

Educación musical y competencias STEM en primaria: una propuesta desde el aula de música

Music education and STEM competencies in elementary school: a proposal from the music classroom



Arantza Campollo-Urkiza

Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España

arancamp@ucm.es



Roberto Cremades-Andreu

Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España

rcremade@ucm.es

Resumen: Las actuales normativas educativas internacionales señalan la importancia de trabajar las materias artísticas y científicas de forma interconectada para contribuir al desarrollo de la competencia matemática y competencias básicas en ciencias y tecnología, para lo que se ha potenciado un modelo de aprendizaje basado en la resolución de problemas en consonancia con el enfoque STEAM (Science, Technology, Engineering, Art, Mathematics). Partiendo de este modelo, es posible promover estas áreas por medio de la puesta en práctica de propuestas didáctico-musicales en el aula de primaria. El propósito de este estudio es presentar, a través de un estudio cuasi-experimental, cómo la educación musical puede favorecer la adquisición de la competencia matemática y básicas en ciencias y tecnología en una muestra de 129 participantes que cursaban sexto de educación primaria en tres centros de titularidad pública y concertada de Madrid, divididos en grupo control (63 estudiantes) y grupo experimental (66 estudiantes). El grupo experimental participó en un programa de intervención didáctica con actividades musicales

diseñado ad hoc, y fue implementado a lo largo un curso escolar en los centros participantes, a la vez que el grupo control seguía la programación de aula. Los resultados obtenidos por el grupo experimental en la fase postest muestran una mejora en la planificación de los procesos matemáticos, la identificación y uso de los números, la comprensión de contenidos geométricos en diversos contextos, así como la experimentación de la actividad científica, lo que sugiere que la educación musical puede favorecer el desarrollo de los ámbitos de esta competencia.

Palabras clave: educación musical; educación primaria; programa didáctico; competencia matemática; competencias básicas en ciencia y tecnología.

Abstract: Current international educational regulations point out the importance of working on artistic and scientific subjects in an interconnected way to contribute to the development of mathematical competence and basic competences in science and technology, for which a learning model based on problem solving has been promoted in line with the STEAM (Science, Technology, Engineering, Art, Mathematics) approach. Based on this model, it is possible to promote these areas through the implementation of didactic-musical proposals in the primary school classroom. The purpose of this study is to present, through a quasi-experimental study, how music education can favour the acquisition of mathematical competence and basic competence in science and technology in a sample of 129 participants in the sixth year of primary education in three public and state-subsidised schools in Madrid, divided into a control group (63 students) and an experimental group (66 students). The experimental group participated in a didactic intervention programme with musical activities designed ad hoc, and was implemented over the course of a school year in the participating schools, while the control group followed the classroom programme. The results obtained by the experimental group in the post-test phase show an improvement

in the planning of mathematical processes, the identification and use of numbers, the understanding of geometric contents in different contexts, as well as the experimentation of scientific activity, which suggests that music education can favour the development of the areas of this competence.

Keywords: music education; primary education; didactic programme; mathematical competence; basic competences in science and technology.

Submetido em: 29 de setembro de 2022

Aceito em: 7 de novembro de 2022

Introducción

Los últimos informes de los organismos nacionales e internacionales destacan la importancia de las artes dentro de las actuales tendencias didácticas centradas en el aprendizaje integrado desde las áreas de Ciencias, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas, más conocidas como STEAM (Barrett et al., 2012; McCormick y Kerin, 2021). A través de la interacción de las artes y las ciencias, no solo se contribuye a la interdisciplinariedad de las diferentes áreas curriculares y al desarrollo de las competencias clave, sino que también sirve para alcanzar las habilidades necesarias para transferir al entorno social y personal denominadas soft skills, al mismo tiempo que se extrapola el conocimiento más allá de las aulas de primaria (Varner, 2020). Paralelamente a este escenario, desde la introducción en el mundo educativo de las competencias clave, se impulsó una nueva concepción del aprendizaje a través de un enfoque competencial acorde con las necesidades formativas derivadas de las líneas de acción propuestas por los organismos nacionales e internacionales como la OCDE (2005). A este respecto, la Comisión Europea y la UNESCO describen las competencias clave como el conjunto de conocimientos, destrezas, actitudes y habilidades que son transferidos a nuevas situaciones que se alcanzan por medio de la integración de los aprendizajes desde las diferentes áreas (Comisión Europea, 2018; UNESCO, 2015).

Esta situación, ha derivado en una reorganización educativa que se ha visto reflejada en los planes de estudio, las instituciones educativas, así como en la praxis docente con el fin de atender de forma global a la adquisición de dichas competencias. Para tal fin se ha propuesto la implementación de estrategias de enseñanza-aprendizaje afines a este enfoque didáctico son el Aprendizaje Cooperativo o el Aprendizaje Basado en Problemas, que desarrollan habilidades y destrezas como el pensamiento crítico, la creatividad y la resolución de conflictos, habilidades demandadas en la sociedad actual (Campollo-Urkiza y Cremades-Andreu, 2022). En este sentido, la educación musical es una disciplina que ha desarrollado su acción formativa de forma globalizada con el resto de las áreas de conocimiento. De este modo, a través de la interacción

de la educación musical con el resto de las áreas curriculares se promueve la adquisición de destrezas de pensamiento, la creatividad y las habilidades sociales, así como beneficios académicos en áreas musicales y no musicales (Nadelson et al., 2020). Esto concuerda con estudios que muestran que la integración de las artes junto a las matemáticas, las ciencias y la tecnología (STEAM), promueve el desarrollo de los objetivos didácticos de etapa a través de la interacción de los contenidos de estas áreas y el contexto de los estudiantes (Harris y de Bruin, 2018; Tsurusaki et al., 2017).

Por ello, en este trabajo se muestra la importancia y la relación de la educación musical en el desarrollo de las competencias matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología, así como en aprendizajes más significativos.

Competencia STEM: Competencia Matemática y Ciencia y Tecnología en Educación Primaria

La competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología han sido abordadas de forma casi exclusiva por el área de ciencias, hecho que está cambiando a raíz de diversos enfoques metodológicos en los que las matemáticas, las ciencias, la tecnología y las artes se unen con el fin de potenciar el aprendizaje interdisciplinar como un modo de mejorar las capacidades de los estudiantes (Cilleruelo y Zubiaga, 2014).

Según la Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (LOMLOE, 2020), la competencia matemática está dirigida a que los estudiantes sean capaces de aplicar y transferir los procesos y métodos matemáticos, los números, la geometría, y la estadística y la probabilidad a las actividades cotidianas. A su vez, fomenta el pensamiento abstracto, así como la formulación e inferencias del área científica, destrezas y habilidades que son necesarias para el desarrollo integral curricular del alumnado. Dado su carácter fundamental para los ámbitos académico, social y personal, se debe trabajar desde todas las áreas que conforman el currículo a lo largo de toda la educación obligatoria.

En relación con los ámbitos de esta competencia en la educación primaria, y en concreto, el ámbito de los procesos, métodos y actitudes en matemáticas, los estudiantes deben comprender, relacionar o realizar hipótesis para la solución de diferentes problemas. De este modo, debe utilizar el lenguaje y los símbolos matemáticos adecuados, en cada uno de los contextos propuestos.

Respecto al ámbito de los números y la geometría, el alumnado debe ser capaz de utilizar e interpretar la cuantificación de los atributos de los objetos aplicando distintas herramientas matemáticas para la realización de cálculos y la posterior emisión de soluciones (Consejo Europeo, 2018).

En el ámbito de la estadística y la probabilidad el estudiante se adentra en el error como parte del método matemático, así como conocimientos sobre el azar, elementos necesarios para interpretar diferentes conclusiones en un problema.

En cuanto a las competencias básicas en ciencia y tecnología, indica que los contenidos de la iniciación científica han de contribuir a que el alumnado disponga de herramientas para que interpreten la realidad, analicen datos y extraigan conclusiones científicas, para que puedan participar y decidir de forma argumentada en problemas actuales.

Educación musical y la competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología (STEM)

La música, las matemáticas y las ciencias son áreas que comparten campos de investigación y estudio. Las relaciones en los elementos comunes de ambas disciplinas se basan en conceptos como los elementos rítmicos, la división y subdivisión del tiempo (Lázaro y Riaño, 2009), los fenómenos acústicos (Walz et al., 2016), y las matrices o la geometría (Fernández-Nieto, 2018). Del mismo modo, ambas disciplinas basan sus procesos cognitivos en el pensamiento creativo para la realización y resolución de las actividades, hecho que ha contribuido en la incorporación de la música y las artes en los enfoques metodológicos exclusivamente científicos (Braund y Reiss, 2019). Por este motivo, una opción

puede ser el utilizar la música para el desarrollo de diversos contenidos matemáticos y científicos diseñando actividades en las que concurren ambas áreas.

En la competencia matemática, y con relación al ámbito de los procesos, métodos y actitudes en matemáticas, la educación musical puede contribuir en el proceso de asimilación de conocimientos, resolución de problemas y la consecución de conexiones significativas a través de actividades cooperativas como la creación de armonías para un acompañamiento musical. En estas actividades, los estudiantes tienen que mostrar un producto final como solución al problema planteado planificando el proceso de trabajo (Wahyudi et al., 2020; Wang y Li, 2021).

En el ámbito de los números, el alumnado debe interpretar e identificar mensajes y textos numéricos sencillos de la vida cotidiana. Este aspecto se puede trabajar por medio de la experimentación de secuencias, simetrías y patrones rítmicos y melódicos, además de presentar procedimientos que conecten el concepto y el signo, tan necesario para la adquisición del vocabulario matemático (Trinick et al., 2016). Asimismo, pueden llevarse a cabo actividades musicales como la manipulación de los grados tonales, el conocimiento del número de compases, las figuras musicales o la identificación del número de visitas y año de creación de vídeos en Youtube.

En cuanto al desarrollo del ámbito de la geometría se puede recurrir a la utilización del movimiento para la adquisición de contenidos disciplinares no musicales. A través de la danza es posible trabajar contenidos como la geometría (Mannone y Turchet, 2019; Palou et. al, 2016). A su vez, la interpretación de canciones acompañadas con ritmo y movimiento en el aula puede mejorar el rendimiento espacio-temporal necesario para la utilización del vocabulario geométrico (McDonel, 2015).

En relación con el ámbito de la estadística y la probabilidad, el estudio llevado a cabo por An y Tillman (2015), señala que actividades en las que se integran la música y las matemáticas sirven para tender puentes para la transferencia entre conceptos matemáticos

abstractos y musicales. Un ejemplo de este tipo de actividades puede ser el Juego Musikalisches Würfelspiel de Mozart, en el que utilizando una matriz de números y unos dados se componen 16 compases siguiendo la forma musical Minueto, de manera que profundiza en la música aleatoria y su relación con la probabilidad.

Respecto a las competencias básicas en ciencia y tecnología, y en relación con los ámbitos de la actividad científica, los estudios de Turkka et. al (2017) y Eilks (2016), señalan que, en el aprendizaje de las ciencias a través de la integración del arte y la música, se promueve el pensamiento creativo y el pensamiento reflexivo que promueven habilidades como la comprensión conceptual o la toma de decisiones en el ámbito científico. Esto puede materializarse a través de actividades como la elaboración de experiencias para conocer el sonido, su producción y su transmisión, así como el aparato fonador como instrumento musical. En este sentido, este análisis enfatiza que el trabajo conjunto de la competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología dotará al alumnado de las habilidades necesarias para movilizar diferentes recursos matemáticos y científicos en la resolución de problemas que se plantean en su entorno, en definitiva, que sean competentes matemática y científicamente.

Objetivo

El objetivo principal de este trabajo es valorar el efecto de la implementación de un programa de actividades didáctico-musicales en la adquisición de los ámbitos de la competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología en estudiantes de sexto curso de educación primaria.

Método

En este trabajo se ha seguido un diseño de investigación cuasi-experimental con grupo experimental y grupo control no equivalente, en el que se ha realizado una evaluación antes y después de la implementación de un programa de actividades musicales.

En esta investigación las variables estudiadas han sido: a) Variable Dependiente: la Competencia STEM (Matemática y competencia básicas en ciencia y tecnología), b) Variables Independientes: Grupo (grupo control y experimental) y el programa de intervención, y c) Variable Interviniente: Edad. Esta variable interviniente se ha controlado debido a que todos los participantes que estaban cursando 6º de primaria tenían edades similares, motivo por el que no se han realizado análisis comparativos en función de la edad.

Participantes

Participaron 129 estudiantes de seis grupos de sexto curso de educación primaria de tres centros educativos de Madrid capital, 69 hombres (53.5%) y 60 mujeres (46.5%), divididos en tres grupos control (66 estudiantes, 51.2%) y tres grupos experimentales (63 estudiantes, 48.8%), de los que 37 pertenecían a un centro de titularidad pública (28.7%) y 92 (71.3 %) a dos centros de titularidad concertada. La asignación de los estudiantes a cada grupo se realizó siguiendo la distribución de los centros en dos líneas. Así, se decidió al azar que las clases de la letra A fueran el grupo control y la letra B el grupo experimental, siendo la composición de la muestra inicial de 133 sujetos, de los que cuatro dejaron el programa puesto que abandonaron sus respectivos centros educativos.

Los centros participantes disponían de un aula específica de música dotada con instrumentos de percusión, piano digital, equipo informático, proyector, y equipo de música, además de dispositivos móviles para la realización de tareas digitales. Además, sus principales características sociodemográficas fueron las siguientes:

- Centro 1 titularidad privado concertado, nivel socioeconómico medio, y con una amplia diversidad cultural ($n_{control} = 23$, $n_{experimental} = 22$).

- Centro 2 titularidad privado concertado con un nivel socioeconómico medio ($n_{control} = 24$, $n_{experimental} = 23$).
- Centro 3 de titularidad pública con un nivel socioeconómico medio-bajo y una alta diversidad cultural ($n_{control} = 16$, $n_{experimental} = 21$).

Del mismo modo, también participaron en la fase experimental del programa tres maestras especialistas en educación musical con una experiencia de más de diez años como especialistas de música en primaria que conocían y utilizaban estrategias metodológicas como el Aprendizaje Basado en Proyectos, el Aprendizaje Cooperativo y herramientas TIC.

Instrumento

El instrumento de evaluación utilizado en este estudio ha sido un cuestionario elaborado ad hoc para medir el grado de adquisición de la competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología, en el que se han incluido criterios de evaluación de los diferentes bloques de contenido que se trabajan de forma transversal en todas las disciplinas, y que no son específicos de las áreas estudiadas, según se incluyen en las actuales leyes educativas LOMCE (2013) y LOMLOE (2020), así como las recomendaciones del Consejo Europeo en materia de competencias (2018). El cuestionario está compuesto por 12 ítems a los que se debía responder en una escala tipo Likert de 1 a 5, donde 1 era nunca y 5 siempre. Estos 12 ítems se agrupan en los siguientes ámbitos de la competencia matemática y competencias en ciencias y tecnología: a) Procesos, métodos y actitudes matemáticas (ítems 3 y 7), b) Números (ítems 1 y 6), c) Geometría (ítems 2, 4 y 5), d) Estadística y probabilidad (ítem 8), e) Iniciación a la actividad científica (ítems 10 y 12), f) El ser humano y la salud (ítem 9), y g) La materia y la energía (ítem 11). A estos ítems se debía responder según una escala Likert de cinco puntos en el que 1 era nunca y 5 siempre.

Una vez elaborado el instrumento final se estimó su validez y fiabilidad. En primer lugar, se midió la validez de contenido a través de la técnica del juicio de expertos, proceso en el que participaron 17 jueces entre los que se contó con investigadores, docentes y especialistas en educación musical con una amplia trayectoria. Para cuantificar las puntuaciones que dieron los jueces respecto a la pertinencia, relevancia y calidad de los ítems, se utilizó coeficiente V de Aiken, por medio del que se obtuvieron valores iguales o superiores a .76, que indican que el instrumento posee una alta evidencia de validez de contenido (Merino y Livia, 2009).

La validez de constructo se midió a través de un análisis factorial al que previamente se sometió a la prueba de Bartlett y de Kaiser, Meyer y Olkin cuyo valor fue de .951, lo que indica que los resultados obtenidos se ajustan a un modelo de análisis factorial (Prueba de esfericidad de Bartlett $\chi^2 = 4340.395, p < .000$), por lo que se puede llevar a cabo este análisis (López-Aguado y Gutiérrez-Provecho, 2019). Así, se implementó un análisis factorial mediante el método de extracción de componentes principales con rotación Oblimin, del cual se ha extraído un sólo factor que explica el 76.14% de la varianza total, lo que indica la estrecha relación existente entre los ítems que componen las dimensiones que conforman la Competencia matemática y Competencias básicas en ciencia y tecnología.

Respecto a la fiabilidad del instrumento, se analizó utilizando el coeficiente Alfa de Cronbach, del que se obtuvo un valor de .971, que indica un índice elevado de consistencia interna (Lacave et al., 2016). Los coeficientes obtenidos en la agrupación de los ámbitos de esta competencia fueron de .960 para la Competencia matemática y de .940 para las Competencias básicas en ciencia y tecnología.

Paralelamente se diseñó un instrumento de intervención para trabajar la competencia STEM a través de actividades musicales teniendo en cuenta los bloques de contenidos musicales, así como los de la competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología. El programa de actividades consta de 22

sesiones, el cual se derivó a 8 especialistas en educación musical con una dilatada experiencia para evaluar la validez de contenido de las actividades. Estos especialistas convergieron a 100% en la validez del programa para el desarrollo de las competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología.

Dicho programa, consta de 22 sesiones en las que se ha trabajado de forma interdisciplinar desde el aula de música los contenidos de esta competencia utilizando estrategias de enseñanza y aprendizaje cuyo factor común es el aprendizaje significativo, como son las Rutinas de Pensamiento, el Aprendizaje Basado en Proyectos, y el Aprendizaje Cooperativo. Este programa fue validado por ocho especialistas en educación musical con más de 20 años de experiencia docente, que valoraron que las actividades planteadas contribuían al desarrollo de las competencias propuestas.

A modo de ejemplo, algunas de las actividades que conformaron el programa fueron: a) proyectos matemáticos musicales a través de grupos cooperativos donde elaborar y diseñar dicho proyecto relacionadas con los procesos, métodos y actitudes matemáticas. Para el ámbito de los números se han seleccionado actividades de a) creación de acordes y sus inversiones, b) experimentación de figuras musicales regulares e irregulares, c) el uso de los números romanos en propuestas musicales, y d) identificar y nombrar el número de visitas de vídeos alojados en youtube. En el ámbito de la geometría se han realizado a) búsquedas de itinerarios de las casas de músicos en ciudades como Viena, b) conocimiento de los signos de los mapas en actividades gamificadas en las que encontrar el libreto del ballet de Tchaikovsky y c) analizar gráficos de las estadísticas de las ventas de diversos estilos musicales. Con relación a la estadística y la probabilidad se han elaborado actividades de conocimiento de la música aleatoria a través de las matrices y el azar. Finalmente, para las competencias básicas en ciencia y tecnología se han desarrollado actividades en las que experimentar de forma activa con la producción y emisión del sonido.

Procedimiento

Este estudio se llevó a cabo a lo largo del curso académico 2018-2019 en 3 grupos experimentales y 3 grupos control, en los que se contó con el consentimiento informado tanto de los niños y niñas y de sus familias que fueron concedoras de todas las cuestiones sobre la investigación, así como se garantizó el anonimato de los participantes. En este período, el grupo control realizó las actividades recogidas en la programación de aula del especialista de música, y el grupo experimental llevó a cabo las actividades del programa de intervención. Las sesiones de intervención fueron realizadas en sesiones de entre 45 a 60 minutos de duración durante todo el curso escolar.

De este modo, se evaluó el nivel de adquisición de la Competencia matemática y Competencias básicas en ciencia y tecnología de los grupos de estudiantes participantes antes y después de la implementación del programa.

Conjuntamente, se llevó a cabo una labor de asesoramiento y formación con las tres maestras especialistas que participaron en la implementación del programa de intervención, donde se entregó una guía didáctica con las especificaciones de cada una de las sesiones, los materiales y los criterios de evaluación de cada sesión.

Resultados

Los resultados que se presentan han sido analizados a través del programa informático SPSS para Windows en su versión 23.

Este apartado comienza mostrando los estadísticos descriptivos de las fases pretest-postest del grupo experimental y control, según la agrupación de los ítems por ámbitos de la Competencia matemática y Competencias básicas en ciencia y tecnología.

Tabla 1. Estadísticos descriptivos pretest-postest de los grupos control y experimental

		Ámbitos	Grupo	N	Media	Desviación estándar
Fase pretest	1. Competencia matemática	1.1. Procesos, métodos y actitudes en matemática	Control	63	2.73	0.831
			Experimental	66	3.07	1.034
		1.2. Números	Control	63	2.24	0.567
			Experimental	66	2.62	0.800
		1.3. Geometría	Control	63	2.62	0.733
			Experimental	66	2.78	0.934
		1.4. Estadística y probabilidad	Control	63	2.69	0.815
			Experimental	66	3.04	0.998
	2.C. básicas en ciencias y tecnología	2.1. Iniciación a la actividad científica	Control	63	2.50	0.653
			Experimental	66	2.84	0.886
		2.2. El ser humano y la salud	Control	63	2.54	0.714
			Experimental	66	2.72	1.030
		2.3. La materia y la energía	Control	63	2.40	0.708
			Experimental	66	2.59	1.022

Fase postest	1. Competencia matemática	1.1. Procesos, métodos y actitudes en matemática	Control	63	3.13	0.866
			Experimental	66	3.74	1.106
	1.2. Números	Control	63	2.66	1.143	
		Experimental	66	3.42	1.406	
	1.3. Geometría	Control	63	3.10	1.062	
		Experimental	66	3.64	1.215	
	1.4. Estadística y probabilidad	Control	63	2.92	1.235	
		Experimental	66	3.72	1.473	
	2.C. básicas en ciencias y tecnología	2.1. Iniciación a la actividad científica	Control	63	2.76	0.999
		Experimental	66	3.62	1.174	
	2.2. El ser humano y la salud	Control	63	2.66	1.150	
		Experimental	66	3.47	1.500	
	2.3. La materia y la energía	Control	63	2.54	1.044	
		Experimental	66	3.60	1.148	

Nota: 1= nunca, 2= casi nunca, 3= a veces, 4= casi siempre, 5= siempre.

Fuente: Tabla de elaboración propia

Como señala la tabla 1, los grupos control y experimental disponen inicialmente de un nivel de Competencia matemática y Competencias básicas en ciencias y tecnología similar, ya que los resultados obtenidos por la media de ambos grupos se sitúan en torno a 3.

En la fase postest, la media del grupo experimental fue superior a la del grupo control en todos los ámbitos de la Competencia matemática y Competencias básicas en ciencia y tecnología.

Una vez realizados los estadísticos descriptivos de ambos grupos, se procedió a medir el supuesto de normalidad a través de la prueba de Kolmogorov-Smirnov, de la que se obtuvieron valores significativos en todos los ámbitos y sus ítems correspondientes, por lo que no se puede asumir la distribución normal de las puntuaciones obtenidas y, en consecuencia, se hace necesario utilizar pruebas no paramétricas en los análisis inferenciales.

De este modo, se utilizó la prueba U de Mann-Whitney para comparar las puntuaciones obtenidas por ambos grupos en la fase pretest (ver Tabla 2).

Tabla 2. Prueba de rangos U de Mann-Whitney en fase pretest según el grupo y el tamaño del efecto (r de Rosental)

	Ámbitos	Grupo	N	Rango promedio	Suma de rangos	Z	p	r
1. Competencia matemática	1.1. Procesos, métodos y actitudes en matemática	Control	63	58.81	3705.00	-1.873	.061	.16
		Experimental	66	70.91	4680.00			
	1.2. Números	Control	63	55.64	3505.50	-2.883	.004	.25
		Experimental	66	73.93	4879.50			
	1.3. Geometría	Control	63	63.52	4001.50	-.450	.653	.03
		Experimental	66	66.42	4383.50			
	1.4. Estadística y probabilidad	Control	63	59.47	3746.50	-1.755	.079	.15
		Experimental	66	70.28	4638.50			

2.C. básicas en ciencias y tecnología	2.1. Iniciación a la actividad científica	Control	63	57.82	3642.50	-2.191	.028	.19
		Experimental	66	71.86	4742.50			
	2.2. El ser humano y la salud	Control	63	59.92	3775.00	-1.740	.082	.15
		Experimental	66	69.85	4610.00			
	2.3. La materia y la energía	Control	63	63.07	3973.50	-.656	.512	.05
		Experimental	66	66.84	4411.50			

* $p < .05$

Fuente: Tabla de elaboración propia

Como se observa en la tabla 2, las puntuaciones obtenidas en esta fase indicaron que ambos grupos eran homogéneos en cuanto al nivel inicial de los ámbitos de la competencia, ya que no existían diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos.

Para comparar los cambios producidos en los grupos control y experimental antes y después de la intervención, se llevó a cabo la prueba de rangos rangos de Wilcoxon de los ámbitos de las competencias estudiadas, cuyos resultados se muestran en la tabla siguiente.

Tabla 3. Prueba de rangos de Wilcoxon pretest-postest de los ámbitos de la competencia según el grupo y tamaño del efecto (r de Rosental)

	Ámbitos	Grupo	% Rangos negativos	% Rangos positivos	% Empates	Z	p	r
1. Competencia matemática	1.1. Procesos, métodos y actitudes en matemáticas	Control	9.52	55.55	34.92	-4.268	.000*	.37
		Experimental	7.57	56.06	36.36	-5.132	.000*	.45
	1.2. Números	Control	23.80	38.09	38.09	-2.543	.011*	.22
		Experimental	19.70	69.70	10.60	-4.134	.000*	.36
	1.3. Geometría	Control	14.28	60.31	25.39	-3.849	.000*	.33
		Experimental	6.06	69.70	24.24	-5.311	.000*	.46
1.4. Estadística y probabilidad	Control	20.63	33.33	46.03	-1.667	.095		
	Experimental	13.63	57.57	28.78	-3.541	.000*	.31	
2.C. básicas en ciencias y tecnología	2.1. Iniciación a la actividad científica	Control	38.09	41.26	20.63	-2.588	.010*	.22
		Experimental	19.69	59.10	21.21	-4.439	.000*	.39
	2.2. El ser humano y la salud	Control	28.57	41.26	30.15	-0.644	.520	
		Experimental	18.18	57.57	24.24	-3.461	.001*	.30
	2.3. La materia y la energía	Control	23.80	34.92	41.27	-1.187	.235	
Experimental		7.57	54.54	37.88	-5.020	.000*	.44	

* $p < .05$

Fuente: Tabla de elaboración propia

Como se aprecia en la tabla 3, en cuanto a los ámbitos de los procesos, métodos y actitudes en matemáticas, los números, la geometría y la iniciación a la actividad científica los resultados fueron estadísticamente significativos para ambos grupos y se indica una mejora después de la implementación del programa de intervención tanto en el grupo control como en el experimental.

Para los ámbitos de la estadística y la probabilidad, el ser humano y la salud y la materia y la energía, es el grupo experimental el que aporta únicamente resultados significativos en estos ámbitos en la fase posttest. Las puntuaciones de los ámbitos de esta tabla se han indicado en porcentajes para diferenciar los resultados, además de acompañarse con el tamaño del efecto donde Miksza y Elpus (2018), señalan que el tamaño del efecto es pequeño en valores de $r \geq .10$; medio en $r \geq .30 < .50$ y grande en $r \geq .50$). De este modo, en el ámbito de los procesos, métodos y actitudes en matemáticas ambos grupos obtienen mejores puntuaciones en la fase posttest, donde el grupo experimental alcanzó un mayor porcentaje de rangos positivos acompañado de un tamaño del efecto medio.

En el ámbito de los números, pese a que ambos grupos ofrecen una mayor puntuación en la fase posttest, es el grupo experimental el que presentó un mayor porcentaje de rangos positivos con un tamaño del efecto medio.

Para el ámbito de la geometría, ambos grupos obtuvieron mejores puntuaciones tras la implementación del programa, pero el grupo experimental obtiene un porcentaje de rangos positivos superior con un tamaño del efecto medio.

En cuanto al ámbito de la estadística es el grupo experimental el único que aporta mejores puntuaciones en la fase posttest y dispone de un porcentaje de rangos positivos superiores al del grupo control con un tamaño del efecto medio.

Respecto al ámbito de la iniciación a la actividad científica, ambos grupos aportan unos mejores resultados en la fase

postest pero es el grupo experimental el que dispone de un porcentaje ligeramente mayor de rangos, así como un tamaño del efecto mediano.

Finalmente, en el ámbito del ser humano y la salud, y la materia y la energía, fue al grupo experimental al que correspondieron los mayores porcentajes de rangos con un tamaño del efecto medio.

Posteriormente, se realizó un análisis no paramétrico U de Mann-Whitney con el fin de comparar las puntuaciones obtenidas por ambos grupos en la fase postest (ver Tabla 4).

Tabla 4. Prueba de rangos U de Mann-Whitney postest según el grupo y el tamaño del efecto (r de Rosental)

	Ámbitos	Grupo	N	Rango promedio	Suma de rangos	Z	p	r
1. Competencia matemática	1.1. Procesos, métodos y actitudes en matemática	Control	63	58.58	3438.50	-3.146	.002*	.27
		Experimental	66	74.95	4946.50			
	1.2. Números	Control	63	54.04	3.404.50	-3.300	.001*	.29
		Experimental	66	75.46	4980.50			
	1.3. Geometría	Control	63	56.30	4838.00	-2.620	.009*	.23
		Experimental	66	73.30	4838.00			
	1.4. Estadística y probabilidad	Control	63	54.37	4960.00	-3.276	.001*	.28
		Experimental	66	75.15	4960.00			

2.C. básicas en ciencias y tecnología	2.1. Iniciación a la actividad científica	Control	63	50.88	3205.50	-4.293	.000*	.37
		Experimental	66	78.48	5179.50			
	2.2. El ser humano y la salud	Control	63	54.40	3427.00	-3.235	.001*	.28
		Experimental	66	75.12	4958.00			
	2.3. La materia y la energía	Control	63	48.76	3072.00	-4.967	.000*	.43
		Experimental	66	80.50	5313.00			

* $p < .05$

Fuente: Tabla de elaboración propia

Como se observa en la tabla 4, los resultados estadísticamente significativos revelan que el grupo experimental obtuvo puntuaciones superiores al grupo control en todos los ámbitos siendo de un tamaño del efecto mediano para los ámbitos de iniciación a la actividad científica y la materia y la energía, y un tamaño del efecto pequeño para el ámbito de los procesos, métodos y actitudes en matemáticas, los números, la geometría, la estadística y la probabilidad, así como en el ser humano y la salud.

Por último, se llevó a cabo la prueba U de Mann-Whitney ítem a ítem en la fase posttest (ver Tabla 5).

Tabla 5. Prueba de rangos U de Mann-Whitney ítem a ítem en fase postest según el grupo y el tamaño del efecto (r de Rosental)

		Ítems	Grupo	N	Rangos promedio	Suma de Rangos	Z	p	r
1. Competencia matemática	1.1. Procesos, métodos y actitudes en matemática	3. Distingue tipos de voces, instrumentos, variaciones y contrastes de velocidad e intensidad tras la escucha de obras musicales.	Control	63	56.25	3543.50	-2.690	.007*	.23
			Experimental	66	73.96	4841.50			
		7. Planifica el proceso de trabajo.	Control	63	53.95	3399.00	-3.404	.001*	.30
			Experimental	66	75.55	4986.00			
	1.2. Números	1. Interpreta datos y mensajes de textos numéricos sencillos de la vida cotidiana.	Control	63	60.63	3819.50	-1.330	.184	
			Experimental	66	69.17	4565.50			
		6. Identifica los números romanos como orden y datación en una escala musical.	Control	63	51.31	3232.50	-4.221	.000*	.37
			Experimental	66	78.07	5152.50			
	1.3. Geometría	2. Utiliza el vocabulario geométrico adecuado para explicar un recorrido y orientarse en el espacio.	Control	63	59.65	3758.00	-1.632	.103	
			Experimental	66	70.11	4627.00			
		4. Interpreta los signos convencionales de un mapa: Rosa de los vientos, topónimos, convenciones del mapa.	Control	63	55.17	3475.00	-3.005	.003*	.26
			Experimental	66	74.39	4909.50			
5. Comprende la información contenida en los gráficos: ejemplo, línea de tiempo.		Control	63	55.60	3503.00	-2.901	.004*	.25	
		Experimental	66	73.97	4882.00				
1.4. Estadística y probabilidad	8. Identifica situaciones de carácter aleatorio.	Control	63	54.37	3425.00	-3.276	.001*	.29	
		Experimental	66	75.15	4960.00				

2.C. básicas en ciencias y tecnología	2.1. Iniciación a la actividad científica	10. Realiza experiencias sencillas para conocer la propagación del sonido.	Control	63	49.39	3111.50	-4.830	.000*	.42
			Experimental	66	79.90	5273.00			
		12. Describe las cualidades del sonido.	Control	63	55.52	3498.00	-2.985	.003*	.26
			Experimental	66	74.05	4887.00			
	2.2. El ser humano y la salud	9. Conoce la función y las partes que componen el aparato fonador.	Control	63	54.40	3427.00	-3.235	.001*	.28
			Experimental	66	75.12	4958.00			
	2.3. La materia y la energía	11. Explica cómo se produce y se transmite el sonido	Control	63	48.76	3072.00	-4.967	.000*	.43
			Experimental	66	80.50	5313.00			

* $p < .05$.

Fuente: Tabla de elaboración propia

Como se indica en la tabla 5, los resultados obtenidos fueron estadísticamente significativos para ambos grupos en el ámbito de los procesos, métodos y actitudes en matemáticas y muestran puntuaciones superiores del rango promedio para el grupo experimental frente al grupo control en el ítem 3. Distingue tipos de voces, instrumentos, variaciones y contrastes de velocidad con un tamaño del efecto pequeño, y el ítem 7. Planifica el proceso del trabajo con un tamaño del efecto mediano.

En cuanto al ámbito de los números los resultados fueron significativos para el ítem 6. Identifica los números romanos como orden y datación en una escala musical, con un tamaño del efecto medio, y donde del grupo experimental dispone de rangos promedio superiores al obtenido por el grupo control.

Respecto al ámbito de la geometría, el grupo experimental mostró mayores rangos promedios respecto al grupo control en el ítem 4. Interpreta los signos convencionales de un mapa: Rosa de los vientos, topónimos, convenciones del mapa, e ítem 5. Comprende la información contenida en los gráficos: ejemplo, línea del tiempo, obteniendo ambos ítems un tamaño del efecto mediano.

En el ámbito de la estadística y la probabilidad también es el grupo experimental el que arroja mejores rangos promedios respecto al grupo control y un tamaño del efecto pequeño.

En relación con el ámbito de la iniciación a la actividad científica, el grupo experimental tiene mayores rangos promedios que el grupo control en los ítems 10 y 12, donde en el ítem 10. Realiza experiencias sencillas para conocer la propagación del sonido obtiene un tamaño del efecto medio, y en el ítem 12. Describe las cualidades del sonido un tamaño del efecto pequeño.

Igualmente, en el ámbito del ser humano y la salud se obtuvieron resultados significativos para el ítem 9. Conoce la función y las partes que componen el aparato fonador, con un tamaño del efecto pequeño, donde el grupo experimental tiene un rango promedio superior al grupo control.

Por último, con relación al ámbito de la materia y la energía los resultados fueron estadísticamente significativos para el ítem 11. Explica cómo se produce y se transmite el sonido con un tamaño del efecto medio, donde el grupo experimental obtiene puntuaciones superiores respecto al grupo control.

Discusión y Conclusiones

Con el fin de dar respuesta al objetivo principal de esta investigación se discuten los resultados en función de los ámbitos de la competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología.

Es apreciable que ambos grupos presentan una mejora tal y como evidencian los resultados anteriormente expuestos, pero,

es el grupo experimental el que aporta mayores progresos tras la intervención. Esto puede deberse a que, los contenidos de cada uno de los ámbitos estudiados, son desarrollados a través del perfil de área matemática y de ciencias naturales en las programaciones de las diferentes asignaturas, por lo que, ambos grupos han avanzado en el desarrollo de estos ámbitos de la competencia, pero en cambio, el grupo experimental reporta mejoras más significativas a la finalización del programa de intervención. De este modo, en el ámbito de los procesos, métodos y actitudes en matemáticas se ha puesto de manifiesto esta mejora del grupo experimental a través de actividades como la creación de acompañamientos instrumentales en grupos cooperativos para crear una propuesta musical conjunta donde los estudiantes han tenido que movilizar procesos cognitivos para las justificaciones e inferencias durante el diseño y el proceso de creación. A través de este tipo de planteamientos didácticos se contribuye al desarrollo del pensamiento creativo y a la creación de conexiones significativas necesarias en el ámbito matemático, tal y como señalan estudios como los de Wahyudi et al. (2020), y Wang y Li (2021).

Respecto al ámbito de los números y la geometría, y en concordancia con Trinick et al. (2016) y Mannone y Turchet (2019), se sugiere que, trabajando a través de los compases, las figuras musicales, los grados tonales junto a la expresión de estos elementos a través del movimiento, se ha mejorado el concepto espacio-temporal, así como la comprensión de patrones, secuencias y simetrías, lo que contribuye a relacionar el concepto y el signo inherentes al ámbito matemático.

En cuanto al ámbito de la estadística y la probabilidad, las actividades planteadas para conocer e identificar situaciones de carácter aleatorio han sido propicias para que el alumnado relacione las matrices matemáticas con la composición musical aleatoria a través de la experiencia, produciendo la transferencia entre elementos musicales y matemáticos complejos (An y Tillman, 2015).

En relación con el ámbito de la actividad científica, el grupo experimental ha mejorado la comprensión de conceptos y términos

científicos a través de actividades basadas en experiencias manipulativas como son la emisión y producción del sonido, hecho que se constata en estudios similares (Eilks, 2016; Turkka et al., 2017).

De este modo, este estudio pone de manifiesto la necesidad de incluir actividades y tareas interdisciplinares donde los contenidos de áreas musicales y no musicales interactúen con el fin de realizar experiencias didácticas transferibles para un aprendizaje significativo y continuo.

También, hay que señalar que las principales limitaciones que se han tenido en el desarrollo de esta investigación se encuentran en la muestra de estudio, debido a la falta de colaboración de los centros para participar en la implementación del programa, circunstancia que en el ámbito de la educación es particularmente difícil de abordar. A esto hay que añadir que el tema de investigación era la competencia matemática y competencias básicas en ciencias y tecnología, un área troncal que en los centros educativos suscita un enfoque más centrado en el trabajo desde la propia materia que desde la interdisciplinariedad con otras áreas.

Con todo ello, se sugiere realizar estudios en los que se visibilice las aportaciones que la música tiene para el aprendizaje de materias científicas a través de los proyectos STEAM, así como ampliarlo a otras etapas educativas con contenidos matemáticos con mayor nivel de abstracción y complejidad.

Referencias Bibliográficas

AN, Son., y TILLMAN, Daniel. **Music activities as a meaningful context for teaching elementary students mathematics: a quasi-experiment time series design random assigned control group.** European Journal of Science and Mathematics education, Cyprus, v.3. n.1, p.45-60, 2015.

BARRETT, Margarita., EVERETT, Michele., y SMIGIEL, Brezo. **Meaning, value and engagement in the arts: Findings from a participatory**

investigation of young Australian children's perceptions of the arts. International Journal of Early Childhood, United States, v.44, p.185-201.2012.

BRAUND, Martin., y REISS, Michael. **The Great Divide: How the arts contribute to science and science education.** Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education, Canada, v.19, p.219–236. 2019

CAMPOLLO-URKIZA, Arantza y CREMADES-ANDREU, Roberto. **Contribuciones de la Educación Musical al desarrollo de la Competencia en Comunicación Lingüística en Primaria.** Revista Electrónica Complutense de Investigación en Educación Musical-RECIEM, Madrid, España, v.19, p. 51-61. 2022.

CILLERUELO, Lourdes., y ZUBIAGA, Augusto. **Una aproximación a la Educación STEAM. Prácticas educativas en la encrucijada arte, ciencia y tecnología.** En José Cruz y Maravillas Díaz (coord.) *Investigar en psicodidáctica: una realidad en auge.* Jornadas de Psicodidáctica, 2014, País Vasco, España, pp. 22-38. Disponible en <https://www.augustozubiaga.com/web/wp-content/uploads/2014/11/Investigar-en-Psicodidactica.pdf>. Consultado el 7 septiembre de 2022.

CROOKE, Alexander., SMYTH, Paul., y MCFERRAN, Katrina. Skewes. **The psychosocial benefits of school music: reviewing policy claims.** Journal of Music Research Online, Adelaide University, Australia, v.7, p. 1-15.2016.

EILKS, Ingo. **Science education and education for sustainable development – justifications, models, practices and perspectives.** EURASIA Journal of Mathematics, Science & Technology Education, United Kingdom, v.11, n.1, p.149–158.2015

FERNÁNDEZ-NIETO, Ever Lafaid. **La geometría para la vida y su enseñanza. Geometry for life and its teaching.** Aibi Revista de Investigación, Administración e Ingeniería, Universidad de Santander, España, v.6, n.1, p.34-63. 2018.

HARRIS, Ana., y de BRUIN, León. **Secondary school creativity, teacher practice and STEAM education: An international study**, Journal of Educational Change, United States, v.19, n.2, p.153-179. 2017.

LACAVE, Carmen., MOLINA, Ana. Isabel., FERNÁNDEZ, Mercedes., y REDONDO, Miguel.Ángel. **Análisis de la fiabilidad y validez de un cuestionario docente**. ReVisión, Revista de la Investigación en Docencia Universitaria de la Informática, España, v.9, n.1, p. 26-36, 2015.

LÁZARO, Claudia., y RIAÑO, María. Elena. **Números con ritmo**. UNO. Revista de didáctica de las matemáticas, España, v.52, p.106-115. Graó.

LEY ORGÁNICA 3/2020, de 29 de diciembre, **por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación**. (BOE nº.340 de 30 de diciembre de 2020). Disponible en <https://www.boe.es/eli/es/lo/2020/12/29/3> , Consultado el 15 de septiembre de 2022.

LEY ORGÁNICA 8/2013, de 9 de diciembre, **para la mejora de la calidad educativa** (BOE nº. 295 de 10 de diciembre de 2013). Disponible en <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2013-12886> .Consultado el 15 de septiembre de 2022.

LÓPEZ-AGUADO, Mercedes., y GUTIÉRREZ-PROVECHO, Lourdes. **Cómo realizar e interpretar un análisis factorial exploratorio utilizando SPSS**. REIRE, Revista d'Innovació i Recerca en Educació, España, v. 12, n.2, p. 1-14, 2020.

MANNONE María., y TURCHET Luca. **Shall We (Math and) Dance?** En Mathematics and Computation in Music: 7th International Conference, MCM 2019, Madrid, Spain,p 84-97, 2019.

MCCORMICK, Susan., y KERIN, Marita. **Putting the A in STEAM: Arts Education in Junior Cycle. Curriculum Change within Policy Practice**. In: Murchan, D., Johnston, K. (Eds.) Curriculum Change within Policy and Practice ,USA, p.143-159, 2021

MCDONEL, Jennifer. **Exploring learning conexions between music and mathematics in early chilhood**. Bulletin of the council for research in music education, Illionis, USA, v. 203, p. 45-62. 2015.

MERINO, César., y LIVIA, José. **Intervalos de confianza asimétricos para el índice la validez de contenido: Un programa Visual Basic para la V de Aiken**. Anales de Psicología, Murica, España, v. 25, n.1, p. 169- 171. 2009.

NADELSON, Louis., SOTO, Estefany., SIMPSON, Sarah., BERKEMEYER, Stephanie., BROWN, Emily., y Nadelson, Sandra. **Using Music in Instruction to Teach Non-Music Content: Teachers` Perceptions and Practices from across the Curriculum**. American Research Journal of Humanities & Social Science (ARJHSS), USA, v.3, n.4, p. 15-29. 2020.

OCDE. **La Definición y selección de competencias clave. Resumen ejecutivo**. París: OECD.

PALOU, María., Casals, Albert., y PRAT, Montse. ¡Dancemos la geometría! **Uno Revista de Didáctica de las matemáticas**, España, 73, 53-59. Graó. 2016.

RECOMENDACIÓN DEL CONSEJO DE 22 DE MAYO DE 2018 relativas a las competencias clave para el aprendizaje permanente (2018/C189/01). **Diario Oficial de la Unión Europea** de 4 de junio de 2018. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A32018H0604%2801%29&qid=1692579783605>. Consultado el 5 de septiembre de 2022

TRINICK, Robyn., LEDGER, Gail., MAJOR, Karen., y PERGER, Pam. **More than Counting Beats: Connecting Music and Mathematics in the Primary Classroom**. International Journal for Mathematics Teaching and Learning, USA, v.17, n.3, p. 1-18.2016.

TSURUSAKI, Blakely., TZOU, Carrie., CONNER, Laura. D.C, y GUTHRIE, Mareca. **5th - 7th Grade Girls' Conceptions of Creativity: Implications for STEAM Education**. Creative Education, v.8, n.2., p. 255-271. 2017.

TURKKA, Jaakko., HAATAINEN, Outi., y AKSELA, Maija. **Integrating art into science education: a survey of science teachers' practices.** International Journal of science education, United Kingdom, v.39, n.10, p.1403-1419. 2017.

WALZ, María. Virginia., ALBARENQUE, Roberto. Luis., y TRIANO, José María. (2016). **Experiencias de física en los años escolares. Resultados producidos.** Ciencia, Docencia y Tecnología, Argentina, v.27, n. 52, p. 381-401. 2016.

WAHYUDI, Wayuhi., WALUYA, S. B., SUYITNO, Hardi., y ISNARTO, Isnarto. **The impact of 3CM model within blended learning to enhance students' creative thinking ability.** Journal of Technology and Science Education, v.10, n.1, p. 32-46. 2020

WANG, Bing., y LI, Ping.Ping. **Interdisciplinary approaches to arts education: Exploring the link between creative thinking and mastering exact sciences.** Thinking Skills and Creativity, Netherlands, v.42, p. 1-9. 2021

VARNER, Edward. **General Music Learning Is Also Social and Emotional Learning.** General Music Today, USA, v. 3, n.2, p. 74-78, 2019

Publisher

Universidade Federal de Goiás. Escola de Música e Artes Cênicas. Programa de Pós-graduação em Música. Publicação no Portal de Periódicos UFG.

As ideias expressadas neste artigo são de responsabilidade de seus autores, não representando, necessariamente, a opinião dos editores ou da universidade.