

# TALLER DE RESONANCIAS: UNA HERRAMIENTA INTERDISCIPLINAR PARA EDUCACIÓN PRIMARIA

Antonio Eff-Darwich

*Universidad de La Laguna, Instituto de Astrofísica de Canarias, INVOLCAN*

Pere Ll. Pallé, Alfred Rosenberg González

*Instituto de Astrofísica de Canarias*

**RESUMEN:** La Naturaleza nos brinda una gran variedad de fenómenos, como el sonido, la música, la luz, el movimiento de los planetas, el Sol, los terremotos o los volcanes, que tienen algo en común, su carácter oscilatorio/cíclico. Este hecho puede servir como hilo conductor para ofrecer al alumnado de Educación Primaria una forma distinta de aprender sobre el mundo que les rodea y sobre la estrecha relación entre conceptos que ven aparentemente desligados, como pueden ser la música, las matemáticas, la historia o las propiedades de la materia. La conexión entre todos estos saberes se llevará a cabo a través de una serie de talleres sencillos y baratos que van desde la construcción de un péndulo simple a la fabricación de un altavoz con un trozo de papel y un motor eléctrico.

**PALABRAS CLAVE:** método científico, oscilaciones, sonido, Educación Primaria.

**OBJETIVOS:** El objetivo principal de este proyecto es mostrar al alumnado que hay numerosos fenómenos de naturaleza oscilatoria/cíclica, como el sonido, los terremotos, la música o las órbitas planetarias. Este hecho se usará para demostrar que las distintas áreas en las que se divide el currículo (música, matemáticas, lengua, ciencias naturales, entre otros) están interrelacionadas. Otro objetivo de este proyecto consiste en aprender desde la perspectiva del método científico (observar, medir, analizar, realizar hipótesis, entre otros) y desde una perspectiva social (descripción de momentos históricos, consecuencias en la sociedad, entre otros).

Finalmente, este proyecto pretende utilizar tanto el sonido como la imagen como herramientas didácticas. El alumnado asocia el uso del sonido al área de música, por lo que su utilización en otras áreas le resultará intrigante y motivador.

## MARCO TEÓRICO

Los resultados sobre percepción de la ciencia (FECYT, 2014) indican que un 25% de la población española no muestra interés por la ciencia, en gran parte por no entenderla. Es necesario poner coto a esta situación desde edades tempranas. Para ello, la enseñanza-aprendizaje de la ciencia en todos los niveles educativos debe ser más manipulativa, analítica y menos memorística. Esta forma de acercar la ciencia al estudiante se basa en un principio básico: la utilización del método científico como recurso didáctico clave en la enseñanza de la ciencia. Esta idea no es novedosa, siendo además el centro de

partida de metodologías didácticas como el Aprendizaje Basado en Problemas y el Aprendizaje Basado en Proyectos (Bybee, 2011; Verduin, 1968). Básicamente, se quiere enseñar ciencia haciendo ciencia.

El método científico y su contrapartida educativa pueden aplicarse al análisis de infinidad de fenómenos, por ejemplo aquellos que tienen una naturaleza oscilatoria o cíclica, como son el sonido (y la música), los terremotos, las órbitas planetaria o la propia luz. Sin embargo, todos ellos tienen históricamente poca visibilidad en el currículo de Educación Primaria (Roig, 1982), por lo que no se explotan ni exploran sus enormes posibilidades como recursos didácticos de primer orden. En este sentido, hay infinidad de trabajos (artículos, páginas web, material multimedia, entre otros) acerca de la enseñanza-aprendizaje de fenómenos ondulatorios, en particular el sonido y la música (Perales Palacios, 1997), pero es difícil encontrar una visión globalizada e interdisciplinar sobre estos procesos adaptados a la Educación Primaria.

## METODOLOGÍA

Este proyecto consiste en una serie de actividades en las que el alumnado pone en práctica el método científico y aprende a trabajar simultáneamente distintas áreas, alejándolo de la concepción del aprendizaje como un conjunto de áreas estancas sin conexión. Es un proyecto abierto, donde se definen unos recursos, con un hilo conductor, para que sea el profesorado de cada centro escolar el que los adapte a sus necesidades curriculares específicas: curso al que van dirigido, el tiempo que le dedica a cada actividad, el agrupamiento del alumnado, la metodología de aprendizaje y evaluación y cualquier aspecto organizativo. Se trabajan algunos contenidos (oscilaciones, terremotos, frecuencia, péndulo, entre otros) que ni siquiera se mencionan explícitamente en el currículo de Educación Primaria (BOE, 2014), pero que serán utilizados como recursos o extensiones de contenidos curriculares. Cada actividad puede ser llevada a la práctica de manera independiente, según las necesidades del profesorado, aunque se propone un orden cronológico para llevarlas a cabo:

### El péndulo simple

Con esta actividad se introduce el concepto de oscilación, o sea un movimiento que se repite cíclicamente. Para ello se utilizará un péndulo, construido con una cuerda fina y una plomada. Usaremos 3 plomadas de distinta masa (50, 100 y 150 g) y 3 cuerdas de varias longitudes (20, 30 y 40 cm). En esta actividad tienen como finalidad responder, mediante la experimentación, a las siguientes preguntas: ¿Depende el periodo de oscilación del péndulo de la longitud del hilo?, ¿y de la masa de la plomada?, ¿y del ángulo inicial de la cuerda respecto a la vertical?

Esta experiencia es muy completa, ya que los alumnos deben medir tiempos, longitudes, masas y ángulos, usando cronómetros, reglas, balanzas y transportadores de ángulos. Los alumnos de cursos avanzados realizarán gráficas con los resultados y que distintos equipos hagan las mismas mediciones para calcular valores promedios. Para alumnos de los primeros cursos, la experiencia puede simplificarse al caso de la longitud del hilo y, en lugar de medir, comprobar visualmente si el péndulo oscila más rápido o más lento según la longitud de la cuerda.

Los alumnos obtendrán un resultado que les llamará la atención: el periodo o frecuencia de oscilación del péndulo sólo depende de la longitud de la cuerda, no de su masa o ángulo de lanzamiento. A estas alturas de la actividad, el alumnado debe estar familiarizado con un nuevo vocabulario: oscilación, frecuencia y/o periodo.

La actividad hasta ahora conecta de forma natural las áreas de ciencias de la naturaleza y matemáticas; se busca ahora la conexión con las ciencias sociales, en particular con el estudio del Sistema Solar.

El péndulo realiza un movimiento cíclico que depende de la longitud de la cuerda; en el siglo XVII Johannes Kepler se preguntaba si el movimiento cíclico de los planetas alrededor del Sol también dependía de una longitud, en este caso su distancia a nuestra estrella. Efectivamente, cuanto más lejano está el planeta del Sol, más tarda en volver a un mismo punto de su recorrido, como los péndulos. Se puede utilizar una cuerda con una bola atada a uno de sus extremos (hará de planeta); si en lugar del movimiento pendular, se pone la bola a girar (el otro extremo de la cuerda debe estar fijado, por ejemplo, al techo del aula), veremos cómo esta tarda más en hacer un giro cuando la longitud de la cuerda aumenta. De esta manera se conecta la explicación del movimiento planetario al de un simple péndulo, trabajando conjuntamente las áreas de ciencias de la naturaleza, matemáticas y ciencias sociales.

## Resonancias

La actividad comienza con un reto para los alumnos: en un listón de madera (u otro material ligero y manejable) fijamos tres péndulos de distinta longitud, separados 4 o 5 cm unos de otros. Se pedirá a algún alumno (la estrategia de elección o el número de alumnos que lo hagan se deja a discreción del profesorado) que sostenga el listón por sus extremos e intente hacer oscilar uno de los tres péndulos (los otros dos deben quedar casi quietos) moviendo el listón de madera. Es un reto complicado, que se resuelve moviendo rítmicamente el listón a la misma frecuencia que la del péndulo en cuestión, siguiendo la misma técnica que en el balanceo en un columpio. Este fenómeno se denomina resonancia y consiste en amplificar el movimiento oscilatorio de un cuerpo inyectándole energía a su frecuencia de oscilación.

Para conectar esta actividad con el área de ciencias sociales se usará otro listón de madera en el que los péndulos son sustituidos por 3 varillas metálicas flexibles (20, 25 y 30 cm) atornilladas. Las varillas son lo suficientemente flexibles para oscilar, pero lo suficientemente rígidas para poder ponerlas verticalmente. Las varillas simulan edificios de distintas alturas y el listón, el terreno. Ahora el reto consiste en hacer oscilar una de las tres varillas mediante el movimiento del listón, que equivale a provocar un terremoto (vibración del listón), y ver su efecto en los edificios. Sólo los edificios que oscilen con el mismo periodo que el listón se moverán, como ocurre en la realidad con el efecto de los movimientos sísmicos sobre los edificios. Esta es una interesante actividad introductoria para realizar en comunidades donde el riesgo por eventos sísmicos y volcánicos es apreciable, como es el caso de Andalucía (terremotos) o Canarias (volcanes) y donde la preparación de la sociedad ante estos fenómenos (y su comprensión) debe empezar desde las etapas educativas más tempranas.

## El monocordio

En las actividades anteriores los periodos de oscilación se situaban en torno a 1 segundo, o lo que es lo mismo, a una frecuencia de 1 Hz. ¿Qué ocurre cuando la cuerda (del péndulo) oscila entre 20 y 20000 veces por segundo? Para responder a esta pregunta se va a construir un monocordio, uno de los instrumentos de cuerda más antiguos que se conocen y que hasta el mismo Pitágoras debió utilizar. El monocordio consiste en un listón de madera de unos 40 cm de longitud con un hilo elástico muy tenso atado a sus extremos. Si se rasga ese hilo, como si fuera la cuerda de una guitarra, se aprecia que el elástico se pone a oscilar rápidamente (cientos de veces por segundo) y produce un sonido; y esa es la respuesta de la actividad: una cuerda, o cualquier objeto, que vibre u oscile entre 20 y 20000 veces por segundo emite sonidos audibles por el ser humano.

Para conectar la actividad con educación musical y matemáticas, cabe recordar que al acortar la longitud de la cuerda de un péndulo, el periodo de oscilación también se acortaba (oscilaba más rápi-

damente). En el caso del monocordio, si se acorta la longitud del elástico (simplemente presionamos el elástico hacia el listón con un dedo, como si tocásemos una guitarra) el periodo de vibración se acorta y eso se traduce en un sonido más agudo. Si alargamos la longitud del elástico, el sonido se hará más grave. Pitágoras observó que cuando las longitudes de dos cuerdas están en relación 2:1 o 3:2, producen sonidos armoniosos al tocarlas juntas. Descubre, de esa forma, el formalismo matemático que hay detrás de las escalas musicales; en su caso la escala pentatónica. El alumnado puede calcular la posición en el monocordio donde puntear para producir las distintas notas de la escala pentatónica; para ello deberá calcular fracciones ( $1/2$  o  $2/3$ ) de la escala inicial. Es, en este sentido, una actividad muy completa para ligar música y matemáticas.

## Oír sin oídos

Con esta actividad se estudia el funcionamiento de los órganos receptores del sonido en el cuerpo humano. Comienza con la explicación del sistema auditivo (la forma de hacerlo queda a discreción del profesorado); en este sentido, el alumnado debería comprender que un cuerpo vibrando entre 20 y 20000 veces por segundo, transmite esa oscilación al aire y que el oído registra esa oscilación del aire y el cerebro la interpreta como sonido.

Pero, y si esa vibración no llegara por el aire y el oído, ¿el cerebro la interpretaría también como un sonido? Dicho de otra forma, ¿se puede oír sin usar los oídos? Necesitaremos construir un pequeño dispositivo que consiste en un cable de audio, que en un extremo conectaremos a la salida de audio de un ordenador u otro dispositivo de sonido y por el otro extremo soldaremos a un pequeño motor eléctrico (de los que contienen los cepillos de dientes eléctricos). Al conectar el cable a la salida de audio del ordenador y poner una canción u otro sonido, pasará corriente eléctrica al motor que empezará a girar en un sentido u otro dependiendo de la señal que recibe, poniéndose a vibrar por este efecto. Si se pega el motor a un palo de madera (de helado o depresor lingual), y se pide a algún alumno (de nuevo a discreción del profesorado) que lo muerda y ponemos una canción en el dispositivo de sonido, veremos como el alumno afirmará que está oyendo la música dentro de su cabeza. Es una actividad sorprendente para el alumnado, pero en realidad lo que pasa es que la vibración del motor (que corresponde a la del sonido de la música) se transmite al palo y de ahí a la mandíbula y al resto del cráneo, que la transmite al nervio auditivo. En definitiva, el cuerpo es capaz de oír sonidos que no se transmiten por el aire ni se detectan por el oído.

Esta actividad puede acabar con otra experiencia sorprendente. Si se pega el motor, conectado a un dispositivo de audio, a un trozo de papel, se oirá como el papel emite la música que recibe, como si fuera un altavoz. En este caso, la vibración del motor se transmite al papel, que vibra, pasa esa vibración al aire que es recogida por el oído.

## Cierre

En la actividad de cierre se enumeran los conceptos aprendidos durante la realización de los módulos de este proyecto: la existencia de fenómenos de carácter oscilatorio/cíclico en la Naturaleza; el péndulo es un ejemplo simple de movimiento oscilatorio; el sonido se produce por la oscilación (vibración) del cuerpo emisor a una frecuencia elevada (20 a 20000 veces por segundo); la música es un conjunto de sonidos emitidos por unos cuerpos que cumplen una serie de relaciones matemáticas (fracciones).

## RESULTADOS

Durante 2016 el proyecto fue probado en 6 centros escolares, con alumnos de cuarto a sexto curso de Educación Primaria en la isla de Tenerife. Se llevaron a cabo las distintas actividades del proyecto para refinarlas y ajustarlas a los objetivos que se marcaron, pero no se realizaron pruebas evaluativas con el alumnado. Cabe recordar que este tipo de pruebas, así como la organización espacial y temporal de las actividades, las debe diseñar el profesorado. La valoración general del profesorado fue muy positiva; quedaron gratamente sorprendidos por el espíritu globalizador e interdisciplinar del proyecto, la utilización de herramientas del método científico y la participación activa del alumnado. Especialmente positiva fue su respuesta acerca de su necesaria participación en el diseño específico del taller, que dependerá del centro escolar, curso y grupo de alumnos.

El siguiente paso será presentar el proyecto a una audiencia más amplia, a través de charlas-taller en Centros de Profesores (CEP) y de tutoriales online. Un resultado a medio plazo consistirá en crear un repositorio online con las adaptaciones realizadas por el profesorado y los consecuentes resultados de aprendizaje.

## CONCLUSIONES

El taller de resonancias es un proyecto interdisciplinar que pretende mostrar al alumnado que hay numerosos fenómenos de naturaleza oscilatoria/cíclica, como puede ser el sonido, los terremotos, la música o las órbitas planetarias. A través de una serie de actividades, enmarcadas en el currículo de Educación Primaria, el alumno trabaja simultáneamente diferentes áreas y sobre todo los fundamentos del método científico. El taller sirve de guía al profesorado para que defina la secuencia de actividades según sus necesidades específicas. Los primeros resultados de la puesta en marcha del proyecto en centros educativos de Tenerife son bastante prometedores dada la buena acogida entre profesorado y alumnado.

## AGRADECIMIENTOS

Este proyecto está financiado por el proyecto ‘Escucha, Explora y Aprende FCT-15-9519’ de la Fundación Española para la Ciencia y Tecnología y el proyecto SPACEINN (FP7-SPACE-2012-1/CF-FP) del Séptimo Programa Marco Europeo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOE (2014). Real Decreto 126/2014, de 28 de febrero, por el que se establece el currículo básico de la Educación Primaria.
- BYBEE, R. W. (2011). Inquiry is essential. *Science and Children*, 48 (7), 8-9.
- FECYT (2014). *Informe Percepción Social de la Ciencia y la Tecnología 2014*. Recuperado de <https://www.fecyt.es/es/publicacion/percepcion-social-de-la-ciencia-y-la-tecnologia-2014>.
- PERALES PALACIOS, F.J. (1997). Escuchando el sonido: Concepciones sobre acústica en alumnos de distintos niveles educativos. *Enseñanza de las Ciencias*, 15 (2) 233-247.
- ROIG, J. (1982). El sonido, un tema olvidado. *Cuadernos de Pedagogía*, 90, 54-56.
- VERDUIN, J. R. (1968). Implementing the scientific method in the elementary school. *Sci. Ed.*, 52, 162-167

