

BOOMWHACKERS: ORIGEN, ACÚSTICA Y PROPUESTA DE APLICACIONES DIDÁCTICAS PARA LA EDUCACIÓN SECUNDARIA OBLIGATORIA

BOOMWHACKERS: ORIGIN, ACOUSTIC AND PROPOSAL FOR DIDACTIC APPLICATION IN SECONDARY EDUCATION

Carmen García Martínez

Asociación Musico-Cultural “Las Musas” de Guadalupe

Recepción: 19-10-2023

Aceptado: 31-10-2023

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.16911651>

Resumen

El artículo presenta una breve aproximación al set de instrumentos de percusión conocido como boomwhackers, un conjunto de tubos sonoros codificados por colores creados por Craig Ramsell en 1995. Este trabajo persigue abordar el origen de estos instrumentos y sus características más elementales. Asimismo, pretende explicar las diferentes características organológicas de estos tubos y las peculiaridades del comportamiento acústico de éstos para aproximar al alumnado de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) al fenómeno de las ondas sonoras y el comportamiento de estas en instrumentos tan cotidianos como los boomwhackers. Como último objetivo se establece desarrollar una serie de propuestas didácticas contextualizadas dentro del marco educativo de las enseñanzas de Música en la Educación Secundaria Obligatoria. Basándonos en una variada revisión documental, la metodología que se aplica en esta investigación es de carácter analítico y descriptivo. A modo de conclusión, se ha logrado recoger y ofrecer al lector un análisis detallado que permita tanto a docentes como al alumnado de Música en la ESO conocer las características fundamentales de los boomwhackers, su clasificación organológica y proporcionar una serie de propuestas didácticas que impliquen a estos instrumentos puede establecer un puente de conexión entre el profesorado y la diversidad del alumnado de las enseñanzas musicales en la ESO.

Palabras clave: Boomwhackers, Tubos Sonoros, Educación Secundaria Obligatoria.

Abstract

The article presents a brief approach to the set of percussion instruments known as boomwhackers; a set of color-coded sound tubes created by Craig Ramsell in 1994. This work seeks to address the origin of these instruments and their most basic characteristics. Likewise, it aims to explain the different organological characteristics of these tubes and the peculiarities of their acoustic behavior to bring Compulsory Secondary Education (ESO) students closer to the phenomenon of sound waves and their behavior in such everyday instruments as boomwhackers. The final objective is to develop a series of didactic proposals contextualized within the educational framework of Music teaching in ESO. Based on a varied documentary review, the methodology applied in this research is analytical and descriptive in nature. In conclusion, it has been possible to collect and offer the reader a detailed analysis that allows both teachers and students of Music in ESO to know the fundamental characteristics of the boomwhackers, their organological classification and providing a series of didactic proposals that involve these instruments can establish a bridge of connection between the teaching staff and the diversity of the students of musical education in ESO.

Keywords: Boomwhackers, Sound Tubes, Secondary Education,

Introducción

Los boomwhackers son un set de tubos de plástico de diferentes longitudes que, actualmente, se emplean en contextos educativos, preferiblemente Educación Primaria cómo en la Educación Secundaria. Este conjunto de instrumentos, creados y patentados por Craig Ramsell, en 1995, fueron desarrollados a partir de un suceso cotidiano. Ramsell se dispuso a cortar unos tubos de cartón en diferentes longitudes para reciclarlos, cuando se percató del potencial musical que dichos cilindros podían tener. Los instrumentos fueron patentados y comenzaron a construirse en plástico de diversos colores asociados, por longitud, a diferentes notas musicales (Greenberg, 2008)

Este set de instrumentos está asociado a la familia de los instrumentos de percusión y su funcionamiento es muy sencillo. El sonido se produce con la estimulación del tubo a través de un golpe. Cuando los tubos son golpeados con diferentes partes del cuerpo, sobre mobiliario u otro tubo, suena un tono. No obstante, se recomienda no golpear los tubos contra el mobiliario ya que los instrumentos pueden sufrir daños. La determinación del tono viene dada por la longitud del tubo y, a su vez, cada tubo tiene asignado un color vivo, que puede identificarse fácilmente por los niños y adolescentes. La calidad del sonido y la afinación de los tubos es tal, que los errores no se hacen tan evidentes y el sonido en conjunto es agradable desde el principio, aumentando la motivación de los estudiantes (Weber, 2015).

Para la interpretación musical con estos instrumentos, las partituras o recursos musicales empleados específicamente para boomwhackers se apoyan en el uso de colores y notación específica para indicar qué tubo se debe tocar y cuándo. Por otro lado, en lugar de utilizar notas musicales tradicionales, las partituras para boomwhackers emplean una notación gráfica simple. Se pueden usar símbolos, formas y líneas para representar ritmo y duración de las notas. Por ejemplo, las líneas horizontales en la partitura pueden representar el tiempo y la duración de las notas. Por otro lado, también puede emplearse la grafía musical de las figuras rítmicas atribuyéndole los diferentes colores a las cabezas de éstas. Estas características hacen que el uso de los

Boomwhackers en Educación Primaria y en Secundaria, o en cualquier etapa educativa, sea un recurso didáctico muy motivador y atractivo para niños y jóvenes, haciéndoles partícipes de la interpretación y la creación musical.

1. Clasificación organológica y acústica de los boomwhackers

Según la clasificación organológica de Hornbostel-Sachs, basada en los aspectos técnicos de la producción de sonido, los instrumentos se clasifican en cuatro grupos: idiófonos, membranófonos, cordófonos y aerófonos. Los boomwhackers son considerados instrumentos de percusión y, atendiendo a la clasificación anterior, son instrumentos idiófonos. Un idiófono es un instrumento de percusión con sonido propio ya que utiliza su propio cuerpo como material resonador. Su sonido se produce, principalmente, por la vibración del propio cuerpo, sin uso de cuerdas, membranas ni columnas de aire (Hornbostel & Sachs, 1914).

No obstante, los boomwhackers también comparten características con los instrumentos aerófonos. Estos tubos de plástico flexible son lo suficientemente rígidos como para establecer ondas estacionarias en su interior. Es decir, se comportan como tubos sonoros. Este mismo hecho, sucede con las cajas de resonancias de madera utilizadas para los diapasones. Éstas se comportan como tubos sonoros, con una longitud de onda de aproximadamente 4 veces la longitud interna de la caja. Las cajas de resonancia se ajustan con precisión a la frecuencia del diapasón y si se golpea su superficie con un mazo blando, se producirá un sonido tonal claro que coincidirá con el tono del diapasón. En este caso, si consideráramos la caja como un instrumento musical, su comportamiento acústico es propio de un aerófono. Pero, debido al sonido, a la fabricación y al método de interpretación se define como un idiófono (Fuks, 2023).

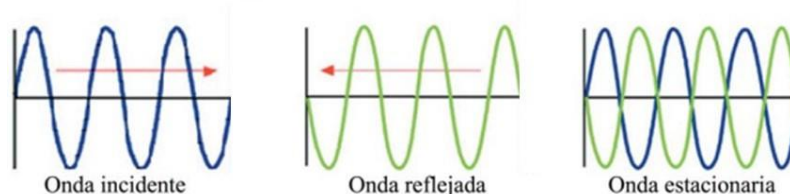
Para conocer el comportamiento acústico de este set de instrumentos es necesario abordar previamente algunos aspectos de la acústica de las ondas sonoras y a dos cualidades fundamentales del sonido: la altura y la intensidad. La acústica es la ciencia que estudia el sonido, siendo el sonido elemento

indispensable para la música (Lewcock, 2001). El sonido es la sensación que percibe el cerebro al captar, a través del aparato auditivo, las ondas producidas por un cuerpo elástico que vibra (De Olazábal, 1954). La vibración o movimiento vibratorio de un cuerpo elástico se produce mediante un estímulo. Sus partículas se desplazan pendularmente, de manera bidireccional desde su punto de equilibrio, desplazando únicamente energía y no materia, generando así una onda estacionaria (De Olazábal, 1954). En este caso, la estimulación se produce al golpear uno de los extremos de los tubos. El golpe provoca la vibración del tubo y de esta manera se desplaza la energía produciendo una onda estacionaria que, a su vez, produce un tono determinado.

La onda estacionaria se forma por la interrupción de dos ondas de la misma naturaleza que se propagan en sentido opuesto a través de un medio. El punto de interrupción de las ondas se denomina nodo. Por el contrario, los vientres o antinodos son los puntos donde las ondas vibran con una amplitud de vibración máxima, produciéndose la suma máxima de energía de las ondas (Merino et al., 2012). La siguiente Figura 1 representa el recorrido de ida y vuelta que realiza una onda y cómo la onda de ida y de vuelta interfieren entre ellas creando una onda estacionaria:

Figura 1

Interferencia y origen de las ondas estacionarias



Nota. Imagen obtenida de López y García (2010).

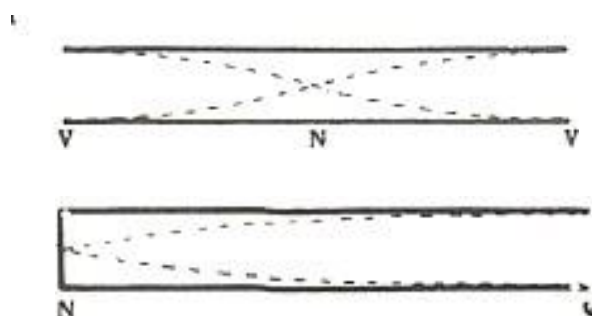
Un sonido se caracteriza por cuatro propiedades: la intensidad, la duración, el timbre y el tono. No obstante, en este estudio se va a hacer alusión al tono y a la intensidad y la relación de estas dos cualidades con los parámetros acústicos de la frecuencia y la amplitud de onda. La frecuencia mide el número de ciclos o repeticiones de la onda por unidad de tiempo. Su unidad de medida

son los hercios. La frecuencia está relacionada con la altura o tono del sonido (Merino et al., 2012). Por ejemplo, la frecuencia de 440 hercios se correspondería a la nota La3. Por otro lado, la amplitud indica la distancia entre el punto más desviado de una onda con respecto a su punto de equilibrio. Este parámetro se mide en decibelios y está vinculado a la intensidad del sonido. A mayor número de decibelios, mayor es la intensidad del volumen (Merino et al., 2012). En primer lugar, para que en un tubo sonoro se generen ondas estacionarias, se necesita que los nodos y los vientres de las ondas se formen en lugares concretos. Por el contrario, no se produciría una vibración, sino una simple corriente de aire generada en una sola dirección.

Como se ha mencionado anteriormente, los boomwhackers pueden comportarse tanto como tubos sonoros abiertos como cerrados. Es decir, las vibraciones que ocurren dentro de la columna aérea dentro de los tubos sonoros presentarán un comportamiento diferente en cada uno de los casos. En el caso de los tubos abiertos los vientres de vibración se sitúan en los extremos del tubo. En el caso de los tubos cerrados, en el extremo cerrado se produce el primer nodo y a continuación, el vientre de vibración (De Olazábal, 1954). Este hecho se muestra en la siguiente Figura 2:

Figura 2

Vientres y nodo en un tubo abierto (arriba) y uno cerrado (abajo)



Nota. Imagen obtenida en De Olazábal (1954).

Según las Leyes de Bernoulli, la frecuencia del sonido producida por un tubo sonoro es directamente proporcional a la velocidad de propagación e inversamente proporcional a la longitud del tubo. Es decir, la longitud del tubo establece la frecuencia de la nota. A mayor longitud del tubo, su frecuencia será más baja; se producirá un sonido más grave. Por el contrario, a menor longitud del tubo, el sonido será más agudo. Esto se resume en la siguiente fórmula (Figura 3):

Figura 3

Cálculo de la longitud de un tubo sonoro

$$\text{Longitud del tubo} = \frac{\text{velocidad del sonido (343m/s)}}{2 \text{ veces Frecuencia de la nota}} - (0,6 \cdot \text{Diámetro del tubo})$$

Nota. Fórmula adaptada De Olazábal (1954).

Además, a igualdad de longitud entre un tubo abierto y otro cerrado, el tubo abierto produce un sonido de frecuencia el doble que el cerrado. Es decir, el tubo abierto produce un sonido a la octava (González, 2009). En los boomwhackers se utilizan los tapones octavadores para que actúen como tubos cerrados. Estos tapones se colocan en uno de los extremos del tubo, modificando su frecuencia una octava por debajo. No obstante, atendiendo al estudio realizado por Dalen (2020) siempre existe una pequeña desviación entre la frecuencia ideal de la nota y la frecuencia real de los boomwhackers. En la siguiente Tabla 1 se puede comparar ambas frecuencias y la desviación:

Tabla 1*Desviación de la frecuencia en los boomwhackers*

Nota	Frecuencia ideal equivalente a escala temperada (hz)	Frecuencia medida en los boomwhackers (hz)	Desviación
Do	261.63	263.0	+1.37
Re	295.5	293.66	+1.84
Mi	329.63	330.5	+0.87
Fa	349.23	350.5	+1.27
Sol	392.00	393.5	+1.50
La	440.00	441.5	+1.50
Si	493.88	494.0	+0.12
Do´	523.25	522.0	+1.25

Nota. Tabla extraída de Dalen, N.G.A. van (2020, p. 17).

Por otro lado, la intensidad del sonido en los boomwhackers va a relacionarse con la fuerza que se aplique en la estimulación del objeto, la solidez del cuerpo estimulante y el grosor del tubo. A mayor fuerza aplicada y mayor solidez del cuerpo con el que se golpea, mayor intensidad. Por otro lado, a mayor grosor de un tubo se necesitará más fuerza para hacerlo vibrar y, por lo tanto, la intensidad es más baja. Cuanto más fino es el tubo, se necesitará menos esfuerzo para hacerlo vibrar y la intensidad será mayor.

2. Metodología para la didáctica de los boomwhackers

Los boomwhackers ofrecen una metodología activa y un enfoque práctico para el aprendizaje de la música. A medida que el alumnado va adquiriendo habilidades musicales básicas con los tubos sonoros, pueden aplicar estos conocimientos a otros instrumentos y aspectos de la educación musical.

Como ha sido mencionado anteriormente, el uso de los boomwhackers es muy sencillo. En cuanto a la producción del sonido, tan sólo debemos estimular el tubo, o tubos, a través de un golpe. Por otro lado, la lectura musical y la asignación de tonos está basada en la seriación de colores. Esta asociación de colores está fundamentada, en gran parte, por las dificultades e impedimentos

que ocasionan la lectoescritura musical en la interpretación y la expresión por parte del alumnado, limitando sus posibilidades de expresión y creación en el entorno musical.

Hemsey de Gainza (2010) expresaba que la educación musical actual participa de un contenido mucho más sensorial y directo para el estudiante, con el fin de favorecer su sentido auditivo y motriz y, para proporcionar nuevos retos creativos que les conduzcan a nuevas maneras de expresión y comunicación. En los boomwhackers la determinación gráfica del tono viene por la asignación de un color vivo, de fácil identificación. Esta asociación de colores no es arbitraria. El sistema Boomwhackers Color Code, propuesto por Whacky Music inc, reorganiza la gama de colores y sus combinaciones atendiendo a la nomenclatura americana, sistema donde se emplean las letras para denominar el tono. Comenzando por la letra A (la) hasta la letra G (sol). Los colores primarios (azul, rojo y amarillo) están asociados a la triada de la menor (la-do-mi) y las combinaciones entre ellos originan el color asignado a las demás notas. De esta manera la distribución de colores por notas sería la siguiente Tabla 2:

Tabla 2

Código de colores de los boomwhackers

Nomenclatura americana	Nota musical	Color
A	LA	AZUL OSCURO
B	SI	VIOLETA
C	DO	ROJO
D	RE	NARANJA
E	MI	AMARILLO
F	FA	VERDE
G	SOL	AZUL CLARO

Durante el siglo XX han sido numerosos los pedagogos e investigadores musicales que han buscado alternativas para la enseñanza de la notación musical tradicional, con el fin de solventar los problemas descritos anteriormente como, por ejemplo, el método Crescendo, basado en el plano de la percepción visual, la percepción auditiva y la psicomotricidad emplea este tipos de instrumentos (boomwhackers) entre otros (López y Mateos, 2022).

En cuanto al trabajo a través de la percepción visual, la seriación de colores para la lectura musical no es una propuesta original única de los boomwhackers. Otras metodologías musicales que han empleado el color fueron la de Estela Cabeza, surgida en la década de los 60. Cabezas (1980) planteó el primer método de lectura musical con colores, con el fin de solucionar el problema entre la abstracción que implica la grafía musical convencional y el corto periodo de concentración y atención que poseen los niños. Asimismo, Sergio Aschero creó la numerofonía. Este método se basa en la óptica, la acústica, la aritmética y la geometría. Además, en esta metodología se asigna un color a cada nota y a cada figura para definir su duración e intensidad (Castillo, 2016).

Para comenzar a utilizar los boomwhackers en el aula es recomendable trabajar siguiendo varios pasos. En primer lugar, si el alumnado no conoce el instrumento, debemos hacer una presentación de éste y mostrarles cómo se utiliza y como cada tubo produce diferentes notas según su longitud y color. Además, es conveniente enseñarles cómo sostener los tubos y las diferentes técnicas que se pueden emplear para golpearlos como, por ejemplo, golpear el tubo con el talón de la mano, los antebrazos o en los muslos. Una vez el alumnado haya interiorizado estas primeras nociones se puede comenzar con diferentes tipos de trabajo como, ejercicios melódicos, rítmicos, armónicos, de improvisación y creación y de movimiento. A continuación, se presentan diferentes propuestas didácticas para trabajar en el segundo curso de la ESO.

3. Propuestas didácticas

Esta propuesta didáctica, enfocada asignatura de Música en el segundo curso de ESO, se articula en torno a los criterios preceptivos expresados en la normativa vigente, a saber:

LOMLOE. Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación.

Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria. Dentro de los saberes básicos, agrupados en los bloques de Escucha y percepción, Interpretación, improvisación y creación escénica y Contextos y Culturas, establecidos para los cursos comprendidos entre primero y tercero de la ESO, esta propuesta comprende los siguientes contenidos:

Escucha y percepción: el silencio, el sonido, el ruido y la escucha activa. Sensibilidad ante la polución sonora y la creación de ambientes saludables de escucha. Voces e instrumentos: clasificación general de los instrumentos por familias y características. Agrupaciones.

Interpretación, improvisación y creación escénica. La partitura: identificación y aplicación de gráficas, lectura y escritura musical. Elementos básicos del lenguaje musical: parámetros del sonido, intervalos. Tonalidad: escalas musicales, la armadura y acordes básicos. Texturas. Formas musicales a lo largo de los periodos históricos y en la actualidad. Técnicas básicas para la interpretación: técnicas vocales, instrumentales y corporales, técnicas de estudio y de control de emociones. Técnicas de improvisación guiada y libre.

Decreto n.º 235/2022, de 7 de diciembre, por el que se establece la ordenación y el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.

Atendiendo al marco educativo, los boomwhackers pueden ser incorporados efectivamente en el aula para el desarrollo de los objetivos de aprendizaje establecidos por las leyes educativas. A continuación, se exponen diferentes ejercicios que abordarán el ritmo, la melodía, la armonía, la escucha y la discriminación auditiva, y la expresión corporal.

3.1. Ejercicios de ritmo

Interiorización del pulso. Escuchando una pieza musical que no presente cambios de tonalidad, el profesor indica al alumnado cómo detectar el pulso. Previamente, se les explica los diferentes compases y la acentuación de los pulsos en cada compás. Cuando el alumnado haya identificado el tempo del pulso en la canción, se agrupan por parejas y se les entrega un tubo a cada uno que corresponda a la tónica de la tonalidad de la pieza. En primer lugar, ambos alumnos deben marcar los tempos fuertes y los débiles, haciendo hincapié en la acentuación de cada pulso. A continuación, a cada alumno se le asigna uno de los pulsos, fuertes o débiles. De esta manera, tienen que ir alternándose para marcar los pulsos que se les han asignado. Esta actividad supone trabajo auditivo a su vez, ya que deben prestar atención tanto a la música como al compañero para poder coordinarse.

Ostinato rítmico y polirritmias. En un principio, se trabaja un ostinato rítmico común para toda la clase, explicándoles en base a qué compás y figuras rítmicas se ha construido. Cuando el ostinato haya sido interiorizado, el profesor reparte tres tipos de tubos sonoros que puedan generar un acorde mayor o menor, para que la clase entera interprete a la vez el esquema rítmico. Para establecer un poco más de dificultad a este ejercicio, se pueden presentar otros dos ostinatos que cumplan con el mismo número de pulsos que el primero. Se divide la clase en tres grupos diferentes y cada grupo tendrá asignado un tubo concreto y un ostinato. Cada grupo interpreta su propio ostinato cuatro veces. Cuando todos los grupos hayan presentado su ostinato rítmico de manera consecutiva, se procede a tocar simultáneamente creando una polirritmia.

3.2. Ejercicios melódicos y de improvisación

Trabajo de diferentes escalas. El profesor selecciona una escala simple, como la escala diatónica mayor o la escala pentatónica. Cada estudiante tiene asignada una nota diferente. Deben coger el tubo que corresponde a dicha nota. Finalmente, el grupo tiene que coordinarse para interpretar la escala en orden ascendente y descendente. El trabajo melódico con la escala pentatónica nos puede llevar a otro tipos de ejercicio cómo la improvisación musical sobre una base de blues.

Interpretación de estribillos de canciones conocidas. La interpretación de fragmentos no muy extensos como los estribillos de canciones que el alumnado conoce puede ser una actividad muy motivadora. Se les puede proporcionar al alumnado una partitura o presentarles un musicomovigrama que muestre que boomwhacker debe sonar en cada momento de la canción (López Melgarejo et al., 2023). La ventaja de usar musicomovigramas es que puedes trabajar con el video a diferentes velocidades en las primeras lecturas y, a medida que los estudiantes ganen confianza subir la velocidad o elegir canciones más complejas.

3.3. Ejercicios para la trabajar la armonía

Interpretación de acordes. Dentro del trabajo armónico se puede realizar la siguiente actividad. En primer lugar, debemos enseñar a los estudiantes qué es un acorde y un arpeggio y cómo se origina cada uno de ellos. Podemos empezar con el acorde de Do M, explicándole las notas que intervienen en este acorde, la distancia interválica que existe entre cada nota. A continuación, pasaríamos a la parte práctica. La interpretación de este acorde y, posteriormente, la construcción e interpretación de nuevos acordes en diferentes tonalidades.

Acompañamiento con secuencias armónicas y realización de cadencias. Otra actividad relacionada con la armonía es la práctica de secuencias armónicas y cadencias, como las secuencias armónicas propias del Pop Rock (I-VI-IV-V), el

jazz y el blues (V7 – IV7 – I7), la cadencia perfecta (V-I) u otro tipo de cadencias afines al nivel educativo.

3.4. Ejercicios de expresión corporal

Creación de una coreografía con boomwhackers. Esta actividad consiste en la creación de una coreografía simple, a partir de una pieza musical, que incluya pasos de baile y movimientos de brazos, sincronizándolo con el uso de los boomwhackers. Los tubos que sean empleados para la coreografía deben concordar con la tonalidad de la pieza musical que se haya escogido.

Danza narrativa. Esta actividad es de carácter grupal. Los alumnos deben inventar una historia, la cual será narrada por uno de ellos. A la misma vez que la historia se va narrando, el resto de los participantes tienen que improvisar una danza acorde a la historia y usar los Boomwhackers como efectos sonoros específicos de la historia y asociados a los personajes.

3.5. Ejercicios de escucha y discriminación auditiva

Dictados musicales con diferentes tubos. En un principio se podría ir trabajando con dos tubos únicamente y de manera progresiva ir añadiendo más tubos para ir siendo identificados.

Identificación de acordes triada. También se puede trabajar la identificación de acordes triada con los tubos sonoros. Al igual que se puede realizar con un teclado, el profesor puede trabajar con los alumnos la discriminación auditiva de acordes mayores o menores.

4. Consideraciones finales

El primer objetivo planteado en esta investigación es analizar el origen y características de los bommwackers. A través de una revisión bibliográfica de referencias del propio creador de estos instrumentos, Craig Ramsell, y de otros autores que profundizan, por ejemplo, en el sistema de fabricación de los

instrumentos, se ha logrado recoger y ofrecer al lector un análisis detallado que permita a los docentes de Música conocer las características fundamentales de los boomwhackers, con el fin de aplicarlos en su labor didáctica.

Asimismo, esta investigación ofrece el análisis de las características organológicas y acústicas de estos instrumentos y concluye que este set de instrumentos, considerados instrumentos de percusión comparten las características acústicas de los tubos sonoros propios de los instrumentos aerófonos. Este punto resulta de gran interés para el alumnado de Música que esté en 2º de ESO ya que, a nivel curricular, en este curso se trabajan contenidos relacionados con el comportamiento acústico de las ondas sonoras y la clasificación organológica de los instrumentos.

En tercer lugar, se analiza y explica el sistema de códigos de color de los tubos. De esta investigación, en la que se han consultado diversos artículos sobre diferentes metodologías que también aplican la codificación de la música a través del color, se concluye que este sistema resulta muy atractivo y adecuado para facilitar la lectura de partituras y la interpretación de estas en la ESO.

En cuanto al último objetivo, los aspectos tratados en la investigación sobre el origen del instrumento, sus características y la metodología propia de los boomwhackers permite ofrecer una propuesta didáctica que incluye ejercicios de ritmo, melódicos y de improvisación, de armonía, expresión corporal y, de escucha y discriminación auditiva. Además, todas estas actividades fomentan el aprendizaje práctico, atienden a la diversidad del alumnado y son ideales para introducir conceptos musicales de una manera accesible y a través del aprendizaje activo tal y como establece el nuevo marco educativo en España, la LOMLOE.

Referencias

Cabezas, E. (1980). *Música en colores*. Ediciones universitarias Valparaíso.

Castillo, C. D. (2016). Análisis de una situación didáctica en el proceso de aprendizaje de la lecto-escritura musical a través de sistemas y mecanismos no convencionales de representación musical. *El Astrolabio*, 15 (1) 78-88. http://astrolabio.phipages.com/ediciones-antteriores/astrolabio_15-1/articulo7

Dalen, N.G.A. van (2020). *Development and analysis of beat and tone detection for boomwhackers*. [Tesis universitaria]. University of Twente. <https://essay.utwente.nl/view/year/2020.html>

Hemsey De Gainza, V. (2010). Temas y problemáticas de la educación musical en la actualidad. *Aula: Revista de Pedagogía de la Universidad de Salamanca*, 16, 33-48. <https://doi.org/10.14201/7430>

De Olazábal, T. (1954). *Acústica musical y organología*. Ricordi Americana.

Fuks, L. (2023). *Is a Woodblock an Aerophone? A discussion among acoustics and organology*. [Conferencia] Proceedings of the Stockholm Music Acoustics Conference, KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, 118-125. https://smcnetwork.org/smc2023/SMAC_2023_All_papers.pdf

González, D. J. (2009). Matemáticas y Música. Sobre la contribución de las Matemáticas a la Teoría del Sonido. En M. I. Marreno, J. M. Méndez y M. E. Padrón (Eds.), *Matemáticas, historia y fronteras. sociedad, ciencia, tecnología y matemáticas* (pp. 81-96). Universidad de la Laguna.

Greenberg, S. (2008). *Gadget Nation: A Journey Through the Eccentric World of Invention*. Sterling.

- Lewcock, R. S. (2001). Acoustics. *The New Grove Dictionary of Music and Musicians*. Root.
- López García, V. (2010). Ondas, Sonido y Música. *Pasaje a la ciencia* (13), 49-54.
- López Melgarejo, A. M., López Núñez, N., y De Moya Martínez, M. V. (2023). Musication: Un recurso TIC para docentes de Música. *Revista de la Facultad de Educación de Albacete*, 38 (1), 63-79.
<https://revista.uclm.es/index.php/ensayos/article/view/3254/2633>
- López, D. y Mateos, J. J. (2022). Instrumentos musicales y otros materiales del modelo Crescendo. *InstrumentUM* (2), 41-51.
- Merino, J. M., Muñoz-Repiso, L., & Verde, E. (2012). *Acústica Musical. Una aproximación didáctica*. Universidad de Valladolid, Publicaciones.
- Hornbostel, E. M., & Curt S. (1914) Systematik der Musikinstrumente. Ein Versuch. *Zeitschrift Für Ethnologie*, 46, 4/5, 553–590.
<http://www.jstor.org/stable/23031207>.
- Weber, N. (2015). Musizieren mit Boomwhackers. Kleine Spiele und rhythmische Übungen - schnell und einfach umgesetzt. Persen.