

TRABAJO DE FIN DE GRADO DE MAESTRO EN EDUCACIÓN  
PRIMARIA

INTRODUCCIÓN DEL MONOCORDIO COMO RECURSO INNOVADOR  
EN LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS

GONZALO JESÚS GONZÁLEZ DOMÍNGUEZ

ABRAHAM LORENZO HERNÁNDEZ

TUTOR: ANTONIO MANUEL EFF-DARWICH PEÑA

CURSO ACADÉMICO 2019/2020

CONVOCATORIA: JULIO

## Índice

1. Resumen.....	3
2. Palabras clave .....	3
3. Abstract .....	3
4. Key words .....	3
5. Desarrollo.....	4
5.1 Introducción.....	4
5.2 Justificación.....	6
5.3 El monocordio y su aplicación al aula.....	7
5.3.1 Metodología relacionada con el recurso .....	7
5.3.2 Material y presupuesto.....	9
5.3.3 Secuencia didáctica relacionada con el recurso.....	11
5.3.4. Herramientas de evaluación .....	21
6. Resultados .....	22
7. Conclusiones.....	23
Bibliografía.....	25
Anexos .....	25

## 1. Resumen

En este Trabajo de Fin de Grado se pretende abordar la didáctica de las Ciencias en la etapa de Educación Primaria a través de un recurso innovador: El monocordio. Se investigará la eficacia y la eficiencia de este recurso a la hora de trabajar contenidos propios de las Ciencias Naturales, las Matemáticas y la Educación Artística en modalidades educativas presenciales y no presenciales (debido a la situación producida por la COVID-19). Para ello, se ha ideado una Situación de Aprendizaje con actividades a desarrollar en un aula de manera presencial, a las que se añaden las adaptaciones pertinentes para poder llevarse a cabo en un modelo no presencial.

## 2. Palabras clave

Educación, primaria, enseñanza, aprendizaje, ciencia, matemáticas, música, recurso, monocordio, innovación.

## 3. Abstract

In this End of Degree Project, the aim is to approach the teaching of Sciences in the Primary Education stage through an innovative resource: Monochord. The effectiveness and efficiency of this resource will be investigated when working with specific content of Natural Sciences, Mathematics and Art Education in face-to-face and non-face-to-face educational modalities (due to the situation produced by COVID-19). For this, a Learning Situation has been devised with activities to be developed in a classroom in person, to which the appropriate adaptations are added to be carried out in a non-classroom model.

## 4. Key words

Education, primary, teaching, learning, science, mathematics, music, resource, monochord, innovation.

## 5. Desarrollo

### 5.1 Introducción

La interdisciplinariedad que puede aportar la música debido a su versatilidad y múltiple utilidad a la hora de abordar diversos contenidos es algo que muchos docentes, así como investigadores educativos y pedagogos han visto y explotado con anterioridad. Gracias a ellos, hoy en día podemos afirmar con seguridad que la interdisciplinariedad aporta muchas ventajas al aprendizaje del alumnado, haciéndolo más significativo, y que la Educación Musical actúa como un eje interdisciplinar muy eficiente y con muchas y diversas posibilidades (Gutiérrez, Cremades y Perea, 2011). Tanto es así, que en numerosas ocasiones el conocimiento musical constituye una herramienta didáctica imprescindible para maestros generalistas de Educación Primaria, ya que les permite relacionar las distintas asignaturas entre sí, dando sentido a los contenidos de cada materia (aparentemente aislados) en relación al resto y, a la vez, creando secuencias didácticas más atractivas y motivantes para el alumnado (Álvarez et al, 2016).

El caso concreto de las Matemáticas, al igual que el de otras ciencias experimentales como la física, se encuentra muy relacionado con la Música. Ya son muchos los docentes que imparten estas asignaturas de manera globalizada. Por ejemplo, encontramos casos en los que se emplean juegos y actividades diversas que interrelacionan sobre todo matemáticas y música, trabajando el contenido de las fracciones (Liern, 2011). Existen, además, recientes investigaciones y revisiones bibliográficas que abren un amplio abanico de relaciones existentes entre las matemáticas y la música, tales como los principios de simetría y de semejanza en obras musicales y en series numéricas, la duración de las figuras musicales y las fracciones, la gráfica exponencial que se crea al recoger datos acerca de la longitud de una cuerda (en centímetros) y la altura del sonido que genera en cada caso (en Hercios), la gran variedad de conceptos compartidos que existen entre la música y las matemáticas (mayor, menor, más, menos, doble, mitad, cuarto, cuádruple...), entre otros muchos casos, que pueden ser pleaplicados en el aula para lograr un aprendizaje mucho más comto y significativo (Pérez, 2013).

Con respecto al recurso innovador que se plantea en este Trabajo de Fin de Grado (el monocordio) encontramos que Eff-Darwich (2017) lo nombra como instrumento útil y didáctico para la enseñanza de las matemáticas en la Educación Primaria. Sin embargo, la idea que el autor plantea es emplear este recurso para trabajar la frecuencia de los sonidos audibles en relación con la longitud de la cuerda que hacemos vibrar (algo que, además, se ha nombrado anteriormente). Habla también de otros recursos novedosos a la hora de la enseñanza de las

matemáticas y de otras ciencias, tales como el péndulo simple o varios de estos péndulos, aunque esto está ya desvinculado de nuestro trabajo. Lo interesante e innovador que se propone en este trabajo, a diferencia de este autor, es la enseñanza de contenidos de música y de matemáticas compartidos al cincuenta por ciento a través de un recurso que, en este caso, sí que es el mismo.

Además, tiene suma relevancia el uso que le dio el propio Pitágoras y los discípulos de su escuela a la música en relación a las matemáticas, y más concretamente a nuestro recurso: el monocordio. Es él mismo a quien se le atribuye la invención de este instrumento, el cual usó para determinar ciertas leyes cuantitativas de la acústica y el fundamento matemático de la armonía musical (Atilano, 2012), a través del descubrimiento de la consonancia entre intervalos sonoros como los de cuarta justa y quinta justa. De hecho, fue la escuela pitagórica la primera en estudiar la matemática existente en los fenómenos sonoros a partir de la disonancia y la consonancia entre sonidos (de la Fuente, 2013). Además, es interesante la manera en la que Pitágoras y sus discípulos veían la música, pues ellos mismos “consideraban a la música como una de las ciencias matemáticas, junto con la aritmética, la geometría y la astronomía” (López, 2008).

Cabe destacar también a otros matemáticos como Marin Mersenne (descubridor de los números primos), quien logró establecer, en el Siglo XVII, una relación cromática más precisa e igualitaria entre los sonidos situados a una distancia de semitono a través de una fórmula matemática (Monferrato & Masih, 2010). Esto permitió, entre otras cosas, realizar modulaciones entre tonalidades en obras musicales compuestas posteriormente sin preocupaciones en cuanto a la afinación cromática (hasta que Mersenne no estableció la fórmula que regía los semitonos, se utilizaba una fórmula de afinación más imprecisa, lo que conllevaba que para modular entre tonalidades que no compartían armadura muchas veces era necesario variar la afinación del instrumento). El mismo Johann Sebastian Bach, pudo componer sus obras musicales (las cuales han sido un gran referente para la armonía tonal que en la actualidad se sigue utilizando), en parte gracias al descubrimiento de Mersenne, por lo que podemos afirmar que la relación entre la música y las matemáticas es y ha sido tan relevante que, sin ella, sería imposible que concibiéramos la música tal y como lo hacemos hoy en día, lo que constituye una razón de peso para que ambas disciplinas sean vistas desde la institución escolar como un mismo elemento que permite a los docentes, independientemente de la etapa en la que ejerzan la docencia, trabajar de manera interdisciplinar, generando oportunidades de

aprendizaje menos limitadas que, además, conllevan una mayor motivación por parte del alumnado hacia el aprendizaje.

Sin embargo, parece imposible evitar que, ante todo esto, surja la siguiente pregunta, a la que se intentará dar respuesta en este Trabajo de Fin de Grado: ¿es posible llevar al aula de Educación Primaria de manera efectiva actividades que permitan globalizar la enseñanza de los aspectos científicos y los musicales a través de un mismo recurso didáctico?

## 5.2 Justificación

Este proyecto, que consiste en una propuesta didáctica, es innovador porque, pese a la existencia de investigaciones y publicaciones como las expuestas en el primer punto (que tratan de la relación existente entre la música y las matemáticas o la utilización del monocordio para la enseñanza de contenidos exclusivos de matemáticas y otras ciencias, como la frecuencia del sonido en relación a la cuerda que vibra), no existe investigación ni publicación alguna acerca de la utilización del monocordio en las aulas de Educación Primaria para la enseñanza simultánea de contenidos de música y matemáticas, que es de lo que trata precisamente este Trabajo de Fin de Grado, utilizando una recreación de este antiguo instrumento como agente globalizador de la educación.

Además, es preciso añadir que, en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Educación Musical en instituciones como Conservatorios y Escuelas Municipales de Música, cuando se trata la enseñanza de los fenómenos de la acústica, estos son siempre únicamente vistos desde la perspectiva musical, y prácticamente en ninguno de los casos se aprovecha la ocasión para trasladar estos conocimientos al ámbito científico. Lo mismo ocurre en muchas ocasiones en la Etapa de Educación Primaria, concretamente en aquellas en las que se desaprovechan oportunidades de aprendizaje al enseñar contenidos de Ciencias Naturales o Matemáticas que pueden ser abordados también desde la perspectiva de la música, fomentando la motivación y el aprendizaje significativo. Es precisamente por esto último que se presenta en este Trabajo de Fin de Grado un recurso y varias herramientas metodológicas que faciliten a los docentes aunar ciertos contenidos de las diversas asignaturas en torno a la Música.

### 5.3 El monocordio y su aplicación al aula

El recurso que se propone en este Trabajo de Fin de Grado es el monocordio, instrumento musical concebido por Pitágoras para el estudio del sonido desde un punto de vista científico. Sin embargo, con el fin de facilitar su construcción y su uso en las aulas de Educación Primaria, ha sido adaptado para que el sonido sea lo más audible posible sin necesidad de amplificar el sonido (instalando una pequeña caja de resonancia), para asegurar la afinación y la calidad del sonido (empleando una cuerda de guitarra y marcando trastes que sirvan como guía para saber dónde pulsar la cuerda para lograr un sonido determinado).

#### 5.3.1 Metodología relacionada con el recurso

Este recurso fue diseñado para ser llevado a las aulas de Educación Primaria, y además nuestra intención era probar su funcionalidad en este ámbito. Sin embargo, las circunstancias han cambiado debido al estado de alarma decretado por el Gobierno de España por la propagación a nivel nacional de la COVID-19 que, entre otros aspectos, ha supuesto la suspensión de las clases en todas las etapas educativas. Por ello, se ha decidido reorientar la aplicación práctica del recurso de tal forma que lo usaremos para realizar un modelo de clase vía telemática. Sin embargo, en todas las actividades planteamos, en primer lugar, cómo se llevaría a cabo en un aula habitual de Educación Primaria, para luego proceder con las adaptaciones pertinentes.

Esto supone que la metodología empleada se basará primordialmente en un modelo de enseñanza directiva, en la que la información viaja desde el docente hasta el alumnado. Aunque se podrá recibir feedback e interactuar con los discentes, el hecho de comunicarnos a través de una pantalla limita las posibilidades de llevar una metodología activa basada en el Aprendizaje Cooperativo, que sería la opción óptima. Ello implica una serie de explicaciones teóricas seguidas de demostraciones prácticas y actividades individuales, lo que implicará algo de trabajo autónomo por parte de cada discente para asegurar que el resultado es el esperado. Los instrumentos de evaluación, tal y como nos permite la enseñanza online, serán fotos, vídeos y documentos que el alumnado enviará al docente por vía telemática para que este los examine mediante la técnica de evaluación pertinente.

En el caso de poder llevarlo a cabo en un aula habitual de Educación Primaria, el panorama sería bien diferente. La metodología constaría entonces de un Aprendizaje Cooperativo basado en el modelo de enseñanza de Juego de Roles, en el cual cada discente,

dentro de sus grupos cooperativos de cuatro o cinco integrantes, tendrá un rol que cumplir en cada una de las actividades prácticas para lograr la consecución del reto final de la Situación de Aprendizaje que planteamos: aprender una pieza musical en pequeñas agrupaciones a través de un modelo de escritura musical no convencional que funciona a través de fracciones y otros elementos matemáticos. Aparecerá también, aunque en mucha menor medida, el modelo de enseñanza directa, sobre todo en las primeras sesiones y solo en el caso de que surja la necesidad de introducir ciertos conceptos y explicar procesos que el alumnado desconoce. Sin embargo, preferiblemente y con el fin de evitar que el nivel de motivación y compromiso del alumnado con respecto a la Situación de Aprendizaje disminuya más de lo deseable, se llevará al aula pequeños momentos de investigación guiada, en los que se pretende que los discentes, a través de la búsqueda de información, de sus experiencias previas y la propia interacción entre el docente y el alumnado (a través de preguntas y/o sugerencias), logren llegar a la respuesta al reto planteado sin la necesidad de la intervención directa del docente.

Además, la manera en la que se enfocará el aprendizaje será completamente competencial. Es decir, que a través del manejo del monocordio a lo largo de las sesiones, pretendemos desarrollar en el alumnado tanto la **Competencia Matemática y Competencias básicas en Ciencia y Tecnología** (trabajarán con elementos matemáticos como fracciones, números decimales, porcentajes, gráficos...), como la competencia denominada **Conciencia y Expresiones Culturales** (debido a que el alumnado aprenderá a tocar con su instrumento piezas musicales que ayudarán a que valore la música y la vea desde la perspectiva del intérprete), las **Competencias Sociales y Cívicas** (el alumnado trabajará prácticamente la totalidad de las sesiones en un formato de Aprendizaje Cooperativo), **Aprender a Aprender** (el alumnado, en todo momento, tendrá la posibilidad de dar nuevas propuestas y formas de mejorar las diferentes actividades y procesos que se proponen, adaptándolos a su propio contexto y fomentando su propia motivación, además de que tendrán una autonomía muy considerable que les permitirá desarrollar distintas estrategias de aprendizaje, las cuales serán supervisadas y constructivamente criticadas y valoradas por el profesorado), la competencia denominada **Sentido de Iniciativa y Espíritu Emprendedor** (será trabajada debido a que se proponen todas las actividades de las sesiones como retos a superar por los distintos equipos cooperativos, por lo que deberán realizar un correcto y equitativo reparto de roles teniendo en cuenta las fortalezas y debilidades de cada discente, así como aportando creatividad a las soluciones que proponen a cada reto), la **Competencia Digital** (ya que aprenderán a utilizar aplicaciones en sus Tablets

para diferentes fines), y la **Competencia en Comunicación Lingüística** (el alumnado deberá participar de forma asertiva en ciertos debates que se plantean en las actividades y tendrá que explicar ciertos procesos y conceptos para demostrar, a través de la expresión oral y escrita, el aprendizaje logrado).

El hecho de fomentar el desarrollo de todas estas competencias a través de un solo recurso musical aporta aún más carácter innovador a esta propuesta, que, como se ha comentado antes, pretende aportar al profesorado una herramienta que les permita, con facilidad y algo de voluntad, globalizar su enseñanza.

### 5.3.2 Material y presupuesto

La construcción del monocordio que planteamos es relativamente sencilla y poco costosa. Se ha diseñado un monocordio más profesional del que construirán los alumnos en sus hogares (en el caso de llevar la Situación de Aprendizaje a cabo de forma telemática). Dicho recurso está construido con una lámina de madera de 75 cm de largo, 5 cm de ancho y 1 cm de profundidad, a la que se le ha añadido una cuña que hace de caja de resonancia cuyas dimensiones son 42 cm de largo, 5 cm de ancho y 3 cm de profundidad en un borde y 1 cm en el otro borde, dejando una inclinación en dicha cuña. Por el otro lado de la lámina se ha añadido un tornillo para aguantar la cuerda y un pequeño saliente sobre el que se sostendrá esta. Finalmente, en el otro extremo de la lámina, se ha instalado una clavija de timple donde irá sujeto el otro extremo de la cuerda (dicho elemento nos permitirá tensar más o menos la cuerda para obtener la afinación deseada). Posteriormente, si es necesario, se le añadirá una lata de aceite vacía a modo de caja de resonancia para poder amplificar un poco más el sonido.

Por tanto, el material necesario para la construcción del monocordio profesional es el siguiente:

- Lámina de madera de 75 cm x 5 cm x 1 cm: 5€.
- Cuerda de guitarra acústica: 1, 10€
- Clavijero de timple: 1€
- Tornillo: 0,05€
- Cuña hueca de plástico: 1,50€
- Lata de aceite (opcional): 15€

TOTAL: 8,65€ (sin amplificador de lata de aceite) o 23,65€ (con amplificador de lata de aceite).

El material necesario para la construcción de un monocordio básico y funcional, con materiales que se pueden tener en casa es el siguiente (para el caso en que se aplique el recurso a la enseñanza telemática):

- Lámina de madera o de plástico (longitud lo más próxima a 75 cm): 5€
- Elástico o hilo de nylon de longitud similar a la lámina de madera o de plástico: 0,05 €
- Dos tornillos: 0,10€
- Lata de aceite (opcional): 15€

TOTAL: 5,15€ (sin amplificador de lata de aceite) o 20, 15€ (con amplificador de lata de aceite).

### 5.3.3 Secuencia didáctica relacionada con el recurso

A continuación, se plantearán una serie de actividades diseñadas para el curso de 6º de Educación Primaria, en las que se trabajarán contenidos de Ciencias Naturales, Matemáticas y Educación Artística (música). Las actividades se realizarán en sesiones contiguas (se tratará de acortar al máximo el tiempo transcurrido entre sesión y sesión de la secuencia didáctica propuesta) de las tres asignaturas, con una duración total de cinco semanas. En la siguiente tabla se muestra en qué asignatura se imparte cada una de las sesiones y la distribución en el tiempo de las mismas, tomando como referencia un centro educativo en el que, para el curso de 6º de Primaria (curso al que va dirigida la secuencia didáctica), existen 6 sesiones semanales de Matemáticas, 2 sesiones semanales de Ciencias Naturales y una sesión semanal de Música:

<b>Relación entre las actividades planteadas y las sesiones</b>			
<b>Fase inicial</b>	Sesión 1	Matemáticas	Semana 1
<b>Actividad 1: La altura del sonido</b>	Sesión 2	Matemáticas	
	Sesión 3		
	Sesión 4		
<b>Actividad 2: La intensidad del sonido</b>	Sesión 5	Ciencias Naturales	Semana 2
	Sesión 6	Educación Artística (música)	
<b>Actividad 3: La duración y las fracciones</b>	Sesión 7	Educación Artística (música)	Semana 3
	Sesión 8	Matemáticas	
<b>Proyecto final: Aprendizaje de una melodía musical</b>	Sesión 9	Matemáticas	Semana 4
	Sesión 10	Educación Artística (música)	
	Sesión 11		Semana 5

Cabe destacar que para la implantación de esta secuencia didáctica en el aula es imprescindible la existencia de una buena coordinación y comunicación entre los distintos docentes implicados. A continuación, se procede a desarrollar cada una de las actividades:

<b>Fase inicial</b>	
<p><b>Descripción:</b> La intención de esta fase inicial es despertar la motivación del alumnado e introducir los elementos que entrarán en juego durante esta propuesta didáctica. Para ello, lo primero que se llevará a cabo es una pequeña interpretación de una melodía por parte del docente con una guitarra. Tras la interpretación se abrirá un debate con el alumnado a través de dos preguntas <b>(15 minutos)</b>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Qué es lo que acaban de escuchar?</li> <li>• ¿Qué es lo que sostengo en mi mano (la guitarra)?</li> </ul> <p>Se trata de preguntas de respuesta aparentemente obvia a las que se les dará la vuelta. A la primera pregunta responderán “una melodía” o “una canción”, a lo que el docente añadirá que, además de eso, se trata del sonido ordenado gracias a las matemáticas. Mientras tanto, a la segunda pregunta responderán, probablemente, “una guitarra”, a lo que el docente añadirá que también es un instrumento matemático que permite ordenar el sonido.</p> <p>Entonces, el docente introducirá el monocordio y lo enseñará (dejando que el alumnado lo maneje libremente de forma individual durante unos segundos cada uno), explicando brevemente que es un instrumento muy antiguo elaborado por un matemático, Pitágoras, precisamente para ordenar el sonido, que es lo que van a</p>	<p><b>Agrupamiento:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gran Grupo</li> </ul>
	<p><b>Nº de sesiones:</b> 1.</p>
	<p><b>Criterios de evaluación y contenidos:</b> No se trabajará ningún criterio ni contenido concreto, puesto que se trata de una actividad meramente introductoria cuya finalidad es despertar la motivación del alumnado.</p>
	<p><b>Evaluación:</b> Esta actividad, debido a su carácter introductorio, no será evaluada.</p>

<p>trabajar a lo largo de la programación didáctica <b>(10 minutos)</b>. Por último, se introducirá la aplicación Science Journal, que será empleada durante algunas de las sesiones. Para ello, la el alumnado la descargará en los dispositivos disponibles (ya sean teléfonos móviles o tablets) y el docente explicará las dos funciones que vamos a utilizar <b>(10 minutos)</b>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Herramienta <i>Pitch</i>: Proporciona información de la frecuencia del sonido. En el caso del monocordio y de los instrumentos de cuerda, esto se traduce en el número de veces que la cuerda vibra en 1 segundo. La unidad en la que se mide la frecuencia del sonido es en Hercios (Hz).</li> <li>• Herramienta <i>Sound Intensity</i>: Proporciona información de la intensidad del sonido, es decir, nos permite diferenciar si un sonido es más “fuerte” o más “débil”. La unidad en la que se mide la intensidad del sonido es en Decibelios (Db).</li> </ul>	<p><b>Competencias:</b> CD, CMyCT, CEC.</p>
	<p><b>Metodología:</b> Enseñanza directa.</p>
	<p><b>Recursos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Una Tablet cada 4-5 alumnos</li> <li>• Guitarra</li> <li>• Monocordio</li> <li>• Pizarra</li> </ul>

Adaptaciones de la actividad de cara a la situación producida por la COVID-19:

1. A la hora de presentar el monocordio al alumnado, se hará a través de videollamada (al igual que el resto de la actividad). Para ello, disponemos de estos vídeos a modo de simulación de la videollamada que se realizaría con el alumnado:
  - Presentación de la actividad: <https://youtu.be/JxLuW7MoEY8>
  - Explicación de la aplicación Science Journal: <https://youtu.be/U8dKs6N6sWE>
2. Además, se introducirá y explicará brevemente la manera de realizar un monocordio casero con un trozo de madera, dos tornillos y un elástico o hilo de Nylon. Se les enviará también un vídeo explicativo (<https://youtu.be/k8IvAghBW8I>) del proceso al finalizar la sesión para que puedan realizarlo antes del comienzo de la actividad 1.

<b>Actividad 1: La altura del sonido</b>	
<p><b>Descripción:</b> En una primera instancia, se explicará en formato de Gran Grupo el concepto musical de altura. Entonces, pediremos al alumnado que aporte ejemplos de sonidos agudos y graves de la vida cotidiana (<b>15 minutos</b>).</p> <p>En este punto, el o la docente pasará a explicar la diferencia entre sonidos agudos y graves desde el punto de vista físico, es decir, hablando ya de oscilaciones por segundo (en este caso, de una cuerda al ser rasgada, para que el ejemplo sea más visual y pueda ser fácilmente conectado con el caso del monocordio). Se introducirá también que el número de oscilaciones por segundo se mide en Hercios (Hz) (<b>15 minutos</b>).</p> <p>Pasaremos ahora a una experiencia práctica en la que el alumnado deberá realizar una pequeña investigación acerca de la variación del número de oscilaciones por segundo de una cuerda en función a la longitud de la cuerda que vibra (manteniendo constante la tensión de la misma). Lo harán en equipos cooperativos de 4-5 discentes, con un monocordio por grupo, midiendo la frecuencia del sonido que produce la cuerda con la aplicación Science Journal, pulsando cada dos centímetros del mástil del monocordio, es decir, disminuyendo la longitud de la cuerda que vibra de dos en dos centímetros. Apuntarán los resultados y finalmente los pasarán a una gráfica en la que el eje X es la longitud de la cuerda en centímetros y el eje Y es la frecuencia en Hercios. Para la toma de datos deberán repetir una misma medición un mínimo de 3 veces y apuntar en la gráfica el valor medio de las distintas mediciones. Además, una vez realizada la gráfica, deberán extraer en conjunto una o varias conclusiones de la misma y explicar el proceso de investigación seguido paso a paso (por escrito en el mismo documento de la gráfica). (<b>15</b></p>	<p><b>Agrupamiento:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gran Grupo</li> <li>• Equipos Cooperativos</li> </ul>
	<p><b>Nº de sesiones:</b> 3</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sesión 1: Explicación del concepto musical de altura (15 min.) y del concepto físico de frecuencia (15 min.). Explicación previa de la sesión 2 (15 min.).</li> <li>• Sesión 2: Experimento de medición de oscilaciones por segundo de una cuerda con respecto a la longitud de la misma (45 min.)</li> <li>• Sesión 3: Creación de los trastes del monocordio (15 min. de explicación+30 minutos de actividad)</li> </ul>
	<p><b>Criterios de evaluación y contenidos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Área de Ciencias Naturales: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Bloque I, Criterio 1, contenidos 1 y 4.</li> </ul> </li> <li>• Área de Educación Artística: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Bloque V, Criterio 5, contenido 1.</li> </ul> </li> <li>• Área de Matemáticas: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Bloque I, Criterio 2, contenidos 1 y 2.</li> <li>○ Bloque V, Criterio 9, contenidos 1 y 4.</li> </ul> </li> </ul>
	<p><b>Competencias:</b> CEC, CMyCT, CD, AA.</p>
	<p><b>Estándares de Aprendizaje Evaluables:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ciencias Naturales: 1, 5, 11, 12, 13, 14, 15.</li> <li>• Matemáticas: 11, 12, 113, 114, 115.</li> <li>• Ed. Artística: 43.</li> </ul>
	<p><b>Metodología:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Enseñanza Directa</li> <li>• Aprendizaje Cooperativo</li> </ul>
	<p><b>Instrumentos de evaluación:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gráfica elaborada por el alumnado acerca de la frecuencia del sonido en función a la longitud de la cuerda que vibra.</li> <li>• Trastes del monocordio, afinados para cada una de las notas diatónicas a la tonalidad de Do Mayor.</li> </ul>
<p><b>Herramientas de evaluación:</b></p>	

<p><b>minutos explicación+45 minutos actividad).</b></p> <p>Una vez se ha terminado esta experiencia, el o la docente pasará por cada equipo para tocar la escala de Do Mayor (desde el Do4 al Do5) en la aplicación Piano Free, que nos permite tocar las teclas de un piano digital. El alumnado de cada grupo deberá registrar con su Tablet la frecuencia de cada sonido emitido por el móvil del docente para, luego, buscar esas mismas frecuencias en el monocordio y marcarlas con lápiz sobre la madera (a modo de trastes), apuntando la nota a la que se refiere y su frecuencia en Hercios. <b>(15 minutos explicación+30 minutos actividad).</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rúbrica para la gráfica.</li> <li>• Lista de confirmación de autoevaluación para el monocordio.</li> </ul> <p><b>Técnica de evaluación:</b> Análisis de documentos, producciones y artefactos.</p> <p><b>Recursos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Un monocordio por equipo.</li> <li>• Una Tablet por equipo.</li> <li>• Útiles de escritura.</li> </ul>
---	---

Adaptaciones de la actividad de cara a la situación producida por la COVID-19:

1. El alumnado deberá haber fabricado su propio monocordio casero. Las pautas habrán sido dadas de forma previa y telemática (en la fase inicial y a través de un vídeo explicativo) para que lo tengan ya construido al iniciar la actividad.
2. Las mediciones de la frecuencia del sonido a través de la aplicación Science Journal al rasgar la cuerda pulsándola cada dos centímetros, y el traspaso de los datos obtenidos al gráfico se realizarán de manera individual, previa explicación por parte del docente en un vídeo-tutorial.
3. Si es posible, para evitar interferencias sonoras a través de la videollamada, será el propio alumnado quien, con otro dispositivo y la ayuda del docente, toque la escala de Do Mayor (desde Do4 a Do5) y mida la frecuencia de cada nota con Science Journal. Luego, solo en el caso de que la tesitura de su instrumento casero lo permita, buscarán esas frecuencias en el mismo y las marcarán (si la tesitura del instrumento solo permite encontrar algunos de los sonidos marcaremos los que podamos).
4. La autoevaluación se realizará de forma oral e individual.

<b>Actividad 2: La intensidad del sonido</b>	
<p><b>Descripción:</b> Primero, se procederá a la explicación a toda la clase de lo que es la dinámica en el campo musical de una forma sencilla y, a continuación, les pediremos ejemplos de sonidos fuertes y sonidos débiles (<b>15 minutos</b>).</p> <p>Seguidamente se comentarán las denominaciones de intensidad más comunes que se utilizan en la música (<i>forte, piano, fortissimo, pianissimo</i>) y se hará un ejemplo de cada uno de ellos, primero con la voz, y después con el monocordio (<b>10 minutos</b>).</p> <p>Después de esta introducción pasaremos al concepto en su forma física, es decir, hablando del término de decibelios (dB) y de la amplitud que tiene la onda según si la fuente es fuerte o débil (la forma de onda en un sonido fuerte será de mayor amplitud que la de un sonido débil, que tendrá una menor amplitud). Pondremos el siguiente ejemplo para que lo puedan visualizar mejor: supongamos que estamos frente a un estanque y lanzamos una piedra al agua que genera una serie de círculos a su alrededor, eso es la onda de amplitud. Si lanzamos una piedra pequeña, ésta generará un número menor de ondas y de menor amplitud, pero si lanzamos una piedra más grande generará un mayor número de ondas y de mayor amplitud (<b>20 minutos</b>).</p> <p>Pasaremos pues, a la parte práctica, y para ella nos vamos a apoyar en la misma aplicación que utilizamos en la actividad anterior, el Science Journal.</p> <p>En este experimento, con el mayor silencio posible y en grupos de 5 alumnos, cada uno procederá a tocar la cuerda del monocordio sin presionarla en ninguna parte. Pondremos el micrófono del dispositivo cerca del monocordio y atacaremos la cuerda de más suave (casi rozándola) a más fuerte y viceversa. Vemos como el volumen de lo que estamos tocando crece y disminuye según cómo toquemos la cuerda. También</p>	<p><b>Agrupamiento:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gran Grupo.</li> <li>• Equipos cooperativos.</li> </ul> <p><b>Nº de sesiones:</b> 2.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sesión 1: Explicación de la dinámica musical (15 minutos). Descripción de denominaciones de dinámica musicales (10 minutos). Explicación del concepto en el contexto de la física (20 minutos).</li> <li>• Sesión 2: Práctica de tocar la cuerda con diferente fuerza (20 minutos). Práctica de invención e interpretación de 15 dinámicas (25 minutos).</li> </ul> <p><b>Criterios de evaluación y contenidos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Área de Ciencias Naturales: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Bloque I, Criterio 1, Contenidos 1 y 4.</li> </ul> </li> <li>• Área de Educación Artística: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Bloque V, Criterio 5, Contenidos 1 y 3.</li> <li>○ Bloque VI, Criterio 6, Contenido 1.</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Competencias:</b> CMyCT, CSC, CL, AA, CEC, CD, SIEE.</p> <p><b>Estándares de Aprendizaje Evaluables:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- CCNN: 5, 9, 11, 12, 13, 14, 15.</li> <li>- Ed. Artística: 43, 44, 50.</li> </ul> <p><b>Metodología:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Enseñanza directa.</li> <li>• Aprendizaje Cooperativo.</li> </ul> <p><b>Instrumentos de evaluación:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La interpretación de la secuencia de dinámicas escritas.</li> <li>• La onda dibujada de cada grupo.</li> </ul> <p><b>Herramientas de evaluación:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Registro anecdótico de la interpretación de las secuencias.</li> <li>• Rúbrica de las ondas.</li> </ul> <p><b>Técnica de evaluación:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Observación sistemática.</li> <li>• Análisis de documentos, producciones y artefactos.</li> </ul> <p><b>Recursos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Un monocordio por grupo.</li> </ul>

<p>veremos en la gráfica de la aplicación cómo aumentan y disminuyen los decibelios (dB) en función de la intensidad con la que toquemos la cuerda de este instrumento, por lo que, además, utilizando los conceptos musicales, veremos que podemos tocar <i>pianissimo</i>, <i>piano</i>, <i>forte</i> o <i>fortissimo</i> (<b>20 minutos</b>).</p> <p>Finalmente, cada grupo inventará en un papel una sucesión de 15 dinámicas, las que ellos quieran alternando los cuatro conceptos musicales. Cada miembro se pondrá un número del 1 al 5 y, como en el juego del pañuelo, el docente dirá un número del 1 al 5. El alumno de cada grupo seleccionado cogerá el monocordio e interpretarán, los cinco alumnos que tenían ese número, la sucesión de dinámicas del grupo 1 al mismo tiempo. El resto de alumnos de cada equipo dibujará la onda que está siendo interpretada por sus compañeros en un folio indicando en cada pico la intensidad, en términos musicales, que tiene cada sonido.</p> <p>Así, con cada grupo de alumnos nominados del 1 al 5 y con cada composición que ha inventado cada grupo (<b>25 minutos</b>).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Una Tablet o dispositivo móvil por grupo.</li> <li>• Útiles de escritura.</li> </ul>
---	---

Adaptaciones de la actividad de cara a la situación producida por la COVID-19:

1. Con la ayuda de la aplicación Science Journal se procederá a tocar la cuerda de nuestro monocordio y ver en la gráfica cómo es la onda según la intensidad con la que toquen los alumnos (la primera parte de la actividad será igual, sin embargo, se realizará de manera individual).
2. Para la actividad final, el alumno escribirá de forma individual las 15 dinámicas (alternando las 4 que hemos visto) que luego interpretará con el monocordio. Finalmente, el docente será quien interprete una sucesión de 15 sonidos (alternando las dinámicas) para que el alumnado anote en el papel la sucesión de dinámicas que ha escuchado.

Si hay problemas con el audio de la videollamada se procederá a hacer la misma actividad, pero esta vez se grabarán y enviarán entre las partes.

<b>Actividad 3: La duración y las fracciones.</b>	
<p><b>Descripción:</b> En un principio introduciremos al alumnado en las figuras musicales más sencillas (la redonda, la blanca, la negra, la corchea y la semicorchea, con sus respectivos silencios) y hablaremos un poco sobre la escritura y la duración de cada una, para lo que nos basaremos en un compás de 4/4 en el que la unidad sea la negra y la duración completa del compás sea la redonda, por valer 4 partes (<b>20 minutos</b>).</p> <p>A partir de aquí, relacionaremos este concepto musical con el concepto matemático de las fracciones. Para ello, enlazaremos cada figura con una fracción que equivaldrá a su duración dentro del compás, quedando de la siguiente manera:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La redonda = 4/1</li> <li>- La blanca = 2/1</li> <li>- La negra = 1/1</li> <li>- La corchea = 1/2</li> <li>- La semicorchea = 1/4</li> </ul> <p>Esto se entiende porque la redonda ocupa las cuatro partes de un compás, la redonda ocupa dos partes, la negra ocupa una parte, la corchea, al ser la mitad de una negra, ocupa media parte, y la semicorchea, al ser la cuarta parte de una negra, ocupa un cuarto de una parte (<b>15 minutos</b>).</p> <p>Después de la explicación matemática de esta característica musical preguntaremos al azar la equivalencia a varios alumnos para comprobar que se ha entendido. Así mismo, para reforzar este concepto escribiremos en la pizarra una línea rítmica con fracciones y serán los alumnos quienes dirán las equivalencias que serán escritas encima de dichas fracciones. Una vez realizado este ejercicio grupal se hará otro a la inversa, es decir, escribiendo en la pizarra las figuras musicales y siendo ellos quienes adivinen la fracción que acompaña a cada figura (<b>10 minutos</b>).</p> <p>Pasaremos ahora a la parte más dinámica de la actividad, que constará de lo siguiente. Dividiremos la clase en grupos de 4-5 alumnos y les entregaremos una</p>	<p><b>Agrupamiento:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gran Grupo.</li> <li>• Equipos cooperativos.</li> </ul> <p><b>Nº de sesiones:</b> 2.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sesión 1: Explicación de las figuras musicales (20 minutos). Relación de la duración de las figuras musicales con las fracciones (15 minutos). Práctica de líneas rítmicas en la pizarra (10 minutos).</li> <li>• Sesión 2: Resolución de fracciones, equivalencias con figuras musicales e interpretación de los resultados (45 minutos).</li> </ul> <p><b>Criterios de evaluación y contenidos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Área de Matemáticas: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Bloque I, Criterio 2, Contenido 5.</li> <li>○ Bloque II, Criterio 3, Contenido 4.</li> <li>○ Bloque II, Criterio 5, Contenidos 3 y 5.</li> </ul> </li> <li>• Área de Educación Artística: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Bloque V, Criterio 5, Contenido 1.</li> <li>○ Bloque VI, Criterio 6, Contenido 1.</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Competencias:</b> CL, CMCT, CD, AA, CEC, SIEE.</p> <p><b>Estándares de Aprendizaje Evaluables:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Matemáticas: 12, 34, 39, 46, 63.</li> <li>- Ed. Artística: 43, 50.</li> </ul> <p><b>Metodología:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Enseñanza directiva.</li> </ul> <p><b>Instrumentos de evaluación:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hoja con los resultados de las operaciones + Línea rítmica final.</li> <li>• Interpretación de la línea rítmica.</li> </ul> <p><b>Herramientas de evaluación:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rúbrica de la hoja de operaciones.</li> <li>• Registro anecdótico de la interpretación de la línea rítmica.</li> </ul> <p><b>Técnica de evaluación:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Observación sistemática.</li> <li>• Análisis de documentos, producciones y artefactos.</li> </ul>

<p>serie de operaciones con fracciones que tendrán que resolver y, si es necesario, convertir a la forma más irreducible. El resultado de cada operación será una figura de las que ya hemos visto. Cuando tengan todos los resultados, el grupo deberá escribir en un papel la sucesión de fracciones que han obtenido y acompañar cada fracción con el dibujo de la figura que corresponde con esa duración. Finalmente, un alumno de cada grupo interpretará con el monocordio la línea rítmica que se obtiene <b>(45 minutos)</b>.</p>	<p><b>Recursos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Un monocordio por grupo.</li><li>• Útiles de escritura.</li></ul>
--	---

Adaptaciones de la actividad de cara a la situación producida por la COVID-19:

1. La parte teórica se realizará de igual manera.
2. La primera parte de la práctica, en vez de escribir las fracciones y las figuras en la pizarra, el docente las escribirá en un papel que enseñará a los alumnos y estos tendrán que copiarlo y escribir las equivalencias que correspondan para enviar una foto de las respuestas al maestro.
3. La última parte de la actividad seguirá el mismo procedimiento, pero se realizará de manera individual, es decir, cada discente tendrá que resolver las operaciones, conseguir la línea rítmica, escribir la equivalencia musical e interpretar el resultado (si hay problemas con el audio de la videollamada, el alumnado se grabará para enviarlo al docente).

<b>Proyecto final: aprendizaje de una melodía musical</b>	
<p>Una vez el alumnado ha aprendido los conceptos básicos de la altura, la duración y la intensidad del sonido desde el punto de vista físico y musical, trabajaremos una pequeña melodía (de composición propia), en la que se trabajan los distintos conocimientos asimilados acerca de cada cualidad del sonido. Para ello, trabajaremos conjuntamente la notación musical convencional (partitura) y la no convencional (de nuestra propia invención, en la que la altura se determina por la frecuencia, la duración con fracciones y la intensidad con el dibujo de ondas sonoras más o menos amplias). Concretamente, el alumnado deberá transcribir la partitura no convencional en una convencional a través de los conocimientos adquiridos a lo largo de la secuencia didáctica (<b>esta transcripción será la primera sesión de 45 minutos</b>). Tanto la partitura no convencional que entregaremos al alumnado como la convencional que deben deducir ellos se encuentran anexadas en el ANEXO N°1.</p> <p>La forma en la que trabajaremos, con el fin de lograr el aprovechamiento máximo del tiempo y de los esfuerzos individuales de cada discente, será sacando, cada sesión de clase, a 4 o 5 alumnos/as a un aula auxiliar para trabajar con grupos reducidos. De esta forma, será más fácil solventar las dificultades rítmicas o técnicas que de forma segura surgirán en algunos miembros del alumnado.</p> <p>Por último, tras lograr que los discentes controlen la melodía con cierta soltura (<b>se trabajará a lo largo de las dos últimas sesiones</b>), se realizará una representación delante de alumnos/as de otros cursos como muestra del aprendizaje adquirido (siempre y cuando sea posible).</p>	<p><b>Agrupamiento:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grupos reducidos.</li> </ul>
	<p><b>Nº de sesiones:</b> 3 sesiones con cada grupo reducido:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sesión 1: transcripción de la partitura no convencional a la notación convencional.</li> <li>• Sesiones 2 y 3: práctica de la interpretación de la melodía con el monocordio.</li> </ul>
	<p><b>Criterios de evaluación y contenidos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Área de Matemáticas: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Bloque I, Criterio 2, Contenido 5.</li> <li>○ Bloque II, Criterio 3, Contenido 4.</li> </ul> </li> <li>• Área de Educación Artística: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Bloque V, Criterio 5, contenido 1.</li> <li>○ Bloque VI, Criterio 6, contenido 1.</li> </ul> </li> </ul>
	<p><b>Competencias:</b> CMyCT, SIEE, AA, CEC, CSC.</p>
	<p><b>Estándares de aprendizaje evaluables:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Matemáticas: 36, 39.</li> <li>- Ed. Artística: 43, 50, 52.</li> </ul>
	<p><b>Metodología:</b> Enseñanza no directiva.</p>
	<p><b>Instrumentos de evaluación:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Muestra de interés y esfuerzo durante las sesiones.</li> <li>• Resultado final de la interpretación.</li> </ul>
	<p><b>Herramientas de evaluación:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Escala de valoración para autoevaluación.</li> </ul>
	<p><b>Técnicas de evaluación:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis de documentos, producciones y artefactos.</li> </ul>
	<p><b>Recursos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Un monocordio por persona.</li> <li>• Partitura convencional y no convencional (ANEXO N° 1)</li> </ul>

Adaptaciones de la actividad de cara a la situación producida por la COVID-19:

1. La realización de esta última actividad como proyecto final se realizará de manera individual. Con la ayuda de la aplicación Science Journal y los conceptos adquiridos en las sesiones anteriores, el/la alumno/a tendrá que descifrar la partitura no convencional para transformarla en convencional (contará en todo momento con la ayuda del docente a través de videollamada). Seguidamente, se grabarán a ellos mismos interpretando dicha pieza musical con el monocordio.

#### 5.3.4. Herramientas de evaluación

##### Actividad 1: Las ondas del sonido

- Rúbrica para la gráfica (ANEXO N°2):  
En esta rúbrica se intentará reflejar el grado de perfeccionamiento que ha tenido el alumno al realizar la actividad número 1. En ella se establecerán valores relacionados con los ejes de la gráfica, las magnitudes y las unidades de medida que se trabajan, la funcionalidad del gráfico en base a la colocación correcta de los valores necesarios, la explicación del proceso seguido en la actividad y las conclusiones necesarias que se han obtenido mediante el desarrollo de la misma.
- Lista de confirmación de autoevaluación para el monocordio (ANEXO N°3):  
En esta lista de confirmación aparecerán diferentes conceptos sobre los que el alumnado tendrá que auto reflexionar y, posteriormente, anotar si ha cumplido dicho concepto, si considera que no ha conseguido cumplirlo completamente, o si piensa que no lo ha cumplido. Estos ítems estarán relacionados con la escala interpretada en el monocordio, las frecuencias que emite el monocordio en función del traste que se presione, la participación y el comportamiento del grupo, y la conclusión a la que se tiene que llegar una vez realizada esta actividad.

##### Actividad 2: La intensidad del sonido

- Rúbrica de las ondas (ANEXO N°4):  
En esta rúbrica se quieren exponer los aspectos o conceptos que el alumnado ha tenido que completar y desarrollar de una manera óptima en la actividad número 2. Estos aspectos tratan sobre las variables y magnitudes de un gráfico, el dibujo de una amplitud de onda determinada, la relación entre el concepto de decibelios y el concepto de

dinámicas, objetivo primordial de la actividad, sin olvidar el compromiso y la cooperación que requiere el trabajo en grupo.

### Actividad 3: La duración y las fracciones

- Rúbrica de la hoja de operaciones (ANEXO N°5):

El objetivo de esta rúbrica referente a la actividad 3, no es otro que reflejar el grado en el que el alumnado ha entendido la relación entre las fracciones y la duración de las figuras musicales. No obstante, también se presentan otros conceptos a tener en cuenta como son los resultados de las operaciones con fracciones propuestas, la formación de una línea rítmica sencilla, y, por supuesto, la relación y el trabajo con los compañeros del grupo y la puesta en común para una reflexión grupal satisfactoria.

### Proyecto final: Aprendizaje de una melodía musical

- Escala de valoración de autoevaluación (ANEXO N°6):

En esta escala de valoración cada alumno deberá hacer un ejercicio de autorreflexión y determinar cómo ha sido su actuación en el proyecto final. Para ello, se han definido unos ítems sobre los que el alumnado tendrá que evaluarse a sí mismo. Estos ítems son: el esfuerzo y dedicación en los ensayos, la aceptación de errores y la capacidad de mejora sobre los mismos, y la actuación final y las sensaciones en ella, sin olvidar como siempre, la cooperación y el respeto entre los compañeros del grupo.

## 6. Resultados

La situación que nos ha dejado la COVID-19 en el panorama mundial no ha permitido que se llevaran a la práctica las actividades diseñadas, por lo que ha resultado imposible valorar de qué manera el recurso planteado (el monocordio), en combinación con la secuencia didáctica diseñada, satisface las expectativas existentes a la hora de la elaboración de este Trabajo de Fin de Grado.

Al carecer de feedback por parte del alumnado o por parte de un docente de Educación Primaria que observara el desarrollo de alguna de las sesiones, no podemos conocer con exactitud cuál sería la acogida del recurso o de las actividades en un aula real de la etapa.

## 7. Conclusiones

Teniendo en cuenta los resultados anteriormente comentados y las posibilidades y consecuencias que ofrece este Trabajo de Fin de Grado se podría llegar a la siguiente conclusión: con la puesta en práctica de este proyecto se hubiese logrado alcanzar el principal objetivo del mismo (lograr llevar al aula contenidos ligados a la ciencia y a la música a través del monocordio diseñado) y se podría haber llegado a conseguir un aprendizaje significativo en el alumnado, tanto a nivel grupal como individual y en el plano tanto intelectual como personal, a través de un proceso de enseñanza-aprendizaje que engloba contenidos de Matemáticas, Ciencias Naturales y Educación Artística (música) en una misma secuenciación didáctica.

Por medio de las actividades propuestas y los recursos utilizados en cada una de ellas, el alumnado es capaz de adquirir los conocimientos pertinentes por medio de la práctica, lo que ayuda a la asimilación de conceptos al ver lo que se está trabajando de un modo más táctil y perceptivo, dejando de lado en la medida de lo posible la abstracción de los conceptos teóricos. Tenemos una serie de actividades que dejan ver claras las relaciones entre algunos conceptos científicos y matemáticos y algunos conceptos musicales, llegando al objetivo final, que es abordar la didáctica de las Ciencias a través del plano musical con la utilización de un recurso específico, el monocordio.

A pesar de no llevar esta Situación de Aprendizaje al aula en un entorno real, se confía en la validez de este proyecto, pues se cuenta con actividades interesantes desde el punto de vista didáctico, un recurso innovador en las aulas de Educación Primaria, un enfoque educativo llamativo para el alumnado y sobre todo, una actitud positiva y enérgica frente al desarrollo y la posible puesta en práctica de este trabajo.

El monocordio es un recurso innovador en las aulas de la etapa de Educación Primaria, como se ha mencionado anteriormente, por lo que pensamos que, junto con la globalización de áreas de aprendizaje ligadas a la ciencia y con la música, podría generar interés en el alumnado, así como asegurar la significación del aprendizaje y la motivación por parte del alumnado durante la puesta en práctica de las actividades. Todo ello radicaría en una buena consecución de los objetivos del proyecto y de la Situación de Aprendizaje contenida en él, produciendo resultados positivos y un crecimiento a nivel personal tanto en el alumnado como en el personal docente que impartiese esta sucesión de actividades.

## Bibliografía

- Gutiérrez Cordero, R., Cremades Begines, A., & Perea Díaz, B. (2011). La interdisciplinariedad de la música en la etapa de educación primaria. *Espacio y Tiempo, Revista de Ciencias Humanas*, 25, 151-161.
- Liern, V. (2011). Música y Matemáticas en educación primaria. *Suma*, 66, 107-112.
- Pérez de la Cruz, C. (2013). Educación, música y matemáticas: un triángulo afinado en armonía.
- Eff-Darwich, A. (2017). Taller de resonancias: una herramienta interdisciplinar para educación primaria. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, (Extra), 5193-5198.
- Atilano, D. La relación entre la música y la arquitectura en la antigua Grecia.
- López Arca, S. (2008). Otra vez Pitágoras. *Unión: revista iberoamericana de educación matemática*, (13), 145-148.
- Álvarez, T.; Bertran, C., Caballero, A., Cebrián, A., Gómez, L., Luque, P., Mas, N., Meraga, N., Nieto, Y., Perich, M., Solé, A., Terradellas, A.M., Tintó, S., Trius, I., Vicario, C., Villacampa, E., Vicens, M., Whitehouse, A. & Zafra, J. (2016). La música vista a través de futuros docentes: ¿La formación musical sirve a los maestros generalistas de Primaria? *Artseduca*, (14), 52-75.
- De la Fuente, A., & Moreno, J. (2013) Lo que no sabes de Pitágoras Música y matemáticas.
- Monferrato, M., & Masih, S. A. (2010). Aportes sustantivos de la matemática a la música, de los griegos a la actualidad.

## Anexos

- Anexo nº1: Partitura de notación convencional y no convencional para el proyecto final.



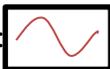
Duración (lo que aparece entre paréntesis son silencios):

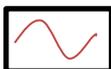
- Anacrusa:  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{2}$ .
- Compás 1-3:  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{2}$ ,  $(1+\frac{1}{2})$ ,  $\frac{1}{2}$ .
- Compás 4:  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{2}$ , (2).
- Compases 5-7:  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{4}$ , (1).
- Compás 8<sup>1</sup>:  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{4}$ , 1,  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{2}$ .
- Compás 8<sup>2</sup>:  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{4}$ , 1,  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{2}$ , 1.

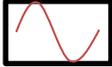
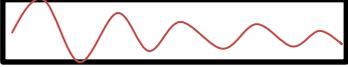
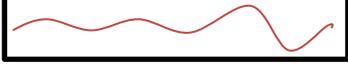
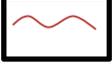
Altura (frecuencia):

- Anacrusa: 262 Hz, 294 Hz.
- Compás 1: 330 Hz, 294 Hz, 330 Hz, 262 Hz, (), 330 Hz.
- Compás 2: 330 Hz, 350 Hz, 350 Hz, 262 Hz, (), 350 Hz.
- Compás 3: 392 Hz, 350 Hz, 350 Hz, 330 Hz, (), 330 Hz.
- Compás 4: 350 Hz, 330 Hz, 330 Hz, 294 Hz, ().
- Compás 5: 330 Hz, 350 Hz, 330 Hz, 294 Hz, 330 Hz, 350 Hz, 294 Hz, 262 Hz, ().
- Compás 6: 330 Hz, 350 Hz, 330 Hz, 294 Hz, 330 Hz, 350 Hz, 392 Hz, 350 Hz, 350 Hz, ().
- Compás 7: 350 Hz, 392 Hz, 350 Hz, 330 Hz, 294 Hz, 262 Hz, 294 Hz, 330 Hz, 330 Hz, ().
- Compás 8<sup>1</sup>: 294 Hz, 330 Hz, 350 Hz, 330 Hz, 330 Hz, 350 Hz, 294 Hz, 262 Hz, 294 Hz.
- Compás 8<sup>2</sup>: 294 Hz, 330 Hz, 350 Hz, 330 Hz, 330 Hz, 350 Hz, 294 Hz, 262 Hz.

Intensidad (amplitud de onda):

- Anacrusa: 

- Compases 1-4: 

- Compases 5-6: 
- Compás 7: 
- Compás 8<sup>1</sup>: 
- Compás 8<sup>2</sup>: 

- Anexo nº2: Rúbrica para la gráfica de la Actividad 1.

<b>Insuficiente (0-4,9)</b>	<b>Suficiente (5-6,9)</b>	<b>Notable (7-8,9)</b>	<b>Sobresaliente (9-10)</b>
<p>No se indican las magnitudes ni las unidades de medida en la gráfica. Los valores están desordenados y mal colocados, lo que hace que la gráfica no sea funcional y que no se pueda extraer conclusión alguna de la misma. No explican el proceso seguido o lo explican de manera incomprensible. No extraen conclusiones o las extraídas son erróneas, sin presentar aparente relación con el gráfico ni con el fenómeno investigado. Demuestran no haber cooperado con su grupo de trabajo.</p>	<p>Los ejes de la gráfica se corresponden con las variables que estamos manejando. Sin embargo, no se indican las unidades de medida. Los valores marcados en los ejes están bien situados y, por tanto, los valores de la gráfica también, obteniendo un gráfico funcional del cual se pueden extraer conclusiones válidas. El proceso seguido está mal explicado, lo cual muestra que no lo han llevado a cabo de forma correcta o que no lo han comprendido. Las conclusiones extraídas parecen haber sido elaboradas por consenso, pero no muestran comprender de forma plena la relación existente entre la frecuencia del sonido y la longitud de la cuerda.</p>	<p>Los ejes de la gráfica se corresponden con las variables que estamos manejando. Se indican las magnitudes y las unidades de medida. Los valores marcados en los ejes están bien situados y, por tanto, los valores de la gráfica también, obteniendo un gráfico funcional del cual se pueden extraer conclusiones válidas. Se explica el proceso seguido de forma detallada, pero no explican por qué se lleva a cabo cada paso o lo hacen erróneamente. Las conclusiones extraídas muestran un proceso previo de reflexión grupal. Comprenden la relación existente entre la frecuencia del sonido y la longitud de la cuerda, aunque cometen ciertos errores a la hora de explicarlo.</p>	<p>Los ejes de la gráfica se corresponden con las variables que estamos manejando. Se indican las magnitudes y las unidades de medida. Los valores marcados en los ejes están bien situados y, por tanto, los valores de la gráfica también, obteniendo un gráfico funcional del cual se pueden extraer conclusiones válidas. Se explica el proceso seguido de forma detallada y mostrando comprensión del porqué de cada uno de los pasos. Las conclusiones extraídas muestran un proceso previo de reflexión grupal y de comprensión del comportamiento de la frecuencia del sonido en función de la longitud de una cuerda, manteniendo estable la tensión de la misma.</p>

- Anexo nº3: Lista de confirmación de autoevaluación para el monocordio de la Actividad 1.

Ítem a evaluar	Sí	Dudoso	No
La escala tocada en nuestro monocordio suena igual o muy parecida a la escala tocada por el docente.			
Hemos logrado que la frecuencia de los sonidos que emite nuestro monocordio al pulsar los trastes sea la misma o se aproxime mucho a la frecuencia que medimos del dispositivo del docente.			
Hemos trabajado conjuntamente y colaborando en todo momento. Todos los integrantes del grupo han participado por igual en cada una de las fases del proceso.			
Comprendemos por qué la frecuencia de los sonidos que emite nuestro monocordio al pulsar los distintos trastes aumenta cada vez más a medida que nos acercamos a la caja de resonancia.			

- Anexo nº4: Rúbrica de las ondas de la Actividad 2.

<b>Insuficiente (0 – 4,9)</b>	<b>Suficiente (5 – 6,9)</b>	<b>Notable (7 – 8,9)</b>	<b>Sobresaliente (9 – 10)</b>
<p>Las variables del gráfico no están puestas o son erróneas, al igual que las magnitudes. Los valores de la escala no siguen un patrón lógico (no hay misma distancia entre valores de la escala). La mayoría de las formas de onda no se corresponden con las que han sido expuestas. No entienden la relación entre el concepto físico (dB) y el concepto musical (dinámicas). No trabajan en equipo ni muestran respeto hacia sus compañeros.</p>	<p>El gráfico tiene los valores y las magnitudes correctos, por lo que es un instrumento útil. Solo la mitad de las formas de onda se corresponden con las que han sido expuestas. Muestran respeto hacia sus compañeros, pero no hay un consenso en las respuestas ni se ve una reflexión grupal, por lo tanto, no dejan ver si entienden la relación entre el concepto físico (dB) y el concepto musical (dinámicas) de forma clara.</p>	<p>El gráfico tiene los valores y las magnitudes correctos, por lo que es un instrumento útil. La mayoría de las formas de onda se corresponden con las que han sido expuestas. Muestran respeto hacia sus compañeros y aportan ideas y soluciones al grupo de trabajo. Se puede ver que entienden la relación entre el concepto físico (dB) y el concepto musical (dinámicas).</p>	<p>El gráfico tiene los valores y las magnitudes correctos, por lo que es un instrumento útil. Todas las formas de onda se corresponden con las que han sido expuestas. Muestran respeto hacia sus compañeros, aportan ideas y soluciones, además de tener un proceso de reflexión y crítica ordenado y óptimo. Se puede ver que entienden muy bien la relación entre el concepto físico (dB) y el concepto musical (dinámicas).</p>

- Anexo nº5: Rúbrica de la hoja de operaciones de la Actividad 3.

<b>Insuficiente (0 – 4,9)</b>	<b>Suficiente (5 – 6,9)</b>	<b>Notable (7 – 8,9)</b>	<b>Sobresaliente (9 – 10)</b>
<p>Los resultados de las operaciones con fracciones son erróneos, por lo que la línea rítmica también es errónea. El grupo no entiende la relación entre las fracciones y la duración de las figuras. No muestran respeto hacia sus compañeros y no exponen sus ideas al resto, por lo que no trabajan en equipo.</p>	<p>Alrededor de la mitad de los resultados de las operaciones con fracciones son correctos. La línea rítmica tiene algunos fallos. El grupo tiene algunas dificultades para entender la relación entre las fracciones y la duración de las figuras, pero sabe defenderse. Muestran respeto hacia sus compañeros, pero no hay una puesta en común de las ideas ni una reflexión general a la hora de exponer los resultados.</p>	<p>La mayoría de los resultados de las operaciones con fracciones son correctos. La línea rítmica se entiende generalmente bien. El grupo entiende la relación entre las fracciones y la duración de las figuras. Muestran respeto hacia sus compañeros y aportan sus ideas en el proceso de resolución de las operaciones, aunque no hay una reflexión grupal ni se discuten las decisiones en relación con los resultados.</p>	<p>Todos los resultados de las operaciones con fracciones son correctos, por lo que la línea rítmica es correcta. El grupo entiende muy bien la relación entre las fracciones y la duración de las figuras. Muestran respeto hacia sus compañeros y aportan sus ideas, saben trabajar en equipo y hacen una reflexión sobre los resultados que obtienen para buscar una puesta en común que satisfaga a todos los integrantes.</p>

- Anexo nº6: Escala de valoración de autoevaluación del Proyecto Final.

<b>Ítem a evaluar</b>	1 (insuficiente)	2 (suficiente)	3 (bien)	4 (notable)	5 (sobresaliente)
Me he esforzado en cada uno de los ensayos dando lo mejor de mí mismo/a.					
He sabido aceptar mis errores y dificultades para seguir mejorando.					
He sabido ayudar a mis compañeros respetándoles cuando necesitaban mi ayuda.					
Me he esforzado por hacerlo lo mejor posible en la actuación final y he disfrutado con ello.					