

¡ESTO ME SUENA!: MÚSICA Y CIENCIA

Carlos Durán Torres
Centro de Ciencia PRINCIPIA. Málaga
carlosduran@principia-malaga.com

Resumen

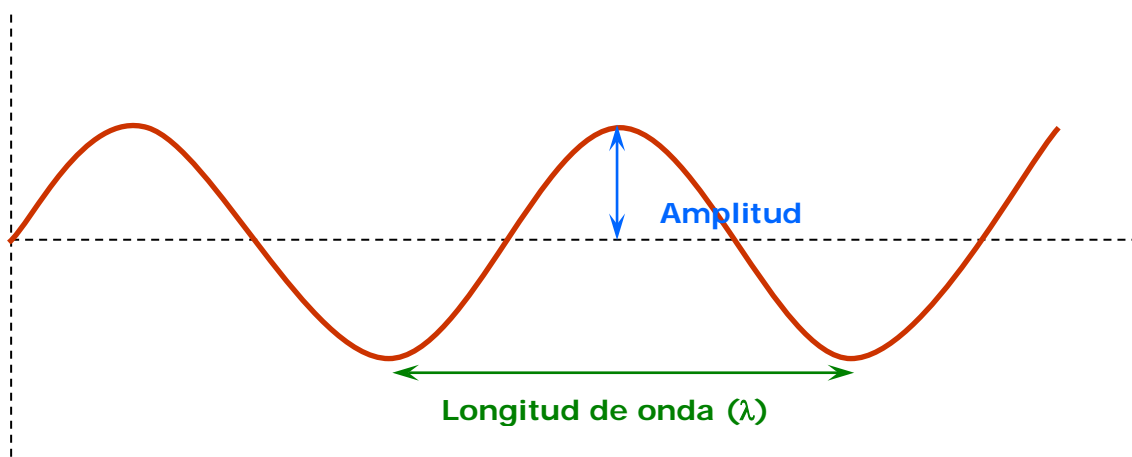
Mediante la realización de experiencias sencillas, se puede poner de manifiesto la relación que existe entre la música y la ciencia, en concreto con la física y las matemáticas. Utilizando materiales asequibles se ve la relación entre las características del sonido y las de las ondas. También se pueden observar experiencias relacionadas con el fenómeno de la resonancia. La realización de instrumentos sencillos para utilizar con toda la clase sirve para comprender cómo está fabricada la escala musical y su relación con las matemáticas.

Aunque la música y la ciencia parece que no tienen nada en común, si se analiza con más detenimiento, se observa que para que se produzca la música es necesario producir sonidos, en realidad la música en sí no existe ya que lo que llamamos música es sólo la sensación que producen en nuestro cerebro las ondas sonoras que excitan el nervio auditivo.

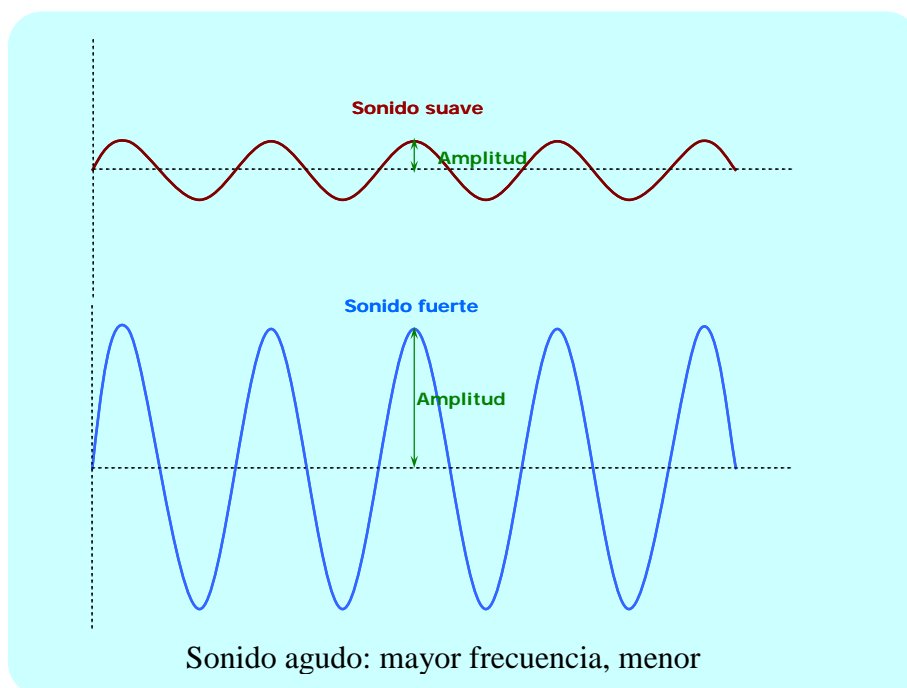
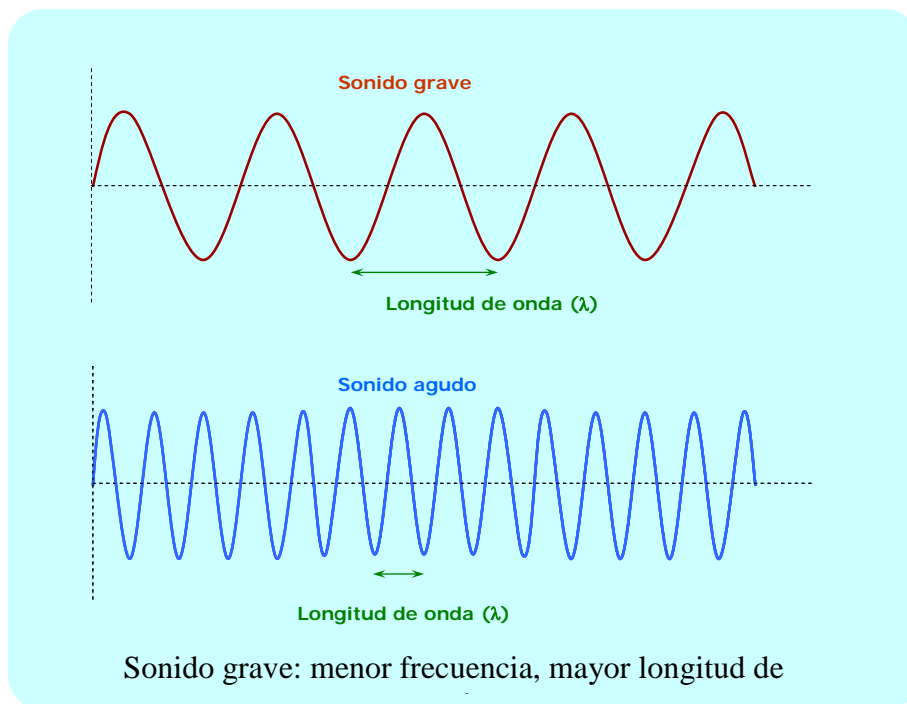
El sonido es energía que se transmite a través de ondas materiales por un medio y precisamente hay una parte de la ciencia que estudia este fenómeno: la acústica. Es aquí donde confluyen la música y la ciencia. Aunque parece que no existe relación entre ambas disciplinas, la música es una de las artes que está más relacionada con las ciencias, en concreto con la física y las matemáticas.

La acústica estudia la producción del sonido, su transmisión y sus cualidades mientras que la música se ocupa de la sensación que las ondas sonoras producen en nuestro cerebro.

Las cualidades de los sonidos (**tono, sonoridad, timbre y duración**) están estrechamente relacionadas con las características de las ondas (**frecuencia, amplitud, forma de la onda y tiempo**). Esto hace que se pueda utilizar la música para hacer una aproximación a la ciencia de forma que resulte atractiva mediante la realización de experiencias que pongan de manifiesto esa relación.



La forma en que se produce el sonido se puede observar mediante la utilización de varillas de metal: si se utiliza una varilla de aluminio maciza de un grosor de 12 mm y una longitud de 120 cm suspendida de una cuerda (Fig. 1) y se golpea en su centro con un objeto metálico, se puede comprobar la vibración de la varilla tanto con la vista (en los extremos y en el centro), como con el oído al percibir el sonido que produce la barra.



Se puede poner de manifiesto la forma de vibración y la onda que se produce en la barra viendo como no se aprecia vibración en los puntos donde esta suspendida. Golpeando en un extremo en lugar de en el centro se puede observar la diferencia entre **ondas transversales y longitudinales**.



Fig. 1

Si se utiliza una varilla más corta se puede ver la relación que existe entre la longitud de la varilla y la frecuencia del sonido que emite: varilla larga-sonido grave; varilla corta-sonido agudo. Aprovechando que se están produciendo sonidos mediante una varilla que se golpea se puede hablar de las distintas formas de producción del sonido en música: **percusión, viento y cuerda**.

Para producir sonido mediante el viento, se puede utilizar la flauta dulce, pero resulta más atractivo para los alumnos usar la flauta de émbolo donde se puede poner de manifiesto como varía el tono según la longitud del tubo al igual que ocurre con las varillas metálicas, o algún tipo de juguete que emplee este método: tubo sonoro (Fig.2) que sólo produce los sonidos de un acorde porque discrimina las frecuencias que no “caben” en él, o un tapón con lengüeta que se hace deslizar por un tubo.



Fig.2

Al hablar del tercer grupo de instrumentos, los de cuerda, dado que los alumnos suelen tener claro cómo funcionan, se puede introducir un fenómeno físico que están directamente relacionado con este tipo de instrumentos: **la resonancia**, poniendo de relieve que casi todos emplean la “caja de resonancia”. Existen muchas experiencias que se pueden llevar a cabo en el aula para poner de manifiesto este fenómeno:

Cajita de música: empleando el mecanismo de una cajita de música, que es fácil de adquirir en tiendas de juguetes, se puede hacer funcionar y ver cómo se amplifica el sonido cuando se pone en contacto con la caja de un diapasón o al apoyarlo sobre una mesa, mientras que si se hace funcionar en el aire el sonido es mucho más débil. Fig.3

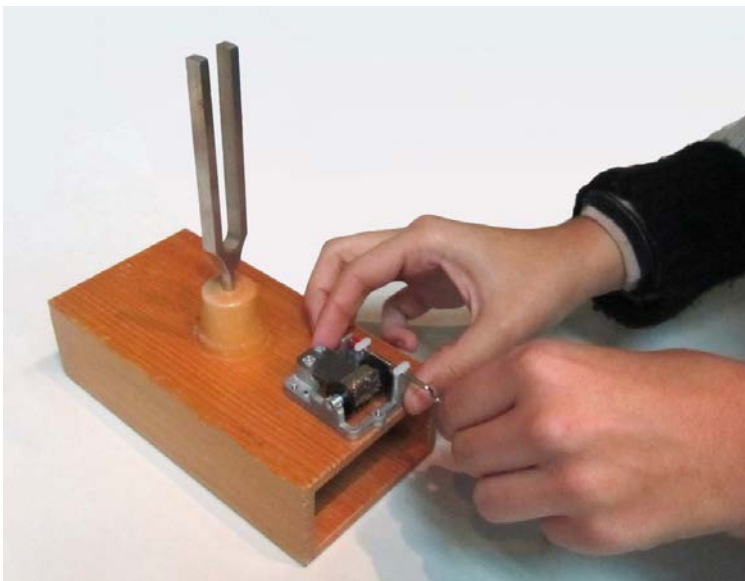


Fig.3

Diapasón y pelota de ping pong: Si se suspende una pelota de ping pong de un hilo y se pone en contacto con el extremo de un diapasón que esté situado en su caja de resonancia, la pelota rebotará cuando se haga vibrar otro diapasón de la misma frecuencia que el primero, pero no lo hará si la frecuencia es diferente. Fig.4

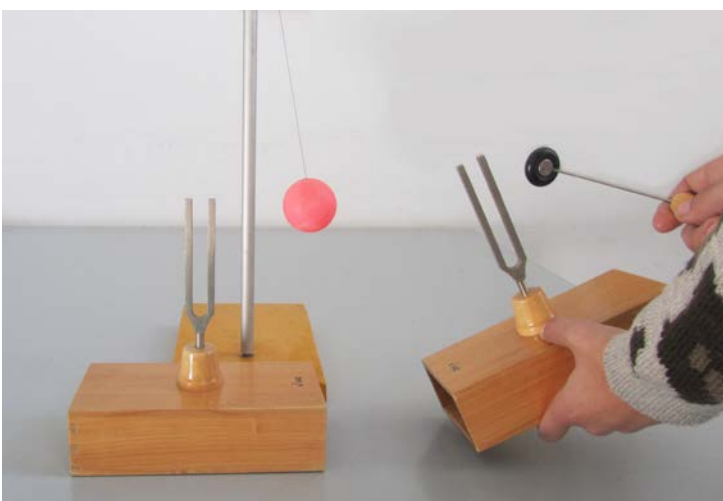


Fig.4

Globo sonoro: un globo inflado con una tuerca hexagonal de 6 mm dentro “sonará” cuando se haga girar la tuerca en su interior. Fig.5



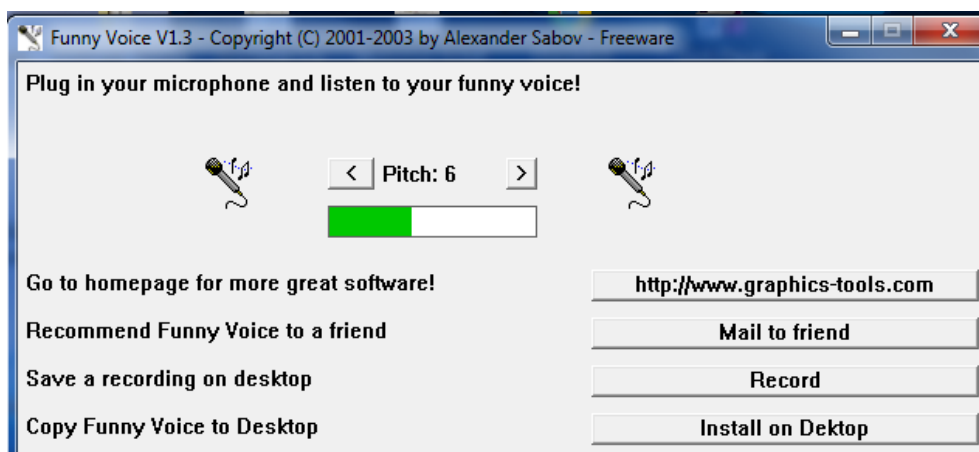
Fig.5

Mediante un muelle de los que se pueden adquirir en las jugueterías (Slinky), se pueden poner de manifiesto las características principales de las ondas. Variando el ritmo de oscilación de la mano, podemos ver la relación que existe entre ese ritmo (frecuencia) y la forma de la onda (longitud de onda y amplitud) y se puede hablar de la relación entre las magnitudes físicas de la onda y las características musicales del sonido: frecuencia-tono, amplitud-sonoridad y forma de la onda-timbre. Fig. 6

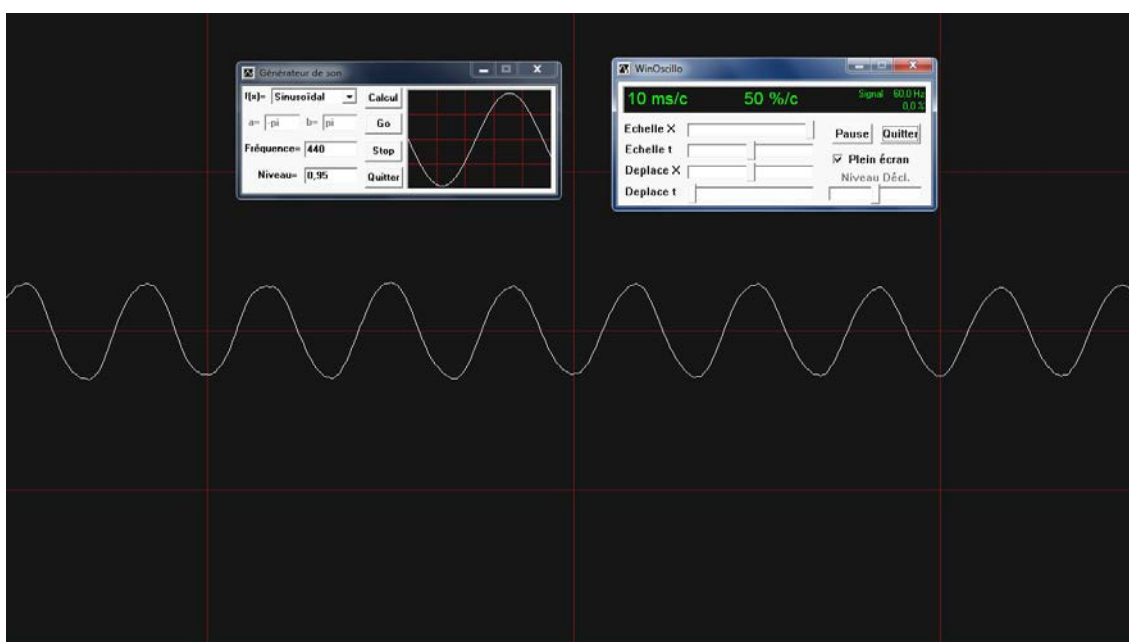


Fig. 6

Para poner de manifiesto la relación entre el tono de un sonido y la frecuencia de la onda asociada se pueden emplear dos programas que están a disposición en Internet de forma gratuita y que son muy fáciles de utilizar. El primero de ellos es **Funny Voice**, con el que se puede cambiar el tono de la voz de alguien que habla por el micrófono, en tiempo real. Lo único que se necesita es un ordenador con el programa, un micrófono conectado a él y unos altavoces. Se pueden conseguir que la voz de quien hable parezca la de un “pitufu” o la de un monstruo.



El segundo programa, **WinOscillo**, simula un osciloscopio, es decir un aparato para ver las ondas que produce un sonido. También está disponible en la red de forma gratuita y es de fácil uso. Con él se puede ver claramente la relación entre **frecuencia-tono, amplitud-sonoridad y forma de la onda-timbre**. Como en el programa anterior, sólo se necesita un ordenador con el programa, un micrófono conectado a él y unos altavoces.



Pantalla del programa WinOscillo

Otra experiencia en la que se pone de manifiesto la relación entre música y ciencia (matemáticas en este caso) consiste en realizar una pequeña orquesta en clase con la utilización de tubos de PVC cortados a longitudes adecuadas. (Cross y Ferrer-Roca. 2011)

Para calcular las longitudes de los tubos se debe tener en cuenta la relación que existe entre las distintas frecuencias de las notas y su longitud de onda, lo que nos proporcionaría la longitud de los tubos. Para determinarlos se debe partir de que según la forma de producirse el sonido golpeando los tubos (Fig.8) en cada tubo cabe un cuarto de la longitud de onda.

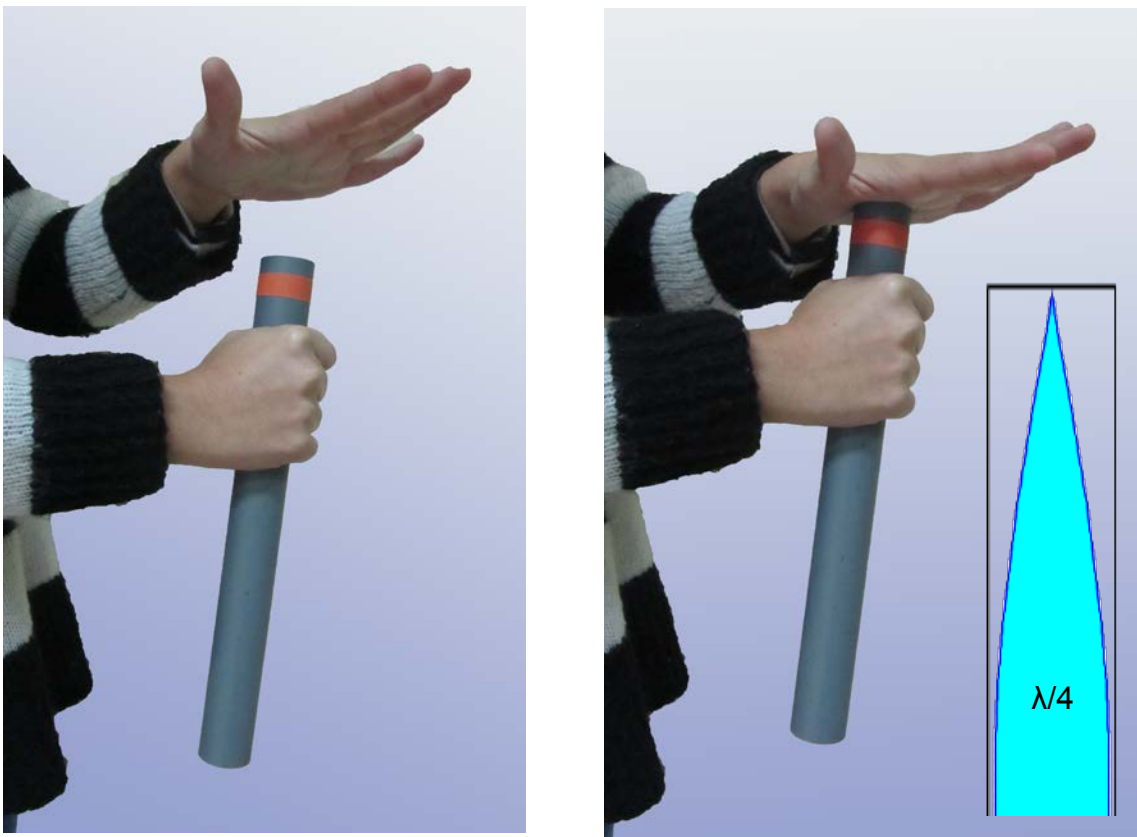


Fig.8

La velocidad del sonido en el aire (alrededor de 340 m/s) es igual al producto de la frecuencia de un sonido (440 hercias para el La₃) por su longitud de onda:

$$\text{velocidad del sonido}(v) = \text{frecuencia}(f) \cdot \text{longitud de onda}(\lambda)$$

$$v = f \cdot \lambda$$

Por tanto:

$$\text{longitud de onda } (L_{a_3}) = \text{frecuencia} / \text{velocidad del sonido}$$

$$\lambda = v/f$$

es decir:

$$\text{longitud de onda (La}_3) = 340\text{m/s} / 440 \text{ Hz} = 0,7727 \text{ m} = 77,27 \text{ cm}$$

Puesto que en el tubo cabe $\frac{1}{4}$ de esa longitud de onda, si se divide por 4 se obtiene una longitud de **19.32 cm**, que resulta muy adecuada para la longitud de los tubos de manera que resulten manejables.

Para obtener las longitudes de las demás notas, lo único que se debe tener en cuenta es la relación entre las frecuencias (o las longitudes de onda) que existen en la escala temperada, donde un semitono equivale a $\sqrt[12]{2}$ es decir, 1,059:

$$\text{longitud de onda (La}_3) / \text{longitud de onda (La}_3\#) = \sqrt[12]{2} = 1,059$$

dada la longitud de un tubo para una nota determinada (19.32 cm para el La₃), las longitudes de las notas que estén un semitono por encima o por debajo se calculan multiplicando o dividiendo esta longitud por 1.059:

$$\text{longitud del tubo para La}_3 : 19.32 \text{ cm}$$

$$\text{longitud del tubo para La}\#_3 : 19.32 \text{ cm} / 1.059 = 18,24 \text{ cm}$$

$$\text{longitud del tubo para Sol}\#_3 : 19.32 \text{ cm} \cdot 1.059 = 20,46 \text{ cm}$$

para obtener las longitudes correspondientes a un tono superior o inferior a una nota dada habrá que volver a realizar de nuevo la misma operación:

$$\text{longitud del tubo para La}_3 : 19.32 \text{ cm}$$

$$\text{longitud del tubo para Si}_3 : 19.32 \text{ cm} / (1.059)^2 = 17.4 \text{ cm}$$

$$\text{longitud del tubo para Sol}_3 : 19.32 \text{ cm} \cdot (1.059)^2 = 21.9 \text{ cm}$$

con lo que se tendrían las siguientes relaciones entre notas y longitudes de los tubos:








	Do ₃	Re ₃	Mi ₃	Fa ₃	Sol ₃	La ₃	Si ₃	Do ₄
Frec. (Hz)	261	294	330	349	392	440	494	522
Long. (cm)	32.8	29.2	26	24.6	21.9	19.5	17.4	16.4

Si se utilizan tubos de PVC cortados según estas medidas y se reparte uno a cada alumno, se pueden interpretar algunas piezas. La forma de hacerlos sonar es golpearlos repetidamente con la palma de la mano tal como se muestra en la fig.8. Cada tubo lleva una tira de un color según la nota que produce. Fig.9



Fig.9

La “partitura” consiste en figuras de colores que representan los sonidos. Conforme se va señalando cada color se van golpeando los tubos. De esta manera no hace falta ningún conocimiento musical y pueden participar también alumnos con deficiencias de tipo auditivo. Incluso se pueden interpretar piezas a varias voces.

						
---	---	---	---	---	---	---

Correspondencia entre notas y colores

Campanitas del lugar

Two staves of musical notation in 4/4 time. The first staff contains 14 notes, and the second staff starts at measure 7 and contains 14 notes. Below each note is a colored square representing its pitch. The colors are: Red, Red, Blue, Blue, Purple, Purple, Blue, Green, Green, Yellow, Yellow, Orange, Orange, Red, Blue, Blue, Green, Green, Yellow, Yellow, Orange.

Campanitas del lugar

A grid of colored squares arranged in three rows and seven columns. The colors are: Row 1: Red, Red, Blue, Blue, Purple, Purple, Blue; Row 2: Green, Green, Yellow, Yellow, Orange, Orange, Red; Row 3: Blue, Blue, Green, Green, Yellow, Yellow, Orange.

Partitura sin notas

Four rows of colored squares arranged in a grid. The colors are: Row 1: Blue, Blue, Purple, Blue, Green, Blue, Yellow, Blue, Blue, Green, Green, Yellow; Row 2: Yellow, Orange, Yellow, Yellow, Green, Blue, Blue, Blue, Green, Green, Yellow; Row 3: Purple, Purple, White, Pink, Purple, Blue, Yellow, Red, Blue, Blue, Green, Green, Yellow; Row 4: Yellow, Orange, Yellow, Yellow, Green, Blue, Blue, Blue, Green, Green, Yellow.

Partitura a dos voces

Con estas experiencias se puede hacer una aproximación a las ciencias a través de la música y poner de relieve la relación que existe entre ellas.

Referencias

- Ana Cross, Chantal Ferrer-Roca. Física por un tubo. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias 8 (Núm. Extraordinario), 393–398, 2011. <http://hdl.handle.net/10498/14542>
- CarlosDuran.http://www.principia-malaga.com/p/index.php?option=com_zoo&task=item&item_id=11&category_id=1&Itemid=53