. Disponer de un esquema de representación geométrico e idealizado de la propagación de la luz potencialmente explicativo	IAL5,6,7,8
3. Concebir la imagen óptica de acuerdo con el modelo de visión de Kepler	IAL9,10

Finalmente, la PD no se restringe al aula de clase para transmitir los conocimientos, sino que reconoce el carácter didáctico de las prácticas

de laboratorio para poner en juego y verificar los conocimientos previos, cuestionar los saberes de los estudiantes, confrontándolos con la realidad, y alcanzar objetivos tanto conceptuales como actitudinales o procedimentales (Osorio, 2004). Sin embargo, esta propuesta pretende ser realista y aplicable, por lo que el número de sesiones de laboratorio está limitado por la disponibilidad del aula y por el número de horas disponibles para tratar todos los contenidos del currículum, el cual es, junto a la limitación de recursos, la principal razón a la que los docentes aducen el escaso uso del laboratorio (Giuliano et al., 2010)

### **3.5 Actividades**

En la presente sección se desarrollan las actividades que se proponen para alcanzar los objetivos mencionados en el apartado 3.3 y en base a la justificación metodológica expuesta en la sección anterior. Estas tareas están en parte basadas en aquellas realizadas durante el prácticum II, mejorándolas y completándolas en base al *feedback* recibido y a los nuevos conocimientos adquiridos durante el segundo cuatrimestre para el diseño de actividades. Como es propio del curso concerniente, las interrupciones en clase son frecuentes, siendo habitual que los alumnos comentasen en medio de la lección lo primero que se les pasase por la cabeza o que, literalmente, se peleen. Por consiguiente, el reto a la hora de preparar las clases en este nivel no es sólo conseguir que los alumnos entiendan los conceptos principales, sino lograr que mantengan la atención, se interesen y, de esta manera, desarrollen el gusto por la ciencia y el descubrimiento.

Por todo lo anterior, y de acuerdo con la justificación expuesta en el apartado previo, la propuesta consiste tanto en sesiones prácticas como actividades de demostración/experimentación y simulación llevadas a cabo durante las sesiones de clase. La temporalización propuesta para llevar a cabo dichas actividades se recoge en la Tabla 3, trabajando secuencialmente los conceptos básicos de onda, el sonido y, finalmente, la luz. En el Anexo 2 se incluye una versión más completa de esta tabla en la que las sesiones de clase aparecen desglosadas en cada una de sus correspondientes actividades. Para determinar el número de sesiones, se ha tomado como referencia el número de horas del que se dispuso durante el prácticum II para trabajar este mismo bloque de contenidos. Nótese que la elevada densidad de contenidos del currículo oficial limita el número de actividades que se pueden llevar a cabo, así como su duración. Además, el laboratorio sólo estaba disponible, de acuerdo con la organización del centro, un día a la semana, lo que además limita la cantidad de actividades que se pueden realizar fuera del aula.

**Tabla 3** Propuesta de temporalización para la propuesta didáctica

Actividad	Sesión										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Evaluación inicial	X										
Sesiones de clase		X	X	X			X	X			
Taller instrumentos					X	X					
Experiencia de laboratorio							X	X			
Examen									X	X	

Para secuenciar las actividades, se ha partido del libro de texto de Física y Química de 2º de ESO de la serie Investiga (proyecto Saber Hacer de la editorial Santillana). Este libro servirá, además, de apoyo para el docente en caso de ser necesario y como herramienta de consulta y estudio para los alumnos.

### 3.5.1 Sesiones de clase

El modelo que se propone para las sesiones de clase es, lejos de las clásicas sesiones magistrales, altamente participativo, buscando poner en cuestión los conocimientos de los alumnos mediante preguntas abiertas. En general, las sesiones consisten en un primer debate que resulta de plantear una de estas preguntas, pudiéndose identificar las IA de los alumnos e introduciendo el concepto a trabajar durante la sesión. A continuación, se brindan herramientas (digitales o experimentales) para que los propios estudiantes pongan a prueba sus hipótesis y, finalmente, discutan con sus compañeros las conclusiones alcanzadas, moderados por el docente, que recopilará y ayudará a profundizar y contrastar dichas ideas. Para evaluar la consecución de los objetivos previstos, se propondrán nuevas cuestiones mediante segundas sesiones de debate, gamificaciones con *Kahoot!* o en el control de final de tema. Este modelo de sesión de clase no sólo pretende un aprendizaje más significativo, sino que, como se ha discutido en la justificación, sirve como estrategia de aproximación para fomentar la atención y el interés del grupo.

Las sesiones de clase se han categorizado en dos grupos que se desarrollarán en las siguientes secciones: simuladores y experimentaciones prácticas.

### 3.5.1.1 Simuladores y recursos informáticos

#### a) *Propiedades y parámetros de las ondas*

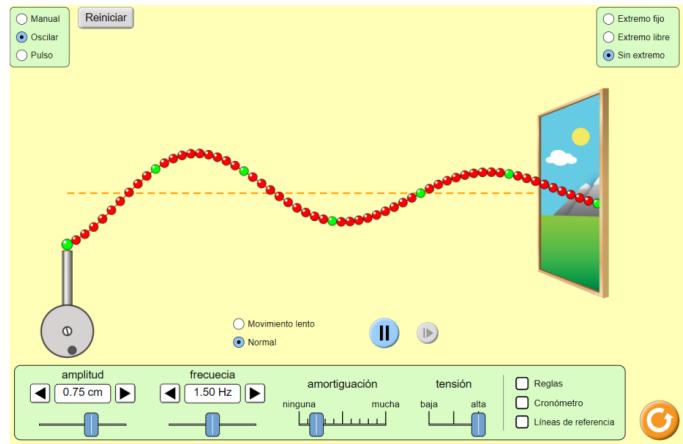
Esta actividad pretende servir de introducción al concepto de onda, visualizando gráficamente el impacto de la amplitud y la frecuencia (OA3) y mostrándose cómo la onda se propaga sin transportar materia (OA1). Para ello, se propone el uso del simulador “Onda en una cuerda” de la página de PhET Colorado (<https://phet.colorado.edu/es/simulations/wave-on-a-string>), cuya interfaz se muestra en la Figura 5. Este recurso consiste en una cuerda que oscila de forma continua y permite modificar en tiempo real su amplitud y frecuencia.

i) Planteamiento de una pregunta abierta. ¿Si un pájaro reposa sobre una cuerda y movemos uno de sus extremos para crear una onda, cómo se moverá el animal? Con esta cuestión se pretende crear un debate de ideas con el fin de identificar ideas alternativas relacionadas con el OA1. Al hacer cuestiones similares en el prácticum a los alumnos antes de trabajar este aspecto, eran frecuente las respuestas que indicaban que el pájaro se alejaría de la mano. Esta IA indica que los alumnos piensan que las ondas transportan materia. Analizando sus analogías, las olas del mar parecen despistar a los estudiantes, los cuales atribuyen a su carácter ondulatorio la capacidad de transportar arena, peces y conchas a las orillas. Durante este debate, todas las hipótesis serán anotadas en la pizarra por el docente, pero no se indicará la respuesta acertada todavía.

ii) Indagación con el simulador. Una vez finalizado el debate inicial, se dará acceso a los alumnos al recurso y se les pedirá que respondan a las siguientes preguntas:

- ¿Qué sucede con los puntos verdes de la cuerda al crear la onda?
- Explica qué crees que es la amplitud con tus propias palabras.
- Explica qué crees que es la frecuencia con tus propias palabras.
- Después de trabajar con el simulador, ¿qué crees que sucederá con el pájaro que reposa sobre la cuerda?

iii) Puesta en común. Los alumnos compartirán las respuestas que han pensado y el docente irá completando las definiciones de amplitud y longitud de onda conforme vayan apareciendo nuevas ideas. Finalmente, se resolverá la cuestión planteada al principio.



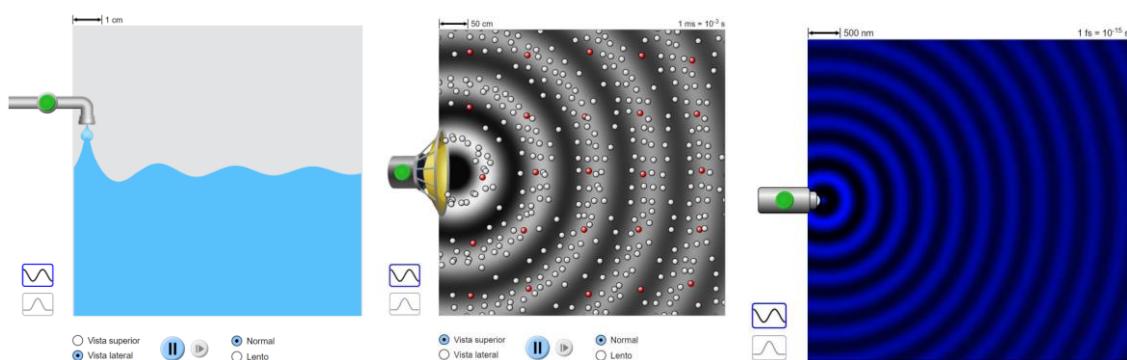
**Figura 5** Interfaz del simulador “Onda en una cuerda”.

La forma de evaluar la actividad será mediante la observación del profesor, que podrá ver en tiempo real la medida en la que los alumnos llegan a conclusiones correctas, pero también con una cuestión en el examen de final de tema.

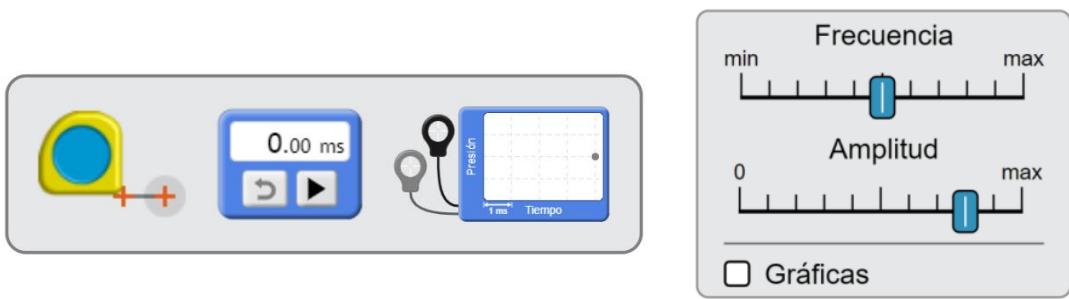
#### b) Propagación de las ondas

El segundo simulador que se plantea es el recurso “Ondas: Intro” de PhET Colorado (). Este simulador, como se muestra en la Figura 6 destaca por permitir trabajar con tres tipos de ondas diferentes (lumínicas, sonoras y ondas en agua), además de poder tomar medidas en tiempo real y modificar los parámetro de onda, como se observa en la Figura 7. Por lo tanto, este simulador permite trabajar los siguientes aspectos fundamentales:

- Diferencias en la propagación entre ondas transversales y longitudinales (OA2)
- Necesidad de materia por parte del sonido y las ondas en el agua para propagarse (OA2)
- Relación entre longitud de onda y el color o la altura del sonido (OA4)



**Figura 6** Interfaz del simulador “Ondas: Intro” para ondas en agua, ondas sonoras y ondas lumínicas.



**Figura 7** Herramientas de medida y ajuste de los parámetros de onda del simulador “Ondas: Intro”.

La actividad que se propone consiste en una gamificación de pistas y acertijos que deberán superar con la ayuda del simulador. Para ello, se dará acceso a la primera dirección web (<https://eduescaperoom.com/enigma/WZdR51NLWVFG>), donde encontrarán cuatro gráficos de onda diferentes que tendrán que ordenar de más agudo a más grave como les indica la pista “de más agudo a más grave, se abre un candado sin cerradura ni llave”. Una vez den con la respuesta correcta, se abrirá automáticamente un segundo acertijo (<https://eduescaperoom.com/enigma/sGC2GKGkeE9I>) que mostrará tres linternas con luz naranja, azul y verde con un número asociado. En esta ocasión la pista será la siguiente “de menor a mayor longitud de onda, se abren las puertas cuadradas y redondas”. De nuevo, al acertar la respuesta, los alumnos serán redirigidos a un nuevo enlace (<https://eduescaperoom.com/enigma/iEZIJmeC7LXT>) en el que aparecerán cuatro nuevos gráficos de onda y la siguiente pista: “una persona con seso ordena de color menos a más intenso”. Otra vez, al acertar, irán a un nuevo enlace (<https://eduescaperoom.com/enigma/J155iaLBvxIK>) con cuatro nuevos gráficos y la pista “¡por favor, baja eso! Ordena de los sonidos de más a menos intenso”. Esta vez, los alumnos serán redirigidos a una página diferente (<https://www.menti.com/altik2jkczq>) en la que tendrán que se les pedirá que escriban en qué se diferencian ondas lumínicas y sonoras, formándose una nube de palabras con las respuestas de toda la clase. Una vez todos los alumnos hayan finalizado, se discutirán las palabras recopiladas, dando por finalizada la sesión.

La forma de evaluar la sesión será, por un lado, la velocidad y la cantidad de problemas presentados por los alumnos para resolver el juego, pero también cuestiones relacionadas en el examen de final de tema.

### c) La luz y el color

Siguiendo con los conceptos de reflexión y absorción que se han trabajado para el sonido en la actividad de eco y reverberación, también se propone una actividad para tratar estos fenómenos en el caso de

ondas lumínicas, mediante el estudio del color. Para ello, se propone el simulador “Taller de iluminación” de la página de Educaplus (<https://www.educaplus.org/game/taller-de-iluminacion>). Este simulador, como se muestra en la Figura 8, consiste en una serie de esferas de colores y una fuente de luz que se puede modificar, de forma que se puede comprobar cómo se ven los distintos colores al cambiar las frecuencias que emite la fuente. La actividad consistiría en una gamificación, basada en un modelo de concurso, utilizando una aplicación como Kahoot! para plantear preguntas sobre cómo se verán las diferentes esferas al ir cambiando la luz y el simulador para comprobar las respuestas.



**Figura 8** *Interfaz del simulador “Taller de iluminación” con luz blanca (A) y luz roja (B).*

El objetivo de esta actividad es, evidentemente, el OA5 “saber explicar los colores observados en base a las frecuencias de luz que absorben/reflejan los cuerpos”. Finalmente, en cuanto a la evaluación, se darán a los alumnos filtros de colores para que miren a través de ellos y experimenten con los objetos de su alrededor e intenten explicar, recurriendo a los conceptos de absorción y reflexión que consideren, cómo funcionan dichos filtros. Esta evaluación podría llevarse a cabo, para lograr una evaluación más individualizada y que los alumnos representen y pongan en palabras sus ideas, siguiendo la metodología de un *one minute paper*.

Esta actividad se puede llevar a cabo como complementación de la presentación del grupo de alumnos que presente el experimento combinación de colores luz y filtros que se discutirá en el apartado 3.5.3. De la misma manera, el docente puede recomendarle esta herramienta a dicho grupo para que consideren incluirla en su presentación.

### 3.5.1.2 Demostraciones prácticas

#### a) *Propiedades y parámetros de las ondas*

Aunque las propiedades y parámetros de las ondas ya se han trabajado con el primer simulador, no hay que desestimar la importancia de las demostraciones experimentales para la comprensión de conceptos. Por ello, se plantean dos experimentos que se pueden llevar a cabo de forma complementaria durante la sesión del primer simulador para ayudar a la comprensión del modelo científico de forma más visual. La primera demostración necesita como material un muelle largo y un cordel lo suficientemente vistoso que atar en un punto cualquiera del muelle. El objetivo es abarcar el OA1 “entender que las ondas transportan energía, pero no materia”, mostrando como en la propagación de las ondas se produce la vibración de cada punto alrededor de un centro de equilibrio sin desplazarse. Para ello, el primer paso es preguntar a los alumnos qué sucederá con el cordel al hacer movimientos transversales con el muelle. Con esta cuestión se identificaron ideas alternativas ya descritas en el primer simulador como pensar que el cordel se desplazará en la dirección de propagación de la onda. Acto seguido, con la ayuda de dos alumnos, se procedió a realizar la oscilación, demostrando cómo el cordel únicamente experimentaba movimientos ascendentes y descendentes sin desplazarse en la horizontal. A continuación, y de forma similar, se repitió el proceso, pero empujando las secciones del muelle, emulando una onda longitudinal.

La segunda demostración, en cambio, es específica para ondas sonoras. Con ella se pretende relacionar la frecuencia de las ondas con la altura del sonido emitido, lo que se relaciona con el OA4 “conocer el impacto que tienen la amplitud y la longitud de onda en la luz y el color”. La actividad consistirá en pedir a los alumnos que sujeten su regla a la mesa con una mano, dejando parte de esta sin estar apoyada como en la fotografía de la Figura 9. A continuación, se les pedirá que golpeen la parte flotante y se fijen en cómo cambia el sonido al cambiar el porcentaje de regla que está sujeto a la mesa.



**Figura 9** Montaje del experimento para relacionar frecuencia con altura sonora.

La evaluación de ambos experimentos se llevará a cabo en el examen de final de tema.

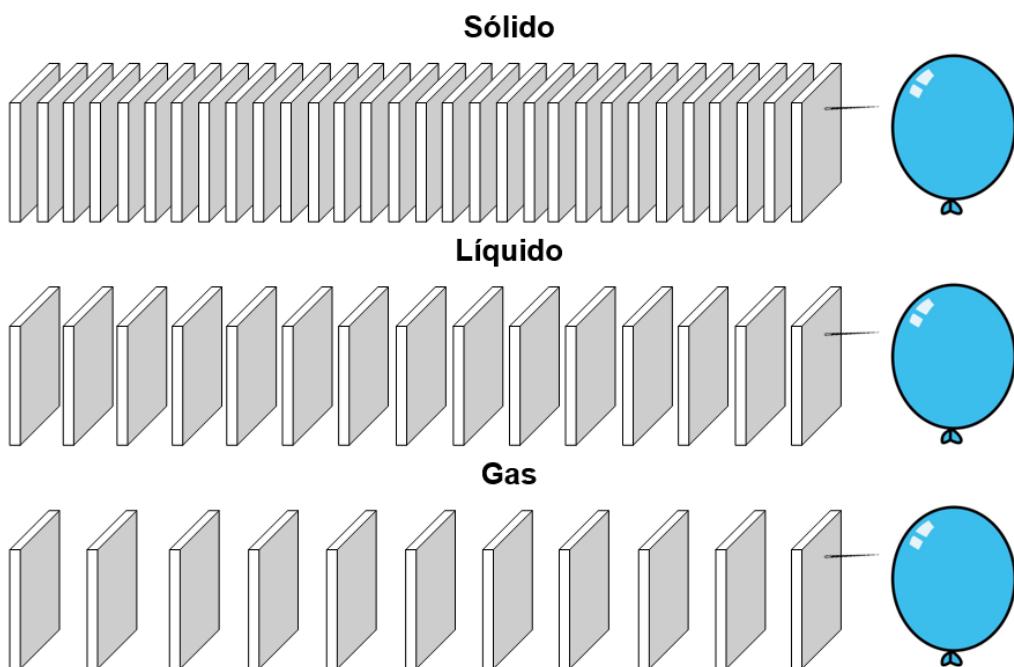
*b) Propagación del sonido*

Como se ha comentado en la sección 3.2, son frecuentes las confusiones relacionadas con la propagación del sonido. Estas confusiones son debidas a la costumbre de escuchar sonidos que viajan a través del aire, además de vivencias que resultan en conclusiones erróneas como el hecho de no entendernos al hablar bajo el agua. Por lo tanto, para trabajar la propagación del sonido, se proponen tres subactividades que se pueden llevar a cabo de forma secuenciada dentro de una clase magistral.

i) *Planteamiento de una pregunta como evaluación inicial.* ¿Por dónde creéis que se propaga más rápido el sonido: sólidos, líquidos o gases como el aire? Con este tipo de preguntas se persigue una doble función. Por un lado, un objetivo de comunicación: los alumnos se acostumbran a poner hipótesis en palabras y se intenta crear un ambiente de debate en el que no se persigue el error, sino que se busca una respuesta conjunta de la clase gracias a la orientación del profesor, intentando quitar el miedo a equivocarse por parte de los alumnos. En segundo lugar, sirve para sacar a la luz los conocimientos previos e ideas alternativas de los alumnos. Como se ha mostrado en la sección 3.2, al plantear esta cuestión durante las prácticas no hubo un consenso entre las respuestas, encontrando un número similar de aciertos (8), errores (7) y abstenciones (7). Sin embargo, se observó que los alumnos que habían dado la respuesta acertada no eran capaces de dar una explicación, lo cual es una limitación conocida de las cuestiones de respuesta múltiple o binaria, por lo que, probablemente, habían votado por la opción que les resultaba menos intuitiva, esperando algún truco, habían acertado por azar o, tal vez, no se atrevieron a manifestar sus pensamientos por inseguridad. De cualquier forma, queda patente la dificultad de aprendizaje que supone comprender las diferencias en la velocidad de propagación del sonido en distintos medios. Para resolver la pregunta se volvió a recurrir al simulador presentado en el apartado 3.5.1.1.b y se explicó cómo al aumentar la densidad de partículas, las “bolitas” lo tienen más fácil para transmitir la vibración a las siguientes, por lo que la onda va más rápido.

ii) *Demostración del concepto.* Para representar el modelo que se presenta en la subactividad anterior, se propone el siguiente experimento. Como material, únicamente son necesarias fichas de

dominó, tres agujas o clavos y tres globos. Para preparar el experimento, únicamente es necesario preparar tres filas de la misma longitud con diferente cantidad fichas levantadas de dominó, de forma que haya una fila muy empaquetada, otra poco empaquetada y una intermedia, pero que la distancia entre fichas nunca llegue a ser suficiente para que una no pueda llegar a tumbar la siguiente. A continuación, se engancha el objeto punzante a la última ficha de cada fila y se pega con celo un globo hinchado delante de cada aguja o clavo. El montaje se presenta en la Figura 10. Evidentemente, la fila más empaquetada corresponde a un material sólido, donde las partículas estás más juntas, el intermedio a un líquido y el último a un gas. Para llevar a cabo la demostración sólo hace falta dar un suave golpe a la primera ficha de las tres filas a la vez. Al disminuir la distancia entre fichas, cada una se tiene que tumbar menos para transmitir su energía a la siguiente, por lo que la propagación es más rápida y el globo explota antes.



**Figura 10** Representación del montaje del experimento propuesto para la comparación de la velocidad de propagación del sonido por materiales en diferente estado físico.

El objetivo de esta actividad es, por ende, ayudar a los alumnos a interiorizar el MCS, abordando las dificultades de aprendizaje recogidas en la Tabla 1 de “no se capaz de pensar que el sonido no se propaga en el vacío”, “pensar que el sonido se propaga más rápido en el espacio” y “pensar que la velocidad del sonido no cambia al pasar de un medio a otro”, persiguiendo el OA3:

comprender las diferencias en la velocidad de propagación del sonido en diferentes medios.

iii) *Planteamiento de una pregunta abierta como evaluación.* ¿Pueden hablar los astronautas en el espacio directamente? Así como la primera subactividad hacía las veces de evaluación inicial, con esta pregunta se pretende evaluar hasta qué punto la demostración anterior logra alcanzar los objetivos planteados. Nótese que no se pregunta directamente cómo es la propagación del sonido en el vacío, donde no hay partículas, sino que se hace una pregunta algo menos directa, pretendiendo que los alumnos relacionen conceptos para interpretar qué se está preguntando. De forma general todos los alumnos llegan a la conclusión de que “sin fichas de dominó no puede explotar el globo”, por lo que en el espacio no se puede hablar directamente. En consecuencia, se concluye que la actividad, aparentemente, logra alcanzar los objetivos.

iv) *Cálculo de la velocidad de propagación en aire.* Finalmente, se propone una última subactividad que pretende aprovechar la discusión sobre la propagación del sonido para recuperar las ecuaciones y conceptos trabajados en el bloque 4 del currículo oficial “El movimiento y las fuerzas” para el cálculo de velocidades en movimientos rectilíneos uniformes. Sirviendo, por lo tanto, a modo de repaso para afianzar conceptos y para demostrar que los contenidos que se trabajan a lo largo de la asignatura están íntimamente relacionados.

Esta actividad consiste en salir a la calle, dar un instrumento de percusión (tambor, platos, ...) a un alumno o profesor y un cronómetro o teléfono móvil al resto de alumnos. A continuación, la persona con el instrumento se separa una distancia de, aproximadamente, 300-400 metros que se haya medido previamente con la ayuda de, por ejemplo, Google Maps y golpea una vez y fuertemente el instrumento. El resto de los alumnos enciende el cronómetro cuando ven dar el golpe y lo paran cuando escuchen el sonido. A partir de los datos que tomen, siendo la distancia conocida, se les pide que calculen la velocidad del sonido y, con los resultados de todos, se saca el valor medio.

Esta subactividad no sólo sirve para reafianzar los conceptos anteriormente mencionados, sino que el hecho de salir del aula ayuda a que los alumnos se interesen y, además, sirve para plantear una nueva discusión sobre la diferencia entre el resultado

alcanzado y el valor teórico de la velocidad del sonido,  $340 \text{ m s}^{-1}$ , sirviendo para introducir temas como:

- El efecto de la presión y la temperatura en la velocidad de propagación del aire
- El impacto del error humano en las medidas
- Incertidumbre de los resultados

### c) *Eco y reverberación*

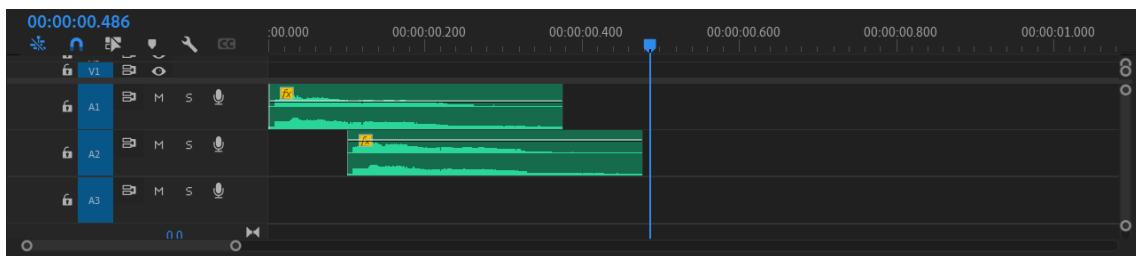
El eco y la reverberación son conceptos que se trabajan al explorar los conceptos de absorción y reflexión de las ondas. *A priori*, ambos conceptos son muy similares y es habitual en la vida diaria que se empleen de manera indistinta. Esto es porque ambos conceptos hacen referencia a un mismo fenómeno: la reflexión de un sonido en una pared que causa que el oído reciba el sonido generado por el foco emisor y, posteriormente, el reflejado por la pared. Es precisamente esta diferencia de tiempo la que distingue el eco de la reverberación. El oído es únicamente capaz de diferenciar

Para tratar estos conceptos, en esta programación se plantean tres subactividades diferentes:

i) *Planteamiento de una pregunta abierta como evaluación inicial.* ¿Dónde observamos el eco? ¿Por qué en clase no tenemos eco? Al llevar a cabo en clase esta actividad, de la primera pregunta, muchos alumnos propusieron el ejemplo clásico de las montañas, mientras que otros mencionaron garajes y museos. Esto se debe a una experimentación previa de este fenómeno, que ya es conocido para ellos; sin embargo, al plantear la segunda pregunta, no todos los alumnos mostraron la misma convicción que en la anterior. Como es habitual en clase de ciencias, conocen el fenómeno, pero no comprenden la causa. Llevó un tiempo, pero, eventualmente y con orientación de los profesores, dos ideas clave salieron a la luz. Por un lado, la competición entre absorción y reflexión que hace que, en espacios con más objetos o en función de la composición de la pared, no haya una única onda que se refleje adecuadamente. Por el otro, la distancia entre la pared y el sujeto. Esta segunda idea era, sin despreciar la primera, la que se estaba buscando y sirvió como trampolín para comentar cómo el oído sólo es capaz de distinguir con claridad señales que se reciban separadas por, al menos, 0,1 segundos.

ii) *Demostración del concepto.* Para demostrar la incapacidad del oído para distinguir sonidos separados por menos de 0,1 segundos, se propone el programa *Adobe Premiere Pro 2022*, ya

que era el programa disponible, pero valdría cualquier otra aplicación de mezcla de sonido. Este programa, como se muestra en la Figura 11, permite manejar diferentes canales de audio que se reproducen de forma simultánea, por lo que es posible insertar la misma pista en dos canales distintos y, modificando la posición relativa de ambos en la escala de tiempo, se puede ver que sólo para diferencias de tiempo superiores a 0,1 segundos se distinguen los dos sonidos. De esta forma, los alumnos pueden experimentar los conceptos de eco y reverberación, ayudando a la comprensión de sus diferencias.



**Figura 11** Esquema de la aplicación empleada para diferenciar eco y reverberación. La posición relativa que se muestra para ambas pistas de audio corresponde a una diferencia de 0,1 segundos.

iii) Aplicación del concepto. Con las subactividades anteriores, los alumnos concluyen que en, por ejemplo, un valle montañoso hay eco, mientras que en una casa vacía hay reverberación dada la diferencia de distancia entre el foco del sonido y las paredes. Con esta última tarea se pretendía que los estudiantes relacionaran estos conceptos con el desarrollo matemático trabajado en el bloque 4 del currículo oficial “El movimiento y las fuerzas” para el cálculo de distancias en movimientos rectilíneos uniformes. Para ello se plantea la pregunta de a qué distancia tiene que estar una persona de una pared para escuchar el eco de su propia voz. Los alumnos hicieron los cálculos y, de forma más o menos general, acabaron llegando a la respuesta correcta.

Con esta actividad se logra, por lo tanto, abordar la idea alternativa recogidas en la Tabla 1 de “no diferenciar entre eco y reverberación” y, además, se puede modificar el volumen de salida del audio para, repitiendo el experimento de la segunda subactividad, tratar la IA de “pensar que el eco depende de la intensidad del sonido”. En consecuencia, se persigue el OA2: distinguir y saber explicar los conceptos de eco y reverberación. A diferencia de la actividad anterior, en esta no se ha llevado a cabo una evaluación ya que, en contraste con la propagación, en este caso la dificultad no es tanto lo poco intuitivo que resulte un concepto, sino el desconocimiento de los términos de eco y

reverberación. Por lo tanto, el instrumento de evaluación de esta actividad será el propio examen final del tema, donde se planteará una pregunta sobre eco y reverberación para ver si han asimilado los conceptos a largo plazo.

### **3.5.2 Taller de instrumentos**

Fuera de las clases magistrales, en esta programación didáctica también se recogen dos sesiones prácticas que llevar a cabo fuera del aula convencional. Esta primera actividad consistirá en una experiencia de indagación en la que se busca que los alumnos colaboren en grupos para fabricar instrumentos musicales con material cotidiano y que sean capaces de explicar:

1. ¿Por qué suena el instrumento?
2. ¿Qué factores afectan a cómo suena el instrumento?

Para esta actividad serán necesarios los siguientes materiales:

- Celo y pegamento
- Tijeras y cúter
- Gomas elásticas
- Cuerdas de distintos materiales
- Cajas de cartón de distinto tamaño
- Botellas de plástico y vidrio
- Arroz de distintas variantes
- Arena
- Monedas
- Pajitas de plástico
- Tubos de cartón de papel de cocina
- Papel de seda
- Tarros de vidrio
- Globos
- Material de clase: bolígrafos, reglas, ...

La actividad constará, de acuerdo con la temporalización, de dos sesiones. En la primera, todos los materiales estarán a disposición de los alumnos que, con la supervisión y ayuda de los docentes, irán montando distintos instrumentos. Conforme los vayan preparando, los profesores plantearán preguntas para despertar la curiosidad de los estudiantes y que prueben a cambiar algún componente para ver cómo afectaría al sonido (e.g., si alguien hace una maraca con botellas de vidrio y arroz, se le puede preguntar si el sonido depende del tamaño del grano). La segunda sesión, por su parte, consistirá en una presentación/debate en la que cada grupo tendrá que preparar una breve exposición sobre uno o dos de sus instrumentos y explicar las dos preguntas planteadas al

principio, relacionándolas con las pruebas que han hecho durante la primera sesión. El resto de los alumnos podrá hacer preguntas a los ponentes y comparar/compartir sus observaciones y resultados con ellos. Esta segunda sesión será la que los docentes empleen para la evaluación de la actividad, basándose en una rúbrica como la mostrada en la Tabla 4.

**Tabla 4** *Rúbrica para la evaluación de los resultados de aprendizaje del taller de instrumentos.*

	Experto	Nivel Avanzado	Aprendiz	Novel	Peso
Explican por qué suena/n su/s instrumento/s	Indican correctamente qué objeto vibra para producir la onda sonora	Indican incorrectamente qué objeto vibra para producir la onda sonora	No indican qué elemento vibra para producir la onda sonora	No explican por qué suena el instrumento	40%
Explican qué factores afectan a cómo suena el instrumento	Presentan los factores que afectan al sonido de los instrumentos, detallando el proceso de indagación que ha llevado a dichas observaciones	Presentan algún factor que afectan al sonido de los instrumentos, detallando el proceso de indagación que ha llevado a dichas observaciones	Presentan factores que afectan al sonido de los instrumentos, pero no detallando el proceso de indagación que ha llevado a dichas observaciones	No presentan factores que afecten al sonido de los instrumentos	40%
Resuelven las preguntas de sus compañeros	Los miembros del grupo resuelven las dudas planteadas haciendo uso de lenguaje propio de la asignatura y de conceptos trabajados en la misma	Los miembros del grupo resuelven las dudas planteadas	Sólo algún miembro del grupo resuelve las dudas de los compañeros	Los alumnos no buscan resolver las dudas de los compañeros	10%
Llevan a cabo una buena exposición	Todos los miembros participan equitativamente en la exposición, que es coherente, muestra cohesión y hace uso de elementos comunicativos para facilitar su seguimiento	Todos los miembros participan equitativamente en la exposición, que además es coherente y muestra cohesión	Todos los miembros del grupo participan en la exposición	No todos los miembros del grupo participan en la exposición	10%

Esta actividad está evidentemente relacionada con los OA7 y OA8 y resultaría de especial interés si se pudiera llevar a cabo en colaboración con el equipo docente de la asignatura de música para que aporten su punto de vista y análisis.

### 3.5.3 Experiencia de laboratorio

Como experiencia de laboratorio se plantea un proyecto de indagación a pequeña escala que se llevará a cabo durante dos sesiones sucesivas. En la primera de ellas, se explicará la metodología a seguir y se hará conocedores a los alumnos de la rúbrica con la que serán evaluados. A continuación, los estudiantes serán distribuidos en grupos e irán al laboratorio, donde previamente se habrán preparados cuatro puestos con diferente material y una tarjeta-guion que describa lo que tienen que hacer para estudiar cierto fenómeno relacionado con la luz, tal y como se recopila en la Tabla 5. Con la ayuda del profesor y utilizando como elemento de consulta el libro de texto, los alumnos deberán identificar el fenómeno que es responsable de sus observaciones y preparar una presentación en la que expliquen dicho fenómeno y sus observaciones, además de mostrarle el experimento a sus compañeros, para la segunda sesión.

**Tabla 5** *Fenómenos, material, descripción y objetivos de aprendizaje relacionados con cada puesto del laboratorio.*

Fenómeno	Material	Descripción	OA
Refracción de la luz al cambiar de medio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vaso de precipitados de 1 L</li> <li>• Agua</li> <li>• Moneda</li> <li>• Lapicero</li> <li>• Papel con una flecha dibujada</li> </ul>	<p>1. Pon el vaso de precipitados encima de la moneda. A continuación, llénalo con agua. ¿Observas alguna diferencia según el ángulo desde el que miras?</p> <p>2. Llena un poco el vaso con agua y sumerge parcialmente el lapicero.</p> <p>3. Pon el papel con la flecha detrás del vaso con y sin agua</p>	2
Reflexión de la luz	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Espejos planos</li> <li>• Circuito de obstáculo s opacos</li> <li>• Papel con una diana dibujada</li> <li>• Láser</li> </ul>	<p>Coloca los espejos de tal manera que el láser llegue a la diana. ¿Veas alguna forma de predecir hacia dónde irá el rayo reflejado de un espejo plano?</p>	2,5

Combinación de colores luz y filtros	<ul style="list-style-type: none"> <li>• LED roja, azul y verde</li> <li>• Filtros de colores</li> <li>• Folios de colores</li> </ul>	Utiliza diferentes combinaciones de los LED para ver qué colores resultan. ¿Cómo se ven alterados por los filtros? ¿Cómo cambia el color de los folios en función de la luz que los ilumina?	4, 5
Lentes y espejos cónicos y convexos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Espejo plano, cóncavo y convexo</li> <li>• Lente cóncava y convexa</li> <li>• Linterna</li> </ul>	¿Qué diferencias notas en tu imagen en cada espejo en función de la distancia a la que te encuentras? ¿Cómo cambia la luz que arroja la linterna después de atravesar cada tipo de lente?	9

La evaluación de la actividad se hará de acuerdo a la rúbrica recogida en la Tabla 6, donde no sólo se contempla la calidad de la presentación de la segunda sesión, sino también la participación y autonomía en la sesión de laboratorio.

**Tabla 6 Rúbrica para la evaluación de los resultados de aprendizaje del trabajo de laboratorio.**

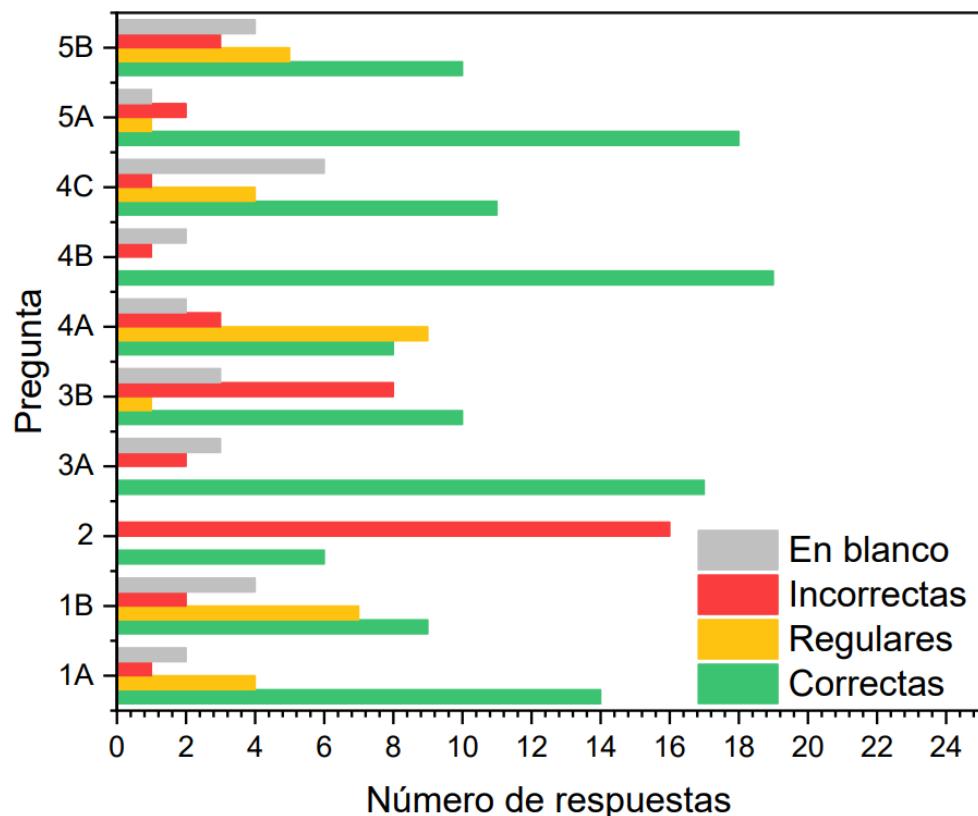
		Nivel			
	Experto	Avanzado	Aprendiz	Novel	Peso
Identifican el fenómeno que interviene en el experimento	Identifican el fenómeno implicado, explican cómo interviene y lo relacionan con observaciones cotidianas	Identifican el fenómeno implicado y explican cómo interviene	Identifican el fenómeno implicado, pero explican cómo interviene	No identifican el fenómeno que implicado	40%
Explican sus observaciones con rigor científico	Explican sus observaciones y procedimientos empleando vocabulario técnico que se ha trabajado durante el bloque, a veces de forma incorrecta	Explican sus observaciones y procedimientos empleando vocabulario técnico que se ha trabajado durante el bloque, a veces de forma incorrecta	Mencionan sus observaciones de forma coloquial y sin utilizar vocabulario propio del tema	No mencionan qué han visto durante el experimento y cómo han llegado a identificar el fenómeno	20%

Participan en el trabajo de laboratorio	Todos los miembros participan de forma autónoma en la experimentación, en la búsqueda de información y ofrecen ideas e hipótesis activamente para explicar las observaciones	Todos los miembros del grupo participan de forma autónoma tanto a la hora de manipular el material de laboratorio como en la búsqueda de información con el libro de texto	Todos los miembros participan en la práctica, pero no son capaces de extraer conclusiones, buscar información en el libro ni manipular el material sin la dirección del docente	No todos los miembros del grupo manipulan el material de laboratorio	20%
Resuelven las preguntas de sus compañeros	Los miembros del grupo resuelven las dudas planteadas haciendo uso de los conceptos trabajados	Los miembros del grupo resuelven las dudas planteadas	Sólo algún miembro del grupo resuelve las dudas de los compañeros	Los alumnos no buscan resolver las dudas de los compañeros	10%
Llevan a cabo una buena exposición	Todos los miembros participan equitativamente en la exposición, que es coherente, muestra cohesión y hace uso de elementos comunicativos	Todos los miembros participan equitativamente en la exposición, que además es coherente y muestra cohesión	Todos los miembros del grupo participan en la exposición	No todos los miembros del grupo participan en la exposición	10%

### 3.6 Análisis de los resultados de aprendizaje

Antes de analizar los resultados de aprendizaje, hay que tener en cuenta a la hora de llegar a conclusiones que el grupo de 2º de ESO que se llevó durante el prácticum II era, de acuerdo con los comentarios del resto profesores, de nivel alto, especialmente por parte de 3 alumnos, sin estudiantes con necesidades especiales y con sólo un pequeño número de alumnos de menor nivel. Por lo tanto, en diferentes grupos cabría esperar resultados diferentes, por lo que se ha sido especialmente crítico con las actividades que han llevado a resultados regulares o negativos, siendo en las que más modificaciones se han incluido respecto a lo realizado en el prácticum para tener una propuesta más global y aplicable a grupos de diferente nivel. A raíz de dichas mejoras cabría esperar resultados mejores que los que a continuación se presentan, pero siguen sirviendo como un marco base de los resultados que se pueden alcanzar.

La evaluación de algunas de las actividades, como la demostración práctica de la propagación del sonido o el taller de instrumentos, ya ha sido descrita en las secciones correspondientes. Sin embargo, para el resto de las actividades se ha presentado el examen de final de tema como instrumento de evaluación de los resultados de aprendizaje. El examen que se llevó a cabo se muestra en el Anexo 3, donde se puede notar que el total de puntos es de 9, lo que es debido a que el último punto corresponde a una pregunta de vocabulario de alemán que no se ha incluido porque queda fuera del marco de esta propuesta. Los resultados del examen se resumen en la Figura 12.



**Figura 12** Recopilación de datos sobre las respuestas del examen de final de tema.

La primera pregunta plantea la comparación y diferenciación de dos parejas de términos. La pregunta 1A hace referencia al OA6 “distinguir y saber explicar los conceptos de eco y reverberación”, mientras que la 1B se refiere al OA2 “diferenciar el modelo de propagación de la luz y el sonido, comprendiendo sus diferencias en la velocidad de propagación en diferentes medios”. En cuanto a los resultados, en la Figura X se observa que hay un bajo número de respuestas incorrectas, pero el número de respuestas que no han alcanzado la puntuación máxima es, sin embargo, elevado. La razón subyace del hecho de que muchas de las respuestas pecaban de ser demasiado vulgares y no hacían uso del vocabulario propio del tema, empleando términos como “rebotar”, “cosa” o “moverse” en lugar de “reflejar”, “medio” o “propagarse”, por ejemplo.

Por ende, se puede concluir que los alumnos son capaces de distinguir las parejas de conceptos, pero es necesario trabajar más la importancia de la terminología científica.

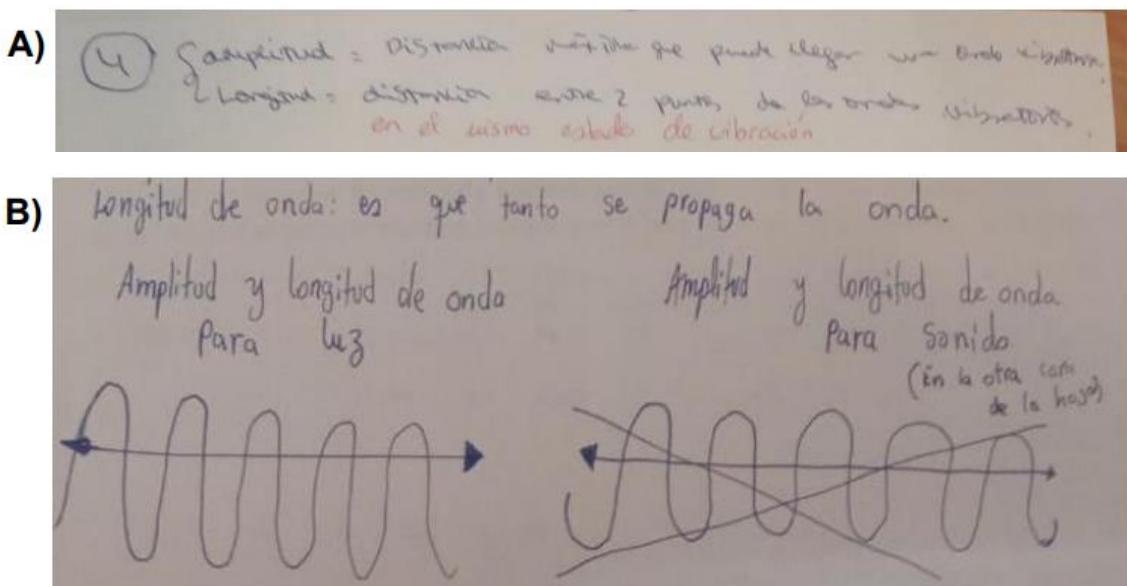
La pregunta 2 es, por su parte, la más controvertida del examen, lo que se refleja en la mayoría de respuestas incorrectas observada. El objetivo de esta cuestión era comprobar si los alumnos habían comprendido las implicaciones de que “las ondas transporten energía, pero no materia” (OA1) o, simplemente, repetían la frase en clase como una consigna. Viendo los resultados, parece razonable asumir que la PD fracasa a la hora de transmitir esta propiedad de las ondas; sin embargo, hay otros factores que explican la baja cantidad de aciertos. Entre ellos se puede destacar que, dados los habituales modelos de examen, los alumnos no están acostumbrados a preguntas en las que aplicar los conceptos impartidos a situaciones que no hayan sido comentadas en clase y, por otro lado, una malinterpretación de vivencias personales. Respecto a este último factor, muchas de las respuestas hacían referencia a experiencias propias en las que estrategias similares a la planteada en la pregunta sí que habían funcionado. Sin embargo, estas observaciones no consideraban otros factores como la presencia de viento, salpicaduras o el ángulo de los golpes sobre el agua. De cualquier modo, es evidente que una mayor incidencia en las implicaciones que tiene que las ondas no transporten materia es necesaria, así como buscar otro enfoque a la pregunta del examen para que resulte más clara a los alumnos. Estas propuestas de mejora se terminarán de discutir en la siguiente sección.

Para analizar la tercera pregunta, se ha dividido la misma en dos cuestiones. La 3A hace referencia a saber cuáles son los colores luz primarios (0.5 pto.) y la 3B a saber explicar las características de un objeto para ser visto de color violeta (1 pto.), ambas asociadas al OA5 “saber explicar los colores observados en base a las frecuencias de luz que absorben/reflejan los cuerpos”. En cuanto a la primera cuestión, se observa una gran mayoría de preguntas correctas y tanto las recuestas incorrectas como en blanco se pueden atribuir, simplemente, a una falta de estudio, ya que no es una pregunta que requiera demasiado entendimiento. La segunda, en cambio, presenta un mayor número de respuestas incorrectas que se pueden dividir en dos grupos:

- a) No saber qué colores se combinan para dar lugar al color cian (6 respuestas)
- b) Pensar que el color percibido se debe a que el objeto absorbe los colores luz que forman el cian (2 respuestas)

Este análisis más exhaustivo de los resultados es bastante tranquilizador, ya que dilucida que el elevado número de respuestas incorrectas no es tanto debido a que los alumnos no entiendan el modelo científico de la percepción del color (respuestas del grupo b), sino a que no habían estudiado lo suficiente el círculo cromático de los colores luz.

La pregunta 4 nuevamente se divide en tres cuestiones. La 4A se centra en explicar los conceptos de amplitud y longitud de onda (0.75), la 4B en identificarlos en un gráfico de ondas (0.25) y la 4C en comprender la implicación que tienen en ondas lumínicas y sonoras (0.5 pto). En este caso, los dos primeros puntos están relacionados con el OA3 “saber identificar la amplitud y la longitud de onda en gráficos”, y el último con el OA4 “conocer el impacto que tienen la amplitud y la longitud de onda en la luz y el color”. De los resultados de las dos primeras preguntas se deduce que los alumnos, en general, tienen en su cabeza la idea de lo que es la longitud de onda y la amplitud, pero muchos de ellos no han alcanzado la puntuación máxima por no dar una descripción completa de los conceptos o no usar terminología correcta, como se muestra en la Figura 13A. Las respuestas incorrectas han sido, principalmente, por pensar que la amplitud se mide desde un valle hasta una cresta y por confundir la longitud de onda con, literalmente, la longitud de la onda, entendida como la distancia de propagación, como se muestra en el ejemplo de la Figura 13B. En cuanto a la tercera cuestión, la mayoría de los alumnos han dado con la respuesta correcta, aunque algunos no han dado los resultados de las magnitudes de longitud de onda porque, según manifestaron en la corrección, en clase se había utilizado más la frecuencia para referirse a ellas. Evidentemente, se trabajó la relación entre ambos conceptos, pero parece que haría falta una mayor insistencia. Finalmente, llama la atención la gran cantidad de alumnos que dejaron este último punto sin responder. Esto, según los propios alumnos, fue debido a que se olvidaron de responder porque la pregunta era “muy larga”. En conclusión, se puede considerar que, en general, la programación didáctica logra alcanzar los objetivos de aprendizaje OA3 y OA4, ya que la mayoría de los errores son debidos, aparentemente, a falta de estudio o, simplemente, falta de comprensión.



**Figura 13** Ejemplos de respuestas de la pregunta 4 valoradas como regular (A) y errónea (B).

Por último, los resultados de la pregunta 5, que evidentemente están relacionados con la consecución del OA9, muestran la importancia de la experimentación a la hora de lograr un aprendizaje significativo que perdure en el tiempo. En este sentido, los resultados son mucho mejores para el primer apartado porque los alumnos recordaban haber visto en el laboratorio cómo su imagen se veía alterada en los diferentes tipos de espejo al acercarse y alejarse de los mismos. En cambio, si bien se hizo una pequeña demostración de lentes convergentes y divergentes, esta no fue específica para lupas ni hacía referencia a cómo estas lentes afectan a las imágenes percibidas, concepto que fue trabajado durante las clases teóricas. De cualquier modo, los resultados, pese a mejorables, son lo suficientemente buenos como para asumir que los alumnos, en su mayoría, conocen las diferencias fundamentales entre espejos y lentes convergentes y divergentes. Además, algunos de ellos hicieron hasta el trazado de rayos para explicar las respuestas, algo que a priori es de nivel muy superior al esperado.

### **3.7 Análisis crítico de la PD y propuesta de mejora**

A lo largo de la propuesta didáctica se han ido comentando las limitaciones que iban apareciendo y ya se han propuesto algunas alternativas para paliar dichos problemas.

Un claro ejemplo es la evaluación inicial, para la que se plantea la alternativa recogida en el Anexo 1, la cual presenta tres ventajas principales sobre la que se ha llevado a cabo. En primer lugar, una evaluación inicial que se va haciendo antes de cada sesión no da tiempo de maniobra a los docentes de cara a adaptar las clases en función de los resultados para tratar las DA e IA identificadas. Por lo tanto, es mejor dedicar una primera sesión, o parte de ella, para esta tarea y, de esta manera, poder adaptar la programación. En segundo lugar, si se lanzan preguntas en voz alta, la evaluación inicial es general para la clase, pero poco individualizada, por lo que es difícil tener registro de qué estudiantes tienen qué problemas. Además, la alternativa que se ha propuesto garantiza que todos los alumnos participan de la misma manera y se evita llegar a una visión sesgada de la clase al atender principalmente las DA e IA de los alumnos más participativos. Finalmente, al no quedar las respuestas por escrito, es más difícil analizar los resultados y recopilar todas las ideas alternativas.

Respecto al examen final, muchos estudiantes han manifestado que preguntas como la número 4 son “demasiado largas” y que, por ello, no terminaban de leer el enunciado. Para mejorar este aspecto, en futuros exámenes se podría separar más claramente las preguntas en apartados, aunque también se puede considerar valioso que los alumnos se acostumbren a leer los ejercicios con atención para desarrollar la comprensión lectora, que será necesaria en futuras pruebas.

#### 4. CONSIDERACIONES FINALES

El punto central del presente trabajo ha sido diseñar una propuesta didáctica para trabajar la luz y el sonido en segundo de Educación Secundaria Obligatoria. Actividad que, en primera instancia, me parecía simple. No obstante, las dificultades comenzaron a aparecer desde el momento en el que consulté el libro de texto y el currículo oficial para identificar los temas que debía abarcar la propuesta. Pensar una actividad en la que se desarrollen competencias relacionadas con un contenido cualquiera es sencillo; sin embargo, la situación es muy diferente cuando hay que abarcar todos y cada uno de los temas que se incluyen en la normativa. Este aspecto queda patente en las sesiones que se presentan en el trabajo. Algunas actividades son más elaboradas y originales, pero otros temas han resultado un rompecabezas en cuanto a diseño. Este es tal vez el porqué de la sobreexplotación de las clases magistrales expositivas, siendo un modelo que requiere mucha menos preparación. Sin embargo, un cambio radical del modelo educativo puede conllevar un problema de adaptación. Por un lado, los padres de los educandos pueden mostrar ciertas reticencias a dejar de lado la manera en la que ellos mismos han sido educados y, por otro, los propios estudiantes, especialmente en cursos más avanzados, pueden tardar en adaptarse a una forma de trabajar. Esta realidad la observé en prácticum, donde no fueron pocos los alumnos que tacharon a este tipo de actividades de ser pérdidas de tiempo o aprovechaban las sesiones con dispositivos digitales para jugar. De cualquier manera, la retención de la atención y la participación fueron muy superiores con estas actividades, por lo que vale la pena insistir en su desarrollo para lograr un cambio que debe ser transversal, atañiendo a padres, alumnos, docentes y gobernantes.

Respecto a mi proceso de aprendizaje durante el máster, es menester poner en valor la cantidad de recursos y actividades que he podido conocer gracias a este curso. La propuesta didáctica no hubiera podido ser desarrollada como lo ha sido sin disponer de los recursos que me ha brindado este máster. Además, este curso también ha impactado en mi desde un punto de vista más psicológico. Este aspecto es, tal vez, menos tangible y resulta difícil de plasmar en un trabajo escrito, pero siento que ahora soy más capaz de entender qué necesita un adolescente de un docente y cómo actuar ante situaciones complejas que se puedan dar en el centro escolar. Por último, la experiencia del prácticum también ha supuesto un acercamiento para mi de lo que es la experiencia docente y el verdadero funcionamiento de un instituto, reafirmando mi interés por esta disciplina.

Al final, considero este trabajo como el culmen en el que se reúnen todos los tipos de actividad que he aprendido a diseñar durante el pasado año, habiendo podido llegar a idear una actividad para cada contenido a tratar. Estas actividades, no obstante, todavía están lejos de ser perfectas, pero las considero como unos buenos cimientos sobre los que desarrollar una programación que valga la pena aplicar. Por todo lo anterior, considero que para seguir formándome como docente es necesaria la experiencia y práctica, que facilitará la identificación de aquellos aspectos que funcionan en una actividad, para potenciarlos, y cuáles no, para sustituirlos. De la misma manera, siendo que nos encontramos en un periodo en el que la didáctica evoluciona a pasos agigantados, es también imperativo el mantenerse actualizado sobre las nuevas actividades y recursos que se desarrollan para poder considerarlos en futuras programaciones.

## 5. REFERENCIAS

- Bolat, M. y Sözen, M. (2009). Knowledge levels of prospective science and physics teachers on basic concepts on sound (sample for Samsun city). *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 1(1), 1231- 1238. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2009.01.220>
- Caleon, I. y Subramaniam, R. (2010). Development and application of a three-tier diagnostic test to assess secondary students' understanding of waves. *International Journal of Science Education*, 32(7), 939-961. <https://doi.org/10.1080/09500690902890130>
- Chu, H-E. y Treagust, D. F. (2014). Secondary Students' Stable and Unstable Optics Conceptions Using Contextualized Questions. *Journal of Science Education and Technology*, 23, 238-251. <https://doi.org/10.1007/s10956-013-9472-6>
- Djanette, B. y Fouad, C. (2014). Determination of University Students' Misconceptions about Light Using Concept Maps. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 152, 582-589. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.09.247>
- Eshach, H., Lin, T. C. y Tsai, C. C. (2016). Taiwanese Middle School Students' Materialistic Concepts of Sound. *Physical Review Physics Education Research*, 12(1). <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.12.010119>
- Fazio, C., Guastella, I., Sperandeo-Mineo, R. M. y Tarantino, G. (2008). Modeling Mechanical Wave Propagation: Guidelines and experimentation of a teaching-learning sequence. *International Journal of Science Education*, 30(11), 1491-1530. <https://doi.org/10.1080/09500690802234017>
- Fernández Palop, M. P. y Caballero García, P.A. (2017). El libro de texto como objeto de estudio y recurso didáctico para el aprendizaje: fortalezas y debilidades. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 20(1), 201-217. <http://dx.doi.org/10.6018/reifop.20.1.229641>
- Galgovsky, L.R., Bonán, L. Adúriz Bravo, A. (1998). Problemas con el lenguaje científico en la escuela. Un análisis desde la observación de clases de ciencias naturales. *Enseñanza de las ciencias* 16(2), 315-321.
- Giuliano, M., Perez, S., Sacerdoti, A., Nemirovsky, I., Marchisio, S. y Concari, S. (2010). Análisis multivariado para la caracterización de perfiles de docentes de física. *Técnica Administrativa*, 09(02).
- Groves, F. H. (1995). Science vocabulary load of selected secondary science textbooks. *School Science Review*, 95(5), 231-235.
- Guisasola, J., Zuza, K., Ametller, J. y Gutiérrez-Berraondo, J. (2017). Evaluating and redesigning teaching learning sequences at the introductory physics level. *Physical Review Physics Education Research*, 13(2), 020139. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.13.020139>
- Hernández, M., Couso, D. y Pintó, R. (2012). The analysis of students' conceptions as a support for designing a teaching/learning sequence on the acoustic properties of materials. *Journal of Science Education and Technology*, 21(6), 702-712. <https://doi.org/www.jstor.org/stable/41674498>.

- Hernández-Ramos, J. P. y Torrijos, P. (2020). Kahoot! en la formación de los futuros profesionales de la educación. *Hakedemos: revista educativa digital*, 29, 23-31.
- 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), 020114. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.6.020114>
- Kennedy, E. M. y de Bruyn, J. R. (2011). Understanding of mechanical waves among second-year physics majors. *Canadian Journal of Physics*, 89(11), 1155-1161. <https://doi.org/10.1139/p11-113>
- Martín-Díaz, M. J. (2013). Hablar ciencia: si no lo puedo explicar, no lo entiendo. *Revista Eureka sobre Enseñanzas y Divulgación de las Ciencias*, 10(3), 291-306.
- Osorio, Y. W. (2004). El experimento como indicador de aprendizaje. *Boletín PPDQ*, 43, 7-10.
- Osuna, L.; Martínez-Torregosa, J.; Carrascosa, J. y Verdú, R. (2007). Planificando la enseñanza problematizada: el ejemplo de la óptica geométrica en educación secundaria. *Enseñanza de las ciencias*, 25(2), pp. 277-290.
- Osuna, L., Martínez-Torregosa, J. y Menargues, A. (2012). Evaluación de la enseñanza problematizada sobre la luz y la visión en la educación secundaria obligatoria. *Enseñanzas de las Ciencias*, 30(3), 295-317.
- Osuna, L., Carrascosa, J. y Martínez, S. (2022). *Ideas alternativas sobre la luz, la visión y el color*. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/361468096\\_IDEAS\\_ALTERNATIVAS\\_SOBRE\\_LA\\_LUZ\\_LA\\_VISION\\_Y\\_EL\\_COLOR](https://www.researchgate.net/publication/361468096_IDEAS_ALTERNATIVAS_SOBRE_LA_LUZ_LA_VISION_Y_EL_COLOR)
- Rico, A., Ruiz-González, A., Azula, O. y Guisasola, J. (2021). Dificultades de aprendizaje del modelo de sonido: una revisión de la literatura. *Enseñanzas de las Ciencias*, 39(2), 5-23. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3217>
- Rossing, T. D., Moore, R. F. y Wheeler, P. (2001). *The Science of Sound* (3.ª ed.). San Francisco: Addison-Wesley
- Sözen, M. y Bolat, M. (2016). Developing an achievement test for the subject of sound in science education. *Journal of Education and Learning*, 5(2), 149. <https://doi.org/10.5539/jel.v5n2p149>
- Wellington, J. y Osborne, J. (2001). *Language and literacy in science education*. Milton Keynes, England: Open University.
- West, E. y Wallin, A. (2013). Students' learning of a generalized theory of sound transmission from a teaching-learning sequence about sound, hearing and health. *International Journal of Science Education*, 35(6), 980-1011. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.589479>
- Yager, R. E., Akcay, H., Choi, A. y Yager, S. O. (2009). Student success in recognizing definitions of eight terms found in fourth grade science textbooks. *Electronic Journal of Science Education*, 13(2), 83-99.

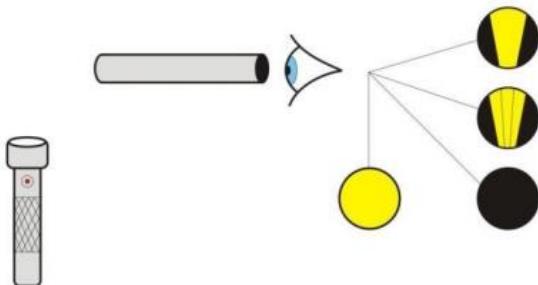
## ANEXOS

### A1. Propuesta de evaluación inicial

Nombre: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Grupo: \_\_\_\_\_

**1. ¿Qué se verá a través del tubo al encender la linterna en una habitación totalmente a oscuras? Rodea la respuesta que consideres más acertada.**



**2. En Star Wars usan espadas láser como las que se muestran en la imagen, consistiendo en una especie de linterna de la que emana el rayo láser. En el mundo real, cómo crees que se vería la espada en realidad.**



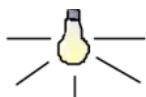
**3. Cuando vemos un objeto iluminado de color rojo es porque...**

- A) El objeto absorbe la luz roja y refleja la demás.
- B) El objeto refleja la luz roja y absorbe la demás.
- C) Es el color propio de ese objeto, puede cambiar de intensidad según lo potente que sea la luz, pero siempre lo veremos rojo.

**4. Si iluminamos un objeto azul con luz roja, lo veremos...**

- A) Azul
- B) Morado
- C) Negro

**5. ¿Por qué el observador puede ver la manzana?**



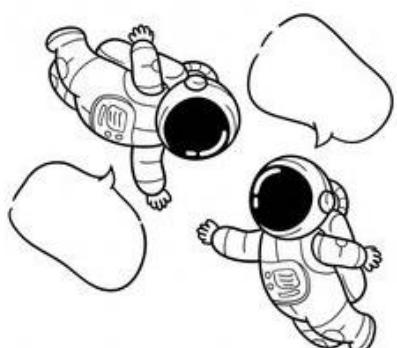
- A) Porque el objeto manda la mirada a la manzana, que está iluminada
- B) La manzana, al ser iluminada, crea una imagen que se transporta hasta el ojo
- C) Parte de la luz se refleja en la manzana y llega la imagen hasta el ojo.
- D) Parte de la luz se refleja en la manzana y el ojo construye la imagen.

**6. Al cabo de un rato moviendo el brazo, dónde estará el punto de la cuerda**



- A) A la misma altura, pero más a la derecha porque se mueve con las "olas" que se forman en la cuerda.
- B) Más a la derecha, pero puede que a diferente altura.
- C) En el mismo punto, pero puede que a diferente altura.
- D) Más a la izquierda, pero puede que a diferente altura.

**7. ¿Esta imagen es posible?**



- A) No, porque el sonido no viaja por el vacío
- B) Sí, mejor que en el aire porque en el vacío hay menos partículas y el sonido viaja más rápido
- C) Sí, pero peor que en el aire porque el sonido va demasiado rápido
- D) Sí, igual que en el aire normal

**8. ¿Cuál de las siguientes ondas sonoras suena más fuerte? ¿Cuál será más aguda?**

**9. Si cambio hago una guitarra con las cuerdas más largas sonará...**

- A)
- B)
- C)
- D)

## A2. Temporalización extendida

A continuación se presenta una versión de la temporalización con las sesiones de clase desglosadas en cada uno de los apartados del trabajo. Las sesiones que trabajan conceptos fundamentales de onda, el sonido y la luz están resaltadas en verde, azul y naranja, respectivamente

Actividad	Sesión										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Evaluación inicial	X										
3.5.1.1 a)		X									
3.5.1.2 a)		X									
3.5.1.1 b)			X								
3.5.1.2. b)				X							
3.5.1.2 c)					X						
3.5.1.1 c)						X			X		
Taller de instrumentos				X	X						
Experiencia de laboratorio							X	X			
Examen									X		

### A3. Examen de final de tema

#### FÍSICA Y QUÍMICA

Nombre: \_\_\_\_\_ Curso: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_ Nota: \_\_\_\_\_

1. Define o diferencia: (2 pto.)

A) Eco y reverberación:

B) Ondas mecánicas y electromagnéticas:

2. Ana y Marta están jugando a fútbol en el jardín y, sin querer, la pelota acaba en medio de su piscina de manera que ninguna llega a cogerla con la mano. Aunque no hay viento, sí que hace fresco y ninguna quiere mojarse, por lo que Ana propone la siguiente solución: "Si damos golpes trasversales al agua que está cerca de nosotras, crearemos una onda que, eventualmente, transportará la pelota hasta la otra orilla". ¿Funcionará el plan de Ana o tendrán que mojarse para recuperar el balón? Explica tu respuesta. (1 pto.)

3. ¿Qué tres colores primarios componen la luz blanca que viene del sol? Explica qué características debe tener un objeto para que lo veamos de color cian. (1.5 pto.)

4. Explica los conceptos de: amplitud y longitud de onda. Represéntalos en un dibujo/esquema e indica con qué magnitud se relaciona cada uno para la luz y el sonido (color, volumen, ...). (1.5 pto)

5. ¿Verdadero o falso? Justifica tu respuesta en caso de que una afirmación sea falsa (2 pto.)

a) En un espejo cóncavo siempre nos vemos bocabajo y más pequeños.

b) Una lupa es una lente divergente ya que separa los rayos de luz haciendo que los objetos parezcan más grandes.