

Enseñanza y aprendizaje de las matemáticas a través del arte: un estudio bibliográfico desde la
perspectiva STEAM

Jeferson Alberto Rivera Carreño, Karen Margarita Gutiérrez Vanegas y Luis Hernando Clavijo
García

Trabajo de Grado para optar al título de Licenciados en Matemáticas

Directora

Jenny Patricia Acevedo Rincón

Doctora en Educación Matemática

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ciencias

Escuela de Matemáticas

Licenciatura en Matemáticas

Bucaramanga

2023

Dedicatoria

A mis padres Pedro y Teresa, hermanas, familiares, amigos y demás personas que siempre me apoyaron de alguna u otra manera y que siempre estuvieron conmigo en los momentos de felicidad y tristeza para nunca dejarme desfallecer durante este recorrido académico y que me han ayudado a convertirme en la persona que soy hoy en día, a todos y a cada uno de ellos, le dedico este trabajo.

Jeferson Alberto Rivera Carreño

A mis padres Juan y Delfina, a mi abuelo Hernando, a mi hermano Carlos y demás familiares, cuyo amor y apoyo incondicional han sido la base de mi vida. A mis profesores, cuya guía y sabiduría han sido invaluable para mi formación académica. Y a mis amigos y novia, que han sido una fuente constante de risas e inspiración. Este trabajo está dedicado a todos ustedes, ya que, sin su apoyo y aliento, no hubiera sido posible.

Luis Hernando Clavijo García

Con todo mi amor y cariño a mis seres queridos, a mi madre Nelly, por haberme dado su apoyo incondicional, por creer en mis capacidades y porque en cada etapa de mi vida ha buscado la manera de ofrecerme lo mejor. A mi amado hijo Thiago por ser la fuente de motivación e inspiración que me impulsa cada día a superarme y ser un ejemplo para él. A mi pareja, familiares y compañeros, el resultado de este trabajo no sería posible sin ustedes.

Karen Margarita Gutiérrez Vanegas

Agradecimientos

A Dios, quien nos ha permitido terminar este trabajo y no desfallecer en el camino.

A nuestros padres, que por su esfuerzo y dedicación hemos podido perseguir nuestros sueños.

A nuestras familias, quienes con su voz de aliento nos animan y nos dan fuerzas para seguir adelante.

A nuestra directora, la profesora Jenny y a su semillero STEAM+H de la Escuela de Educación, por su paciencia, confianza y dedicación. Gracias por orientarnos en este camino.

A los profesores de la Licenciatura en Matemáticas, por dedicar su tiempo en la noble tarea de educarnos.

A nuestros compañeros, en especial a quienes han dedicado parte de su tiempo a leer, y discutir este trabajo, nos han brindado su mano y son la voz de aliento que siempre necesitamos.

A todos quienes nos apoyaron de alguna u otra manera.

¡Muchas gracias!

Jeferson, Karen y Luis.

Tabla de contenido

	Pág.
Introducción	10
1. Planteamiento y formulación del problema	13
2. Justificación	15
3. Antecedentes	17
4. Objetivos	23
4.1 Objetivo general	23
4.2 Objetivos específicos	23
5. Marco teórico	24
6. Metodología	27
6.1 Enfoque metodológico y método	27
6.2 Técnicas e instrumentos de recolección de la información	29
7. Análisis de resultados	33
7.1 Relación matemáticas-arte	33
7.2 Nivel de integración curricular	37
7.3 Componentes pedagógicos.....	39
7.4 Roles de los participantes en el proceso educativo	42
8. Discusión y conclusiones	45
Referencias bibliográficas.....	50
Apéndices.....	57

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Listado de documentos seleccionados para la presente investigación.....	30
Tabla 2. Clasificación de las actividades propuestas en los artículos escogidos	34
Tabla 3. Integración curricular de los artículos.....	37
Tabla 4. Componentes pedagógicos encontrados	39
Tabla 5. Roles y contexto de los participantes	43

Lista de Figuras

Pág.

Figura 1. Enfoque STEAM propuesto por Yakman (2010).....	24
---	----

Lista de Apéndices

	Pág.
Apéndice A. Protocolo de la sesión 1 de seminario de investigación.....	57
Apéndice B. Protocolo de la sesión 2 de seminario de investigación	61
Apéndice C. Protocolo de la sesión 3 de seminario de investigación.....	66
Apéndice D. Protocolo de la sesión 4 de seminario de investigación.....	71
Apéndice E. Protocolo de la sesión 5 de seminario de investigación	75
Apéndice F. Protocolo de la sesión 6 de seminario de investigación	80
Apéndice G. Protocolo de la sesión 7 de seminario de investigación.....	84
Apéndice H. Protocolo de la sesión 8 de seminario de investigación.....	88
Apéndice I. Protocolo de la sesión 9 de seminario de investigación	93

Resumen

Título: Enseñanza y aprendizaje de las matemáticas a través del arte: un estudio bibliográfico desde la perspectiva STEAM*

Autor: Jeferson Alberto Rivera Carreño, Karen Margarita Gutiérrez Vanegas y Luis Hernando Clavijo García**

Palabras clave: STEAM, Matemáticas, Arte, Educación STEAM, Interdisciplinariedad.

Descripción:

El enfoque STEM surge de la necesidad de preparar a las nuevas generaciones hacia el liderazgo científico-tecnológico, en el que la innovación se encontraba directamente relacionada con las actividades en Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas. El presente documento, proporciona los resultados de una investigación de tipo cualitativa-descriptivo a partir de una revisión bibliográfica de documentos (artículos científicos), que exponen el enfoque educativo STEAM como marco para el desarrollo de las ciencias en el aula y capacidades de resolución de problemas, necesidades actuales para la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas. La recopilación bibliográfica se realizó a través de bases de datos indexadas tales como: *Scopus* y/o *WoS*, esto con el objetivo de identificar las estrategias de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas desarrolladas en la educación básica y secundaria, a través de la relación interdisciplinar de las áreas STEAM (matemáticas y arte) reportadas en artículos publicados entre 2018 y 2022. Posteriormente, la discusión y análisis de los documentos recopilados bajo la modalidad de seminario de investigación, en la cual se identificaron las estrategias de enseñanza y aprendizaje, propuestas en los artículos analizados, tales como: aprendizaje basado en problemas, trabajo cooperativo y aprendizaje basado en proyectos. Finalmente, se hace necesario, encontrar un enfoque educativo que propicie la creatividad, la integración de saberes científicos y artísticos y que promueva la flexibilidad y el pensamiento divergente en los estudiantes en las aulas de clase, para lograr resolver los retos y problemas que plantea el siglo XXI, y, este enfoque educativo corresponde a STEAM.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ciencias. Escuela de Matemáticas. Licenciatura en Matemáticas. Directora: Dra. Jenny Patricia Acevedo-Rincón

Abstract

Title: Teaching and learning mathematics through art: a bibliographic study from the STEAM perspective*

Author: Jeferson Alberto Rivera Carreño, Karen Margarita Gutiérrez Vanegas y Luis Hernando Clavijo García**

Keywords: STEAM, Mathematics, Art, STEAM Education, Interdisciplinarity.

Description:

The STEM approach arises from the need to prepare the new generations for scientific-technological leadership, in which innovation was directly related to activities in Science, Technology, Engineering and Mathematics. This document provides the results of a qualitative-descriptive investigation based on a bibliographic review of documents (scientific articles), which expose the STEAM educational approach as a framework for the development of science in the classroom and problem-solving capacities. problems, current needs for the teaching and learning of mathematics. The bibliographic compilation was carried out through indexed databases such as: *Scopus* and/or *WoS*, this with the objective of identifying the teaching and learning strategies of mathematics developed in basic and secondary education, through the interdisciplinary relationship. of the STEAM areas (mathematics and art) reported in articles published between 2018 and 2022. Subsequently, the discussion and analysis of the documents collected under the modality of a research seminar, in which the teaching and learning strategies, proposed in the articles analyzed, such as: problem-based learning, cooperative work and project-based learning. Finally, it is necessary to find an educational approach that fosters creativity, the integration of scientific and artistic knowledge and that promotes flexibility and divergent thinking in students in the classroom, in order to solve the challenges and problems posed by the 21st century, and this educational approach corresponds to STEAM.

* Degree Work

** Science Faculty. Mathematics School. Bachelor's Degree in Mathematics. Director: Dra. Jenny Patricia Acevedo-Rincón

Introducción

Las matemáticas son una herramienta esencial en la vida cotidiana y en muchos campos profesionales, sin embargo, además de los conocimientos matemáticos específicos, se hace necesario desarrollar habilidades generales, como la capacidad para resolver problemas, el pensamiento crítico y la capacidad para trabajar en equipo. Por esto, la educación matemática en la escuela debe ser relevante y estar orientada a la vida real, para que los estudiantes puedan aplicar los conocimientos y habilidades matemáticas en situaciones cotidianas y en su futuro profesional.

En Colombia, el Ministerio de Educación Nacional (MEN, 2006) en vistas de mejorar la calidad de la educación en el país ha establecido que el currículo educativo debe centrarse en el desarrollo de habilidades y competencias en los estudiantes.

Las competencias son habilidades que permiten a los estudiantes enfrentar situaciones reales de manera efectiva, y que van más allá de la mera adquisición de conocimientos. Estas competencias incluyen la capacidad de analizar y resolver problemas, la capacidad de comunicarse de manera efectiva, la capacidad de trabajar en equipo, la capacidad de pensar críticamente y la capacidad de adaptarse a situaciones nuevas y cambiantes.

A través de un enfoque basado en competencias, el Ministerio de Educación Nacional en Colombia busca que los estudiantes desarrollen habilidades prácticas y transferibles que puedan aplicar en diferentes contextos. Esto implica un enfoque más práctico y orientado a la solución de problemas en lugar de simplemente memorizar información teórica.

Sin embargo, los desafíos que enfrentamos en la sociedad y el mundo son cada vez más complejos y multidimensionales. Es aquí donde entra en juego la educación interdisciplinaria, que busca integrar diferentes disciplinas y enfoques para resolver problemas de la vida real.

La educación interdisciplinaria se enfoca en enseñar habilidades para analizar, sintetizar y aplicar conocimientos de diferentes áreas para resolver problemas. Esto implica la colaboración entre diferentes disciplinas, ya que cada una tiene su propia perspectiva y conocimientos únicos que pueden ser valiosos para abordar un problema.

Pero para resolver problemas complejos también se necesita la creatividad. La creatividad es la capacidad de generar ideas nuevas y útiles que permiten abordar problemas desde diferentes perspectivas y encontrar soluciones innovadoras a los mismos.

En un mundo donde las soluciones simplistas y unidimensionales ya no son suficientes, la educación interdisciplinaria se convierte en una herramienta valiosa para abordar los desafíos que enfrentamos, ya sea en la ciencia, la tecnología, la salud, el medio ambiente o la economía. La creatividad permite a los individuos pensar fuera de los límites de su área de conocimiento y encontrar soluciones innovadoras que involucren la integración de múltiples perspectivas.

La creatividad también es esencial para la innovación y el progreso en la sociedad. Muchas de las innovaciones que han llevado a avances significativos en la historia de la humanidad han sido el resultado de la creatividad, desde la invención de la rueda hasta la creación de tecnologías avanzadas como la inteligencia artificial.

Y es exactamente, el enfoque interdisciplinario STEAM (*Science* (S), *Technology* (T), *Engineering* (E), *Arts* (A) y *Mathematics* (M) por sus siglas en inglés) el cual responde a las necesidades educativas actuales al fomentar la integración de las áreas de matemáticas y arte en la formación de estudiantes competentes. La integración del arte en el enfoque STEAM permite a los estudiantes desarrollar habilidades creativas y expresivas, y les enseña a abordar los problemas desde diferentes perspectivas. Por otro lado, las matemáticas son la base fundamental de STEAM y son esenciales para abordar problemas complejos en el mundo real. La integración de ambas

disciplinas permite a los estudiantes desarrollar habilidades de pensamiento crítico, resolución de problemas y creatividad.

El problema anteriormente planteado es el eje principal que orienta el presente trabajo de investigación y que da paso a la pregunta de investigación: ¿Cuáles son las estrategias de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas en la educación básica, secundaria y media, desarrolladas a partir de la relación interdisciplinar de las áreas STEAM (matemáticas y arte) reportadas en artículos publicados entre 2018 y 2022?

En este orden de ideas, este trabajo tiene como objetivo identificar las estrategias de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas desarrolladas en la educación básica, secundaria y media, a través de la relación interdisciplinar de las áreas STEAM (matemáticas y arte) reportadas en artículos publicados entre 2018 y 2022. Realizando una búsqueda sistemática en bases de datos indexadas que contengan estrategias de enseñanza y aprendizaje bajo el enfoque STEAM en educación básica primaria, secundaria y media. Para después ser socializados en el seminario de investigación para discutir las estrategias de enseñanza identificadas en la búsqueda sistemática.

Finalmente, como síntesis de los documentos expuestos y analizados en el seminario de investigación como modalidad de trabajo de grado, se realiza el presente documento, el cual reúne el análisis de los aspectos más relevantes que sirvieron como base para determinar las estrategias de enseñanza y aprendizaje propuestas en estos artículos y así poder dar respuesta a la pregunta de investigación y cumplir el objetivo planteado.

1. Planteamiento y formulación del problema

A nivel mundial, en los últimos años se ha visto una evolución en diferentes campos, tales como: ciencia, tecnología, infraestructura, ingeniería entre otros. Aunque han sido diversos los avances en nuevas metodologías y recursos que se han desarrollado a nivel escolar, estos no han permeado lo suficiente el ámbito educativo.

La formación actual de profesores debe promover el desarrollo de competencias propias del siglo XXI (colaborar, comunicar, apoyar mutuamente y usar la tecnología), esto con el propósito de mejorar la práctica docente, y, a su vez desarrollarlas en sus estudiantes, para que estén en capacidad de formar ciudadanos competentes para los retos que plantea el mundo actual.

El Ministerio de Educación Nacional (MEN, 2006) plantea el currículo colombiano a través de competencias, para la construcción de un ciudadano capaz de enfrentar los retos que se le presentan, estas competencias, están basadas en Delors (1996), el cual plantea que los aprendizajes fundamentales en la educación son: *aprender a ser*, *aprender a conocer*, *aprender a hacer* y *aprender a vivir juntos*. El MEN (2016), afirma que los pilares del conocimiento que atienden a los retos del siglo XXI son aquellos que promueven los aprendizajes expuestos por Delors (1996).

Con respecto, a las habilidades matemáticas de los estudiantes, se ha demostrado que las mismas, son deficientes, dado que “los estudiantes colombianos tienen un nivel de rezago de aproximadamente dos años de escolaridad según la comparación realizada con estudiantes de su misma edad en otras latitudes” (Murcia y Henao, 2015, p. 23). Haciendo evidente la necesidad de una educación que garantice la formación del pensamiento creativo (mediante la interacción del arte y las matemáticas), a través de habilidades como: pensar, imaginar, crear, cuestionar y explorar, entre otras.

Aprender a desarrollar las competencias matemáticas básicas, propicia que los estudiantes sean capaces de resolver eficazmente tareas, trabajos y proyectos de índole matemática y científica. Sin embargo, el componente creativo e innovador no está explícito en la formación en ciencias. Al abordar un problema matemático se necesita utilizar el razonamiento lógico, pero al incorporar las artes también pueden explorar el problema a través de una lente creativa y artística. Esto puede conducir a soluciones nuevas y únicas al problema que no se habrían descubierto solo a través de la educación tradicional.

Aunque la creatividad se entiende como la capacidad de generar ideas nuevas y originales, o de encontrar formas nuevas y valiosas de ver el mundo, esta, a menudo es relacionada solo con expresiones de las artes, como la pintura, la escritura y la música, desconociendo que también se puede ligar a otras disciplinas. Al integrar las artes en las ciencias se ofrece al estudiante mayor variedad formas de pensar, crear y expresarse, lo que puede ayudar a fomentar la creatividad, tal como lo menciona Torrance (1962) citado por (Martínez, Prieto y Hervás, 1998) quien define la creatividad como:

[...] un proceso mediante el cual una persona manifiesta una cierta capacidad para percibir problemas, detectar fallos o lagunas en la información, formular hipótesis, verificarlas, modificarlas y presentar resultados novedosos (p. 88).

Es decir, la educación actual debe plantear la integración de áreas científico-matemáticas y artísticas en un solo currículo integrador que fomente el desarrollo de la creatividad e incentive a los estudiantes a pensar críticamente y resolver problemas de diferentes maneras. Actualmente, la enseñanza de la matemática le otorga un sentido de rigurosa y difícil a la misma, propiciando que el estudiante, pierda el interés por esta ciencia.

El problema anteriormente descrito, se solventa al desarrollar un currículo por competencias basado en el enfoque interdisciplinar STEAM, que responda a las necesidades educativas actuales donde matemáticas y arte se integran en el aula para contribuir al desarrollo de habilidades matemáticas para la vida para la formación de ciudadanos competentes y que, además, presenten una perspectiva diferente en el aula atribuyéndole un sentido de utilidad a los conceptos matemáticos mediante la puesta en práctica, de modo que el estudiante establezca además, una relación entre la escuela y el entorno (Cuartas, et al., 2015).

De acuerdo con los aspectos precisado anteriormente, esta propuesta pretende responder a la pregunta de investigación: ¿cuáles son las estrategias de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas en la educación básica, secundaria y media, desarrolladas a partir de la relación interdisciplinar de las áreas STEAM (matemáticas y arte) reportadas en artículos publicados entre 2018 y 2022?

2. Justificación

La enseñanza y aprendizaje actual de las matemáticas, aún sigue siendo tratada desde un enfoque del paradigma del ejercicio, mostrando una matemática rígida y sin contexto para los estudiantes. De manera que, las habilidades matemáticas que los estudiantes están aprendiendo, están enfocadas en el proceso de la ejecución y ejercitación de procedimientos dados por un libro de texto o por lo propuesto en el tablero, es decir, la escuela no está preparando a sus estudiantes para ser matemáticamente competente (MEN, 2006) y tampoco para enfrentarse a los retos que la sociedad actual propone.

Con respecto a la creciente demanda y competencia a nivel mundial, para el desarrollo y la innovación en las diferentes áreas del conocimiento, la educación actual debe plantearse la búsqueda de nuevos enfoques educativos, que permitan la flexibilidad y la integración de diversos saberes para la resolución de problemas de una manera integral.

La educación actual y los currículos deben plantearse una visión integradora de saberes, en donde la flexibilidad, la creatividad, y el pensamiento divergente de los estudiantes sean el foco educativo, debe considerarse una educación en donde el estudiante sea una persona más propositiva, que pueda dar respuesta a problemas reales de la vida cotidiana. Además, debe promover metodologías y enfoques educativos, que propicien la integración de diversos componentes (científicos y artísticos) y no la promoción de los componentes por separado, en este orden de ideas, se busca una nueva forma de enseñar y aprender, un enfoque educativo que priorice la integración de saberes para la resolución de problemas que plantea el siglo XXI.

Como se ha mencionado anteriormente, las matemáticas, se han asumido separadas de las artes, al considerarse incompatibles. Lo anterior, ha conllevado a que la imaginación y la innovación no sea tomada en cuenta en la educación.

La enseñanza de las matemáticas a través del arte es de vital importancia para la educación, dado que este permite integrarse para motivar las relaciones lógicas de las ciencias (en especial matemáticas) con desarrollos innovadores, ingeniosos, imaginativos, entre otros que promuevan la originalidad de nuevas respuestas a las situaciones planteadas, de tal manera que para los estudiantes sean más atractivas las ciencias, en este caso, las matemáticas (Meza y Duarte, 2020).

Según Ávalos (2006), la imaginación creadora y la habilidad creativa, corresponden a actividades innatas del ser humano y de su inteligencia, las cuales son indispensables para que el sujeto busque soluciones a los retos que se le presentan día a día, y que llevan a mejorar la calidad

de vida de la sociedad. En este orden de ideas, la creatividad, se considera como el motor que mueve toda actividad humana con el fin de resolver problemas y esta misma, es desarrollada mediante la interacción del sujeto con el entorno y la educación que lo rodea (Almansa, 2012).

Además, el arte, promueve en los estudiantes, el desarrollo de habilidades tales como: la creatividad, comunicación, pensamiento divergente, imaginación y el pensamiento crítico, que, en la educación tradicional, no son tenidas en cuenta, es por ello, que se hace indispensable un nuevo enfoque educativo que promueva e integre una gran diversidad de habilidades, no solo las matemáticas. Tal como lo destaca Robert Root-Burnstein al referirse a los premios Nobel científicos, donde demostró que la mayoría de los genios científicos entre 1902 y 2005 eran competentes no solo en las ciencias sino también en las artes (Root-Burnstein, 2015).

Finalmente, se hace necesario, encontrar un enfoque educativo que propicie la creatividad, la integración de saberes científicos y artísticos y que promueva la flexibilidad y el pensamiento divergente en los estudiantes en las aulas de clase, para lograr resolver los retos y problemas que plantea el siglo XXI, y, este enfoque educativo corresponde a STEAM.

También es importante tener en cuenta que las artes en la educación STEAM no se limitan solo a formas de arte tradicionales como la pintura y la escultura. También pueden incluir diseño, música, teatro e incluso escritura creativa. Estas diversas formas de expresión artística pueden proporcionar a los estudiantes diferentes formas de explorar y expresar su creatividad.

3. Antecedentes

En este apartado destacamos algunos resultados relevantes en investigación sobre la integración de las áreas matemáticas y arte desde un enfoque interdisciplinario STEAM.

Inicialmente, el enfoque STEM surge de la necesidad de preparar a las nuevas generaciones hacia el liderazgo científico-tecnológico, en el que la innovación se encontraba directamente relacionada con las actividades en Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (Castro y Ayres, 2015; Martínez, 2017).

Aunque algunos autores consideran que el arte estaba implícito en el término STEM, surge STEAM, que agrega al acrónimo inicial la letra “A” para Artes (*Arts*), haciendo visible y explícita su influencia para el desarrollo del pensamiento creativo, la investigación y la exploración en la resolución de problemas dentro de STEM.

Estudios enfocados en la integración del arte a la educación STEM sugieren que el arte debe integrarse con las cuatro disciplinas para la construcción de nuevas ideas, desarrollar el pensamiento creativo y la innovación (Wynn y Harris, 2012). Además, la estructura educativa y problemas de la vida real requieren habilidades aprendidas de diferentes disciplinas para ser competentes por lo que enfocarse únicamente en las cuatro disciplinas no satisface las necesidades de los estudiantes (Finn y Ravitch, como se citó en Byrd, 2019)

Los autores David Aguilera y Jairo Ortiz-Revilla, en su propuesta “Educación STEM vs. STEAM y creatividad estudiantil: una revisión sistemática de la literatura” (2021) mencionan que los enfoques STEM y STEAM, tienen una puesta en común por renovar la educación científica de las nuevas generaciones. Sin embargo, con la inclusión del arte, la creatividad se convierte en una habilidad fundamental, que merece ser reconocida. Dicha investigación presenta una revisión de las intervenciones educativas empíricas STEM y STEAM para determinar su potencial en el desarrollo de la creatividad de estudiantes. Del análisis de la investigación se puede concluir que: (i) las intervenciones basadas tanto en STEM como en STEAM tienen formas múltiples e incluso contradictorias, tanto en la teoría como en la práctica; (ii) parece haber una preferencia entre los

investigadores por la prueba tipo Likert (prueba psicométrica comúnmente utilizada en las investigaciones de ciencias sociales que emplean cuestionarios) para evaluar la creatividad; y, (iii) ambos enfoques educativos muestran evidencia de efectos positivos en la creatividad de los estudiantes.

Las intervenciones educativas reportadas en los artículos de los dos enfoques (STEAM/STEAM) se centran en la creatividad; sin embargo, STEAM presta mayor atención al contexto en el que se desarrolla el proceso de enseñanza y aprendizaje, mientras que la educación STEM hace énfasis en el análisis de los resultados, se enfoca en el producto final, el cual es creación de los estudiantes.

El estudio de las intervenciones didácticas desde estos enfoques educativos, señalan que no hay la suficiente claridad conceptual que permita establecer las diferencias en el diseño, implementación y evaluación de las intervenciones didácticas, ya que carecen de un marco conceptual con un amplio consenso dentro de la comunidad académica y hacen necesario a la comunidad científica de aumentar el número de estudios experimentales y de análisis documental para determinar si este tipo de educación desarrolla la creatividad de los estudiantes y cómo lo logra.

El carácter interdisciplinario del enfoque STEAM, se centra en la interacción de disciplinas desde la práctica en un contexto real que permitan el desarrollo de habilidades fundamentales de STEAM (resolución de problemas, pensamiento crítico, creatividad, etc.). La interdisciplinariedad se define como la conexión entre un todo, conceptos, teorías y métodos en los que las disciplinas permanecen discretas (Marshall, 2014).

En la sociedad actual está establecido que la educación matemática es elemental en las necesidades del ser humano por varios aspectos según como lo describe MEN (2006) las

matemáticas: i) tiene un papel fundamental en la cultura y la sociedad ya que está presente en diversos ámbitos (las artes plásticas, arquitectura, ingeniería, economía, comercio entre otras); ii) porque su estudio está estrechamente relacionado con el fortalecimiento del pensamiento lógico; y, iii) desde el inicio de la Edad Moderna las matemáticas se han considerado esenciales para el crecimiento de la ciencia y la tecnología.

En este mismo orden de ideas Uzurriaga (2013) afirma que:

En la actualidad retorna la importancia de la enseñanza - aprendizaje de la matemática, ya que al utilizar metodologías acordes a esta ciencia conllevaría, a las personas a cambiar la idea encerrada que se tiene de ella, entonces la verían como una ciencia indispensable, primordial y clave en el desarrollo de todos los sectores del país (p. 35).

En la propuesta de investigación “Conexiones matemáticas a través de actividades STEAM en Educación Infantil” llevada a cabo por Ángel Alsina (2020) se resalta que los referentes internacionales actuales sobre educación matemática indican que la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas debe ser conectada e interdisciplinar, y que la perspectiva STEAM es el marco indicado para que las conexiones matemáticas adquieran importancia.

Alsina (2020) presenta una serie de orientaciones a considerar para el planteamiento de actividades con un enfoque STEAM de modo que se promuevan las conexiones matemáticas desde la triple visión: i) *intradisciplinar*, las conexiones entre ideas matemáticas presentan el área como un campo integrado; ii) *interdisciplinar*, conectar la matemática con los contenidos de otras disciplinas, surgiendo así la educación STEAM; y, iii) *de manera globalizada*, conexiones entre las matemáticas y la cotidianidad para favorecer el aprendizaje, que permiten darle sentido y establecer sus verdaderas funciones y principios, fundamentales del aprendizaje de las matemáticas. Además, el autor presenta su propio diseño, lo implementa y evalúa las actividades

STEAM propuestas en la unidad didáctica para promover las conexiones matemáticas en los primeros años de escolaridad, con objetivo de eliminar todo tipo de barreras que hacen diferentes las matemáticas que se aprenden en el aula que la aprendida en otros contextos.

La relación matemática arte, aunque parezca distante en el aula, ha estado presente a lo largo de la historia, podemos adentrarnos en conceptos matemáticos impulsados por el arte o viceversa a través de la música, la pintura, la escultura, la danza y literatura de las cuales existen diversas investigaciones sobre su integración con las matemáticas. Así que, el autor Fabian Hernando Quintana en su trabajo “La relación “arte – matemáticas” como contexto de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas: estudio del trabajo de la artista Cornelia Vargas Koch¹ (2019) presenta que la implementación de una secuencia de actividades que integren el arte con el estudio de las matemáticas en el aula de clase constituye una estrategia para la enseñanza y aprendizaje de estas.

La propuesta de actividades muestra un acercamiento de conceptos matemáticos en el arte y la relación matemáticas y movimientos artísticos sustentadas bajo investigaciones que integran el arte como pretexto, contexto o actividad para el aprendizaje de matemáticas. El autor describe que el trabajo artístico sobre el cual se desarrolla la propuesta parte de elementos matemáticos ya establecidos y a través de pinturas describe respuestas estéticas de las matemáticas. Situación que representa la posibilidad de crear un contexto para enseñar matemáticas. Además, el estudio de las matemáticas desde las obras de Cornelia Vargas permite a los estudiantes elaborar ideas totalmente

¹ Cornelia nació en 1933 Lauenburg/Pommern en Alemania, entré los años 46 al 55 estudió en la escuela Hannoversch Münden. Durante el 55 y 58 realiza estudios en la escuela superior de diseño, Ulm. Ha trabajado con la experimentación visual desde los años cincuenta y su obra empezó a ser divulgada en 2014. Sus diseños son creados sobre cuadrículas de 9 por 9 y crea composiciones distintas las cuales pinta dependiendo de un algoritmo específico.

abstractas desde elementos matemáticos que se deseen mostrar a través del uso de materiales como regla, compas entre otros.

La relación arte y matemáticas en el aula que propone Quintana tiene una visión más amplia que solo involucrar figuras geométricas, esta propuesta de investigación involucra el arte no solo como ambiente de aprendizaje de las matemáticas enfocado a la geometría si no pretende exponer una propuesta que reconoce al arte y su relación con la matemática en múltiples conceptos.

Los intentos de vincular matemática y arte por lo general utilizan las matemáticas como una herramienta en la construcción de arte, o viceversa, sin embargo, Silverstein y Layne (2010) definió la integración del arte como:

Un enfoque de la enseñanza en el que los estudiantes construyen y demuestran comprensión a través de una forma de arte. los estudiantes se involucran en un proceso creativo que conecta una forma de arte y otra área temática y cumple con objetivos evolutivos en ambos (p. 1).

De acuerdo con los autores se hace necesario un marco que logre potenciar las dos áreas de conocimiento a través de su integración en el aula, de manera que la creatividad permita desarrollar habilidades matemáticas y artísticas.

De la revisión de la literatura seleccionada podemos ver que la postura de las matemáticas en la educación STEAM toma un carácter instrumental al abordar problemas o central cuando se trata de un reto matemático muy similar al papel que juega la matemática en situaciones de la vida real independiente de su enfoque ambos tipos de actividades son potencial oportunidad para desarrollar competencias STEAM y potenciar el aprendizaje. La educación STEAM ofrece un marco para desarrollar competencias matemáticas de razonamiento, comunicación, modelación resolución de problemas, y ejercitación de procedimientos.

4. Objetivos

En este apartado, se presentan los objetivos que se tuvieron en cuenta durante el desarrollo del proyecto de seminario de investigación expuesto en el presente informe.

4.1 Objetivo general

Identificar las estrategias de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas desarrolladas en la educación básica, secundaria y media, a través de la relación interdisciplinar de las áreas STEAM (matemáticas y arte) reportadas en artículos publicados entre 2018 y 2022.

4.2 Objetivos específicos

Realizar una búsqueda sistemática en bases de datos indexados que contengan estrategias de enseñanza y aprendizaje bajo el enfoque STEAM en educación básica primaria, secundaria y media.

Participar del seminario de investigación para discutir las estrategias de enseñanza identificadas en la búsqueda sistemática en el periodo de 2018-2022

Sistematizar la información del seminario a través de los protocolos de relatorías construidas por los participantes.

5. Marco teórico

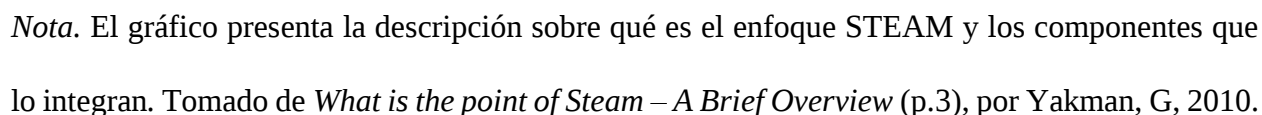
El enfoque STEAM es un modelo interdisciplinar derivado de STEM, mediado por el aprendizaje estructurado de las disciplinas que componen el acrónimo STEAM: *Science* (S), *Technology* (T), *Engineering* (E), *Arts* (A) y *Mathematics* (M) (Yakman, 2010). El enfoque STEAM, puede definirse como un enfoque educativo que integra las áreas científico-matemáticas y las artísticas en un único marco disciplinar (Yakman, 2008). Para G. Yakman el enfoque STEAM se basa en la teoría del Constructivismo, la cual considera que el aprendizaje es construido por cada individuo a medida que este interactúa con el medio estableciendo que:

Bajo el término general de constructivismo caen las prácticas de: aprendizaje basado en problemas y proyectos, aprendizaje por indagación, aprendizaje auténtico, contextual y basado en la experiencia, razonamiento y discurso deductivo, interacciones en grupos pequeños, aprendizaje colaborativo y comunitario, modelado, pensamiento crítico y de orden superior y otros aspectos del aprendizaje centrado en el alumno (Yakman, 2010, p. 2).

El autor presenta el enfoque STEAM mediante una pirámide, compuesta por 5 niveles, empezando en la cima por lo que denomina como “*universal level*” y finalizando en la base donde se encuentran todas las prácticas profesionales a las que denomina “*content specific*”. Cuya estructura evidencia que no existe ciencia y tecnología interpretada por Ingeniería y las Artes, todas basadas en elementos Matemáticos.

Figura 1

Enfoque STEAM propuesto por Yakman (2010)



El diagrama piramidal de la figura resume la estructura del enfoque STEAM de arriba hacia abajo de la siguiente manera: en la cima de la pirámide se describe que el aprendizaje debe ser completo para la vida y para las personas se pretende desarrollar conocimiento y habilidades necesarias para desenvolverse en la vida cotidiana es el punto de partida de todos los aprendizajes, planteado para los primeros niveles de educación; en el nivel incorporativo encontramos las áreas que comprenden el acrónimo STEAM que representa el aprendizaje interdisciplinar y global con el fin de trabajar entorno a unos objetivos comunes presentes en todas las áreas, como lo son estrategias, pensamientos, conceptos entre otros, este nivel tiene su desarrollo en grados de primaria; siguiendo con el nivel multidisciplinar se clasifican las áreas por sus relaciones entre contenidos, conceptos o procesos por esto el arte tiene un espacio diferenciado ya que se pretende desarrollar habilidades específicas de cada área. Este nivel corresponde a las etapas de educación secundaria y etapas de transición de primaria a secundaria; el nivel de disciplinas específicas a diferencia del anterior las separa de forma individual con el fin de profundizar en cada una, requiriendo de un mayor nivel de abstracción de parte de los estudiantes, presente en nivel de

educación secundaria. Por último, en la base o nivel de contenidos específicos se presentan los contenidos como estudio para la formación profesional presente a nivel universitario, la cual se relaciona con los contenidos específicos de cada profesión.

Este modelo relativamente nuevo pretende brindar el marco que relacione el conocimiento en la escuela y la vida real. El enfoque STEAM presenta un modelo de innovación en educación que incluye en las aulas los modos en que se desarrolla la ciencia, fomentando diferentes tipos de pensamientos (lógico, crítico, creativo, reflexivo, etc.) y desarrollando habilidades para el desenvolvimiento en su contexto simulando la forma en que se afrontan y resuelven problemas de la vida diaria, este modelo de enseñanza-aprendizaje brinda a los maestros la oportunidad de mantenerse actualizados con los últimos avances en su campo de interés así como de conocer diferentes perspectivas y enfoques, presentadas en este documento.

A través de la relación interdisciplinar arte y matemáticas desde el enfoque STEAM pretendemos presentar un estudio que dé cuenta de los elementos necesarios para el desarrollo de competencias matemáticas a través de un modelo que se interese por implementar una enseñanza diferenciada que tome en cuenta los estilos de aprendizaje y ofrezca diversas formas de enseñanza. Lo que puede ayudar a satisfacer las necesidades en el aula, dada la pertinencia de este modelo para promover procesos transformadores en la educación (Yakman, 2008). Se hace necesario ver como a través de actividades basadas en el enfoque STEAM se pueden desarrollar proyectos de investigación que sean innovadores y que tengan el potencial de tener un impacto en el mundo real y que involucre a los estudiantes en el proceso de investigación destacando la relevancia e importancia de su trabajo.

6. Metodología

En esta sección se describe lo referente a la metodología implementada para llevar a cabo el presente estudio. Primero, el enfoque metodológico y método, donde se describe el tipo de investigación realizada, seguido de las técnicas e instrumentos de recolección de la información, donde se da cuenta de la elección de los documentos a analizar en el presente seminario de investigación.

6.1 Enfoque metodológico y método

Con el fin de dar respuesta a la pregunta de investigación, esta propuesta pretende desarrollarse desde una perspectiva cualitativa (Galeano y Vélez, 2002) ya que esta recopilación y revisión de artículos nos permite identificar y evaluar las estrategias de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas a través de la relación interdisciplinar arte-matemáticas. En ese sentido, esta propuesta pretende desarrollar una revisión sistemática (Codina, 2015) que consiste en una búsqueda minuciosa de investigaciones relevantes sobre un tema, bajo unos criterios de inclusión y exclusión específicos y una vez identificados estos artículos, se procede a analizar los resultados obtenidos y sistematizarlos.

Para llevar a cabo esta investigación de carácter cualitativo-descriptivo, se utilizó el método de análisis documental que consiste en una búsqueda, selección, clasificación y análisis de un conjunto de materiales escritos para responder una o varias preguntas sobre un tema de investigación (Pinto y Gálvez, 1996, citado por Bermeo-Yaffar, et al., 2016).

Para esta investigación en particular, el análisis documental consiste en la búsqueda de artículos científicos publicados en bases de datos indexadas: *Scopus* y/o *WoS* con las palabras

claves tales como: “Educación STEAM”, “Arte” y “Matemáticas”. Los criterios para tener en cuenta en la documentación se mencionan a continuación:

1. Documentos que no superan los 5 años de publicación.
2. Los documentos utilizados son artículos científicos registrados en bases de datos indexadas (*Scopus* y/o *WoS*).
3. No se escogieron artículos de algún país en específico en esta recopilación, ya que la Educación STEAM es un tema que sigue emergiendo en la actualidad y es un tema muy reciente en Suramérica.
4. Se seleccionaron aquellos artículos que presentan contribuciones al problema de investigación. Para lo cual, se diseñó una rejilla en Excel que incluía el nombre del artículo, el autor, el año en que se publicó, el enlace y sus contribuciones.

Finalmente, como síntesis de los documentos expuestos y analizados en el seminario de investigación como modalidad de trabajo de grado, se realiza el presente documento, el cual reúne el análisis de los aspectos más relevantes que sirvieron como base para determinar las estrategias de enseñanza y aprendizaje propuestas en estos artículos y así poder dar respuesta a la pregunta de investigación y cumplir el objetivo planteado.

Para poder dar respuesta a la pregunta de investigación se realiza una *clasificación* de documentos, limitando la investigación a artículos en donde el enfoque STEAM sea el eje principal y, el arte y las matemáticas sean los subtemas abordados, además de identificar cómo se desarrollan las estrategias de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas a partir de esta relación interdisciplinar en la educación básica, secundaria y media.

En esta etapa se evaluaron todos los documentos pertinentes entorno a la integración de arte y matemáticas en educación STEAM de los cuales se seleccionaron nueve documentos

relevantes y recientes (máximo 5 años de publicación) donde involucren proyectos de estrategias de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas y arte, mediante el enfoque STEAM.

Finalmente, se realizó una *categorización* de los artículos en temas y subtemas, para definir la contribución de cada uno a la solución del problema. Registrando sistemáticamente la información recolectada, haciendo un resumen de los contenidos de cada artículo. Este proceso es fundamental dado que nuestra investigación es de carácter cualitativo y nos favorece al momento de analizar e interpretar los resultados obtenidos.

En esta etapa se evaluaron todos los documentos pertinentes entorno a la integración de arte y matemáticas en educación STEAM, es decir, de los nueve documentos seleccionados se identificaron las estrategias documentadas en los artículos obtenidos en la fase anterior. Además, se presentaron los avances de manera periódica (semanal) en el semillero de investigación STEAM+H del grupo de investigaciones educativas ATENEA. Además, estos resultados son expuestos en el seminario de investigación y también en el semillero STEAM+H de la Escuela de Educación.

Por último, se redacta el presente informe que da cuenta del análisis y resultados obtenidos de las fases anteriores.

6.2 Técnicas e instrumentos de recolección de la información

Los textos encontrados se clasificaron en un formato de Excel teniendo en cuenta las siguientes categorías: Nombre del artículo, el autor, el año en que se publicó, el DOI (o enlace) y las contribuciones al problema de investigación.

La matriz utilizada para la búsqueda de los documentos en estas bases de datos fue obtenida de la siguiente fórmula de búsqueda:

TITLE-ABS-KEY ((ART) AND (STEAM) AND (MATH) AND (STEM)) AND (LIMIT-TO (PUBSTAGE , "final")) AND (LIMIT-TO (PUBYEAR , 2022) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2021) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2020) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2019) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2018)) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , "ar")).

De la cual fueron encontrados treinta y nueve documentos, y finalmente seleccionado nueve para el análisis de las estrategias de enseñanza y aprendizaje implementadas bajo la perspectiva STEAM. A continuación, la Tabla 1, describe los artículos consultados en la base de datos indexadas de *Scopus* y/o *WoS*, los cuales son los documentos que finalmente se escogieron para la realización del presente seminario de investigación.

Tabla 1

Listado de documentos seleccionados para la presente investigación

Artículo científico	Autor(es) Año	Enlace (web o DOI)	Contribuciones al problema
Music as math waves: exploring trigonometry through sound	Candice M. Quinn, Derek K. Smith, Michael F. et al. (2019).	https://doi.org/10.1080/17513472.2018.1552822	El documento presenta como a través de la música (Arte), los estudiantes aprenden sobre trigonometría mediante el trabajo cooperativo y la medicación a través de herramientas tecnológicas.
Land Art Math: a STEAM activity to improve mathematical competence in Early Childhood Education	Ángel Alsina y María Salgado (2018)	https://doi.org/10.24197/edmain.1.2018.1-11	El artículo presenta resultados favorables a partir una actividad con enfoque STEAM en Educación Infantil en la que, a través de ABPr (Land Art Math), se trabajan

			conocimientos matemáticos y científicos para fomentar competencias matemáticas.
The Starry Night among art, maths, and origami	Maria Luisa Spreafico y Eulalia Tramuns (2021).	https://doi.org/10.1080/17513472.2020.1766340	El documento presenta una metodología de trabajo colaborativo y de ABPr para la enseñanza de diversos conceptos matemáticos a través del Arte, mediante actividades STEAM.
Op Art in Mathematics Education or Counting of Quadrilaterals	Dr. Toni Chehlarova (2019)	https://azbuki.bg/wp-content/uploads/2019/02/azbuki.bg_documents_Pedagoggy_1_19_ToniChehlarova.pdf	El uso del conocimiento matemático en la creación de obras de arte, así como el estudio de las obras de arte con medios matemáticos e informáticos (Sendova y Chehlarova, 2013) son realidades: aprender matemáticas a través del arte es una de las maneras de acercar el aprendizaje a la práctica.
How creativity, autonomy and visual reasoning contribute to cognitive learning in a STEAM hands-on inquiry-based math module	H.M. Thuneberga, H.S. Salmia, F.X. Bognerb (2018)	https://doi.org/10.1016/j.tsc.2018	El artículo presenta un módulo matemático de tres lecciones que integra las artes para el tratamiento de fenómenos matemáticos, siguiendo una metodología de aprendizaje por indagación y colaborativo, así como la construcción autónoma de estructuras geométricas a partir de material concreto.
Calculating for creativity: Maths joins the circus	Claire Marie Coleman y Tim Lind (2020)	https://doi.org/10.15663/wje.v25i0.717	Este proyecto busca integrar las matemáticas a través del arte del teatro en los estudiantes para fomentar y potenciar la

creatividad y la enseñanza de conceptos matemáticos propios del currículo.

Design My Music Instrument: A Project-Based Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics Program on The Development of Creativity	Li Cheng, Meiling Wang, Yanru Chen, Weihua Niu, Mengfei Hon y Yuhong Zhu (2022)	https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.763948	El documento presenta un proyecto STEAM, basado en ABPr en el cual se desarrolla la creatividad del estudiantado de educación primaria en una escuela de China, donde se desarrolla la construcción de un instrumento musical.
Environmental Problem-solving and Hands-on Geometry Learning through Storytelling inside a Geodesic Dome: Ice, Honey and Stardust	Fenyvesi, K., Brownell, C. S., Salmi, H., Park, H. G., Muntean, A., Kaukolinna, M., ... y Lavicza, Z (2019)	https://archive.bridgesmathart.org/2019-9/bridges2019-635.pdf	En el presente artículo, se presenta una actividad de aprendizaje STEAM basada en la construcción de domos geodésicos en donde los participantes exploran ideas geométricas y artísticas a través de juegos de roles y conexiones con el entorno.
Transdisciplinary integration and its implementation in primary education through two STEAM projects	Carlos Lage-Gómez y Germán Ros (2021)	https://doi.org/10.1080/02103702.2021.1925474	Este artículo presenta la integración de las matemáticas y el arte a través de dos proyectos STEAM (fractales y grafos) mediado por el ABPr y el trabajo cooperativo de los estudiantes.

Nota. Los documentos seleccionados fueron llevados a discusión en el mismo orden en el cual aparecen en la tabla en el seminario de investigación.

7. Análisis de resultados

En este capítulo, se hará el análisis de los artículos que fueron expuestos durante las nueve sesiones del seminario de investigación. Para ello, basamos este capítulo en las nueve relatorías surgidas de estas sesiones de trabajo (ver apéndices). Es necesario precisar que se realiza un análisis de la información más relevante que ha surgido de las sesiones del seminario de investigación, esto con la finalidad de brindar una visión general sobre el enfoque STEAM y la relación interdisciplinar arte-matemáticas para el desarrollo de la creatividad, que surge del análisis de los documentos tomados de bases de datos indexadas *Scopus* y *WoS* seleccionadas para la realización del presente seminario.

En este apartado, se tienen en cuenta aspectos tales como: tipos de contexto, relación entre las áreas, relación curricular, entre otros aspectos específicos que ayudan a determinar las estrategias de enseñanza y aprendizaje, para dar respuesta a nuestra pregunta de investigación. A continuación, se presentan el análisis de los datos obtenidos durante el desarrollo de las sesiones del seminario, los cuales están agrupados y organizados por apartados con el objetivo de presentar una visualización por categorías de interés de la siguiente manera: relación matemáticas-arte, nivel de integración curricular y roles de los participantes en el proceso educativo.

7.1 Relación matemáticas-arte

En este primer apartado, se hace un análisis de los artículos en relación con el año de publicación, el tema de asociación principal y la relación matemáticas-arte dentro de los artículos en cuestión. Este primer análisis, tiene como finalidad, traer a colación, los principales parámetros de clasificación, mostrando la relación que se da entre las matemáticas-arte y a través del tipo de actividad, estas dos áreas se relacionan de manera interdisciplinar.

Tabla 2*Clasificación de las actividades propuestas en los artículos escogidos*

N° del artículo	Año de publicación	Tipo de actividad		Pensamiento					Arte				
				Matemático									
		A	P	PN	PE	PM	PA	PV	P	M	A	O	
1	2019												
2	2018												
3	2021												
4	2019												
5	2018												
6	2020												
7	2022												
8	2019												
9	2021												

Nota. El orden de los documentos corresponde al mismo que se presenta en el apartado de metodología. Tipos de pensamiento: Pensamiento y sistemas numéricos (PN); Pensamiento espacial y sistemas geométricos (PE); Pensamiento Métrico y sistemas de medida (PM); Pensamiento aleatorio y sistema de datos (PA) y Pensamiento variacional y sistemas algebraicos (PV). Expresión artística: pintura (P), música (M), arquitectura (A), Otro como, por ejemplo, baile, canto, teatro (O).

Como se evidencia en la Tabla 2, existen tres aspectos de vital importancia entre los documentos seleccionados para llevar a cabo el análisis durante el seminario de investigación. En primera instancia, se observa que la búsqueda bibliográfica se realizó teniendo en cuenta solamente artículos correspondientes al periodo comprendido entre el 2018-2022, haciendo notar que al menos un artículo fue publicado cada año y que estos establecen la relación interdisciplinar arte-

matemáticas desde el enfoque STEAM, siendo un enfoque que cada vez toma mayor relevancia para la educación actual que responde a las necesidades de innovación en educación a través de un marco y metodología de enseñanza-aprendizaje diferentes al paradigma del ejercicio.

Por otra parte, aunque STEAM es un enfoque aun en auge, pues se evidencia una menor producción de artículos en el periodo comprendido entre los años 2020-2022, debido en gran medida a la pandemia del COVID-19, que tuvo un impacto en educación a nivel mundial y que estableció nuevas necesidades hacia las investigaciones respecto a este enfoque.

Los artículos seleccionados para la investigación tomados de bases de datos indexadas dejan ver, que este tipo de investigaciones se desarrollan principalmente en países pertenecientes a Norte América como Estados Unidos, en Europa con España y en Asia con China (países que desde hace ya varios años están implementando en la enseñanza de las matemáticas) y estos países han realizado inversiones significativas en la educación STEAM y la han integrado en sus políticas educativas nacionales. Por ejemplo, Estados Unidos tiene una fuerte tradición de énfasis en la educación STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, de sus siglas en inglés) y recientemente ha estado promoviendo la integración de las artes en STEM para avanzar hacia una educación STEAM más completa. Otros países, como China y Finlandia, también son conocidos por su fuerte enfoque en la educación en ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas y han estado trabajando para incorporar más elementos artísticos y creativos en su plan de estudios.

De acuerdo con lo registrado en la Tabla 2, de los nueve artículos seleccionados siete desarrollan el pensamiento espacial junto con diferentes tipos de expresiones artísticas. Esto da evidencia que el desarrollo del pensamiento espacial en el aula no solo está ligado a las matemáticas y que junto con el arte se puede facilitar el dominio del entorno y las representaciones de la realidad en el espacio. Además, el arte es un mediador para el desarrollo de competencias

cognitivas como: la atención al detalle, visualizar situaciones desde diferentes perspectivas y percibir y enfocar el mundo desde el punto de vista estético. (Ministerio de Educación Nacional, 2018).

Respecto a los artículos en cuestión, cabe resaltar que todos poseen una fundamentación teórica basada en STEAM, haciendo evidente la distinción entre STEM y STEAM, en donde determinan que el aspecto principal de este enfoque recae en el desarrollo de la *creatividad* para resolver los retos y problemas planteados. Otro aspecto importante, es evidenciar el tipo de actividad usada para enseñar las matemáticas, en este caso, se observan dos categorías para clasificar las propuestas siendo estas Actividades (A) o Proyectos (P), haciendo uso en gran medida de estos últimos, ya que cada artículo parte del planteamiento de un reto o problema, el cual debe ser solucionado y finalmente entregar un producto final.

Una pregunta que surge en nuestra investigación es: ¿cómo se relacionan las matemáticas con el arte? De acuerdo con la Tabla 2, hemos revisado la relación que existe entre los tipos de pensamientos matemático: Pensamiento numérico y sistemas numéricos (PN) Pensamiento espacial y sistemas geométricos (PE); Pensamiento Métrico y sistemas de medida (PM); Pensamiento aleatorio y sistema de datos (PA) y Pensamiento variacional y sistemas algebraicos (PV) (MEN, 2006) y el arte: pintura (P), música (M), arquitectura (A), Otro como, por ejemplo, baile, canto, teatro (O) y de este análisis observamos que esta relación se da principalmente entre Matemáticas (Pensamiento espacial y sistemas geométricos y Pensamiento Métrico y sistemas de medida) y Arte (arquitectura y pintura), lo anterior debido a que el producto final, relaciona áreas, volúmenes, medidas, forma, color, armonía y construcción a escala del mismo.

Cabe aclarar a todo lo anteriormente mencionado que, aunque no se evidencia explícitamente relación entre los otros pensamientos matemáticos, estos se encuentran de manera

implícita en cada artículo analizado, de igual manera, las demás áreas que integran el acrónimo STEAM, también están inmersas de manera explícita o implícita, pero para nuestro seminario solo revisamos que se hiciera evidente la relación Matemáticas-Arte.

7.2 Nivel de integración curricular

Dado el enfoque STEAM, puede considerarse innovador en educación y en su mayoría de carácter experimental, en algunos casos las actividades o proyectos trascienden el aula y son llevados a cabo en forma de práctica extracurricular, es decir son actividades realizadas fuera del aula de clases, debido a la necesidad de una adecuación especial del espacio y disponibilidad de herramientas de experimentación y simulación en donde tanto estudiantes como profesores puedan desarrollar estos proyectos. De esta manera, el tipo de práctica académica que predomina en los artículos corresponde a actividades de carácter práctica extracurricular, es decir, fuera del aula de clases, pero atendiendo a los contenidos matemáticos que el currículo del país promueve.

Tabla 3

Integración curricular de los artículos

N° de artículo	Tipo de práctica Académica		Nivel de integración de áreas			Nivel escolar		
	Curricular	Extracurricular	I	M	T	P	S	U
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								

Nota. El tipo de práctica académica hace referencia a si el proyecto pertenece al currículo o corresponde actividades extraescolares. Nivel de integración de las áreas: Interdisciplinar (I); Multidisciplinar (M); Transdisciplinar (T). Nivel escolar: Primaria (P); Secundaria (S); Universidad (U).

Respecto al nivel de integración de las áreas arte-matemáticas, se observa que, al inicio de las sesiones del seminario, predomina una integración multidisciplinaria (M) de las áreas STEAM, pero a medida que se avanza, se puede observar una relación Interdisciplinar entre las mismas (I), justamente la relación que estamos buscando en el presente seminario propia del enfoque STEAM, cabe aclarar que solo un documento deja en evidencia una integración Transdisciplinar (T). El arte y su integración con las ciencias en especial con la matemática ha representado una brecha en la literatura científica, sin embargo, el currículum integrado ha recibido una atención creciente en la literatura durante las últimas tres décadas (Bautista et al., 2016) y así se evidencia en los documentos seleccionados, pues actividades que se enfocan únicamente en un área o utilizando otras como contexto o pretexto de enseñanza puede no considerarse STEAM ya que, aunque incorpora elementos de otras temáticas no se desarrollan de forma significativa pues STEAM y la relación interdisciplinar permite desarrollar un conocimiento completo desde la integración de las áreas científico-tecnológicas y las artísticas.

Respecto, a la distribución de los grados de escolaridad donde se llevaron a cabo los proyectos STEAM seleccionados, se ha evidenciado que en su mayoría corresponden al grado de Primaria (P), con una poca realización en Secundaria (S) y una casi nula presencia en Universidad (U).

En la revisión de los documentos se pudo constatar que el tipo de actividades tienen en cuenta un componente de suma importancia en el aula como lo es la motivación, en múltiples

ocasiones, las Ciencias y en especial, las matemáticas, han supuesto un problema para los alumnos, esto se vuelve característico del aula a medida que los estudiantes avanzan en grados de escolaridad. Sin embargo, las actividades mediadas por el enfoque STEAM propuestas en los documentos tuvieron en cuenta el aspecto de la motivación al momento de plantear las diferentes actividades de manera que el ambiente del aula sea propicio para el proceso de enseñanza-aprendizaje y a su vez ayudando a los estudiantes a vincular las matemáticas con otros temas.

7.3 Componentes pedagógicos

En relación con los aspectos que caracterizan el proceso de enseñanza y aprendizaje en las actividades STEAM expuestas en los artículos, la Tabla 4 registra que las metodologías de enseñanza y aprendizaje destacadas para la construcción de conceptos y el desarrollo de habilidades de pensamiento matemático son aquellas que privilegian los procesos de investigación, la autonomía y la toma de decisiones en base a la experimentación llevada a la práctica.

Tabla 4

Componentes pedagógicos encontrados

Nº de artículo	Enfoque STEAM		Metodología de enseñanza y aprendizaje
	Sí	No	
1			Aprendizaje basado en proyectos
2			Aprendizaje basado en problemas
3			Aprendizaje basado en proyectos - aprendizaje cooperativo
4			Aprendizaje por indagación
5			Aprendizaje por indagación, aprendizaje cooperativo
6			Aprendizaje basado en proyectos – dramatización – constructivismo - aprendizaje cooperativo
7			Aprendizaje basado en proyectos – aprendizaje cooperativo
8			Aprendizaje Basado en fenómenos - aprendizaje cooperativo

Nota. La metodología de enseñanza y aprendizaje consiste en las técnicas y acciones para dirigir el aprendizaje de los alumnos.

En la Tabla 4, se indica la presencia de los componentes pedagógicos encontrados en los distintos artículos que han sido expuestos, en este caso, se evidencia que para lograr una interdisciplinariedad del enfoque STEAM, es necesario hacer uso de metodologías y de aprendizajes activos, que logren complementar la enseñanza de las áreas en cuestión, es por ello, que en este enfoque se evidencia el uso de manera significativa (casi en todos los artículos) del aprendizaje basado en proyectos o de aprendizajes basados en la resolución de problemas.

De las sesiones de discusión de los documentos surge la pregunta ¿toda actividad que lleve por nombre STEAM, lo es? Analizando de manera detalla las actividades y teniendo en cuenta lo establecido en el marco teórico de nuestra investigación se considera que los artículos que contienen una actividad STEAM son aquellos que pretenden resolver problemas complejos mediante la integración de conocimientos.

En los documentos (Quinn et al., 2019; Coleman y Lind, 2020; Lage-Gómez y Ros, 2021; Spreafico y Tramuns, 2021; Cheng et al., 2022) se observa que el aprendizaje basado en proyectos constituye una estrategia que permite desarrollar en el aula procesos de investigación o creación por parte del alumnado. Involucrar actividades prácticas, experimentos y otras experiencias interactivas donde el estudiante trabaja de manera autónoma hace al estudiante consciente de su proceso de aprendizaje desarrollando un alto nivel de compromiso con su propia educación y en colaboración con los demás. En este orden de ideas, y de acuerdo con la Tabla 3 aquellas actividades que constituyen un conjunto de instrucciones ligadas al seguimiento de tareas dadas

por el docente, aunque han sido catalogados como proyectos STEAM no son considerados STEAM bajo nuestro criterio.

Respecto a metodologías de enseñanza y aprendizaje el aprendizaje cooperativo comprende un aspecto importante del desarrollo de las actividades propuestas en los artículos. Encontramos que a partir de un proyecto los estudiantes suelen trabajar efectivamente en equipos con el fin de compartir ideas, recursos y habilidades a la par que aprenden unos de otros sobre las diferentes estrategias de resolución que surgen del planteamiento de problemas.

Este tipo de actividades permite además el desarrollo de importantes habilidades sociales y de comunicación como lo son la capacidad de trabajar en equipo, escuchar asertivamente a los demás, comunicar y expresar sus propias ideas con claridad para la toma de decisiones que benefician el bien común.

Ahora bien, el aprendizaje cooperativo (Thuneberg et al., 2018; Fenyvesi et al., 2019; Coleman y Lind, 2020; Lage-Gómez y Ros, 2021; Spreafico y Tramuns, 2021; Cheng et al., 2022;) se presenta de diversas formas en las actividades planteadas en los documentos desde la discusiones grupales, proyectos grupales y revisión en pares que por lo general son formados por iniciativa de los mismos estudiantes y que comprende además una forma efectiva para promover la participación y mantener un nivel de rendimiento en los estudiantes.

La experimentación y la búsqueda de soluciones a desafíos o situaciones de la cotidianidad requiere que los estudiantes piensen de forma única propongan soluciones creativas. este tipo de actividades en donde se presta especial importancia al aprender-haciendo y no al aprender-ejecutando supone un entorno atractivo y estimulante para el desarrollo de la creatividad y la curiosidad, desde el enfoque STEAM encontramos que los estudiantes logran expresar ideas

matemáticas creativamente a través diferentes tipos de expresiones de arte y el diseño otras aprovechando al máximo la imaginación.

El trabajo acompañado de las discusión y socialización de múltiples estrategias de resolución crea un entorno positivo donde se proponen diferentes perspectivas y enfoques para la resolución de problemas que ayuda a generar ideas nuevas e innovadoras en las que quizá no se haya pensado antes por sí mismos.

Teniendo cuenta los aspectos destacados de los artículos y lo registrado en la Tabla 3 el tipo de actividades que pueden considerarse parte del enfoque STEAM son en general aquellas que implican realizar investigaciones, donde se evidencia el diseño, la experimentación, el planteamiento de hipótesis y prueba de principios científicos para resolver problemas de la cotidianidad, que anima a los estudiantes a pensar críticamente sobre el uso de conocimientos matemáticos y artísticos para generar soluciones originales involucrado elementos de ambas disciplinas a través de actividades experienciales y prácticas.

Algunos documentos registrados en la tabla no son considerados propios del enfoque por no cumplir con algunos de estos aspectos mencionados sin embargo podemos destacar que realizando los cambios y adaptaciones pertinentes se puede lograr una alineación con la educación STEAM haciendo principalmente que la actividad sea interdisciplinaria y práctica, centrada en la resolución de problemas y para el desarrollo del pensamiento creativo.

7.4 Roles de los participantes en el proceso educativo

Un aspecto importante en la enseñanza y aprendizaje de cualquier área más específicamente en matemáticas es la de los roles de los entes participantes del proceso educativo, para ello, es necesario dar una visión general de cómo se abordan estos roles en el enfoque STEAM. Como se sintetiza en la Tabla 5.

Tabla 5*Roles y contexto de los participantes*

N° de artículo	Rol del estudiante	Rol del profesor	Contexto	
			Real	Ficticio
1	Responsable de su propio aprendizaje	Es un guía a través de la formulación de preguntas		
2	Receptivo, imita creaciones ya antes vistas	Expositivo, dirige la actividad y espera que los estudiantes lleguen a la solución ya estipulada		
3	Receptivo, deductivo	Enseñanza tradicional, expositor		
4	Activo	Ser el instructor		
5	Activo, busca nuevas formas para la solución al reto	Mediador, a través de debates planteados a través de preguntas		
6	Activos y generadores de debate	Guía y participante, propicia ambientes de discusión		
7	Los estudiantes adoptan un rol colaborativo	Guía		
8	Adoptan un rol participativo en la historia que se plantea	Orientador de la actividad a través de pautas sobre la historia		
9	Asume un rol diferenciado ya sea como narrador, artista, músico, matemático	Guía		

Nota. El contexto hace referencia a la actividad que se analiza en cada artículo.

El rol del profesor es de un guía o mediador entre los grupos de estudiantes, algo que caracteriza al enfoque STEAM y para que esta interdisciplinariedad sea lograda recae en el hecho

de que el profesor sea un guía o facilitador en el proceso de aprendizaje, nunca este podrá resolver ni dar la solución al problema, porque en este caso, estamos recayendo en el paradigma tradicional. Respecto a los estudiantes, estos poseen un rol activo en el desarrollo del proyecto, haciendo preguntas, investigando, retroalimentando los resultados obtenidos con los demás compañeros, revisando y actualizando las posibles soluciones al problema.

Lo anterior, está íntimamente relacionado al tipo de problema y contexto en el cual se desarrolla el proyecto, es por ello, que se hace necesario analizar el tipo de contexto en el cual se encuentran inmersos los estudiantes al momento de desarrollar proyectos STEAM, en este caso, se ha evidenciado que la gran mayoría de documentos trabajaron contextos ficticios con los estudiantes, se establece que podría ser más provechoso utilizar contextos reales donde los estudiantes puedan ver como conceptos y habilidades se pueden aplicar en situaciones del mundo real propio del enfoque STEAM (pues este da solución a problemas de la vida real) pues presenta y fomenta una comprensión holística del mundo y los alienta a pensar de manera crítica y creativa a medida que aplican conocimientos y desarrollan habilidades para enfrentar desafíos del mundo real.

Sin embargo, el uso de contextos ficticios también supone ventajas para establecer conexiones entre las disciplinas arte y matemáticas, ya que la creatividad se potencia al desarrollar la imaginación (aspecto fundamental de STEAM), establecer una actividad de aprendizaje en un contexto ficticio proporciona además un entorno desafiante y atractivo que se convierte en una herramienta útil para involucrar a los estudiantes de forma única e interesante y que supone además un reto de adaptación a un nuevo tipo de contexto.

Finalmente, se recalca que al trabajar con roles activos de los estudiantes y roles de guía de los docentes junto con contextos reales o ficticios que simulan experiencias, permiten

proporcionar oportunidades y entornos de aprendizaje que alientan a los estudiantes a pensar de manera crítica en la medida de sus necesidades y a desarrollar habilidades matemáticas que mejoran la comprensión de conceptos científicos, tecnológicos y artísticos esto debido a que los contextos generan motivación en los diferentes actores del proceso educativo y llevan a un mejor aprendizaje de las matemáticas (Coleman y Lind, 2020).

8. Discusión y conclusiones

Al momento de analizar una actividad STEAM, nos encontramos con gran variedad de actividades que pueden involucrar una amplia gama de temas e involucrar el desarrollo de habilidades para la resolución de problemas, lo cual lleva a la necesidad de responder al interrogante ¿Todo tipo de actividades que se suponen de manifiesto STEAM realmente lo son?

Se debería tener en cuenta algunas mínimas características puesto que en el seminario se ha encontrado que no todo lo que se publica como actividades de enfoque STEAM en la literatura realmente lo son. Con relación a las actividades analizadas observamos que, aunque no existe un conjunto estricto de criterios que deban cumplirse en general son actividades que buscan integrar arte con áreas científico-tecnológicas con relación a los intereses del alumno, su realidad cotidiana, que fomente la creatividad y el pensamiento crítico de manera *interdisciplinar*.

Los documentos revisados dejan explícito en su marco teórico que con el rápido desarrollo de la educación STEM surge la necesidad de reconocer el papel de la educación en humanidades y arte enfatizando en la importancia de estimular la curiosidad y promover efectivamente el desarrollo de la creatividad en la investigación científica desde un nuevo enfoque, es por ello, que en el año 2006, STEM agrego Arte al acrónimo y formó la educación STEAM, que enfatizó en el

cultivo de personas de desarrollo integral con creatividad y espíritu innovador para futuros inventores y creadores (Connor et al., 2015).

La importancia de reconocer el papel de la creatividad como se pretende en el enfoque STEAM permite evaluar la efectividad del desarrollo de la creatividad para fomentarla y darse cuenta de la innovación en los campos STEAM donde las nuevas ideas son fundamentales para el progreso y la resolución de problemas complejos. Evaluar la creatividad permite identificar y reconocer las nuevas contribuciones y que motive a las personas a desarrollar sus propias ideas y el desarrollo de una cultura que valore y recompense la creatividad. Especialmente en el área de matemáticas la creatividad es fundamental al momento de resolver problemas de los que no se tiene una solución sencilla y que requiera de una solución eficaz que los métodos estandarizados de ejercitación no pueden resolver, en este orden de ideas, la creatividad hace al problema más interesante, agradable y atractivo manteniendo la motivación y el compromiso con el trabajo que en última instancia puede conducir a mejores resultados de aprendizaje como lo dejan en evidencia los documentos seleccionados para el análisis y tal como lo expone Arteaga (2010) quien menciona que todo razonamiento matemático contiene una gran cantidad de creatividad, sin la cual la aparición de nuevas ideas y teorías matemáticas es prácticamente imposible.

Aunque STEAM no hace parte de la política educativa en todos los países de procedencia de los documentos analizados en el seminario podemos observar que este enfoque ha venido tomando fuerza y está siendo implementado en actividades curriculares y extracurriculares a través de la experimentación, como se ha mencionado STEAM logra establecer una relación interdisciplinar entre las diversas áreas fundamentales del currículo que responde a las nuevas necesidades educativas y cerrando la brecha de enseñar las áreas por separado como se plantea en el plan de estudio regular.

Un aspecto de vital importancia en la educación basada en el enfoque STEAM, son las metodologías de enseñanza y aprendizaje, ya que estas brindan un marco para que los estudiantes aborden y comprendan conceptos complejos y resuelvan problemas en diferentes campos. Las diferentes metodologías de aprendizaje presentes en los artículos analizados evidencian resultados efectivos según los objetivos propuestos y los diferentes estilos de aprendizaje de los alumnos. El enfoque práctico y experimental resulta eficaz ya que permite aplicar lo aprendido en un entorno real, STEAM permite que los educadores se familiaricen con una gran variedad de metodologías de aprendizaje para así adaptar su estilo de enseñanza a las necesidades de sus alumnos y como resultado podemos observar en algunos artículos analizados que el uso de una combinación de diferentes metodologías, como el aprendizaje basado en problemas, el aprendizaje basado en proyectos, el aprendizaje basado en la investigación, para involucrar a los estudiantes y ayudarlos a desarrollar las habilidades y el conocimiento necesario para resolver los retos que involucran arte y matemáticas.

En este orden de ideas y respondiendo a la pregunta sobre: ¿Cuáles son estas estrategias de enseñanza y aprendizaje que son comúnmente usadas en las actividades STEAM que fueron analizadas? En primera instancia, se recalca el uso generalizado de la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos (ABPr) dado que como afirma Sánchez (2013) citado por Ruiz (2017), el ABPr parte con base en una pregunta o reto inicial, se plantea el objetivo de generar un producto final, generando el aprendizaje a través de las tareas que se realizan para crearlo, esto está en íntima relación con la definición de enfoque STEAM que hemos estado trabajando durante el seminario de investigación, a lo anterior, también se debe sumar la importancia del Arte (A) viéndolo como la creatividad y la forma creativa para resolver los retos planteados.

Además, al ABPr anteriormente mencionado, también se debe sumar un alto nivel de autonomía y de aprendizaje individual por parte de los estudiantes, dado que el profesor actúa como un mediador. Los estudiantes adquieren una visión de aprendizaje por descubrimiento y de aprendizaje por indagación, dado que los estudiantes se enfrentan a retos o problemas sin ningún tipo de estructuración, en donde él mismo debe encontrar la solución al reto planteado, es por ello, que este enfoque STEAM se apoya en la investigación propia y en el ensayo-error, el cual esta mediado por el trabajo cooperativo entre los grupos de trabajo y se evidencia en las retroalimentaciones y discusiones que surgen entre los mismos compañeros de trabajo, es por ello, que siguiendo lo expuesto por Domingo (2013) citado por Ruiz (2017), el aprendizaje basado en proyectos se apoya de manera intrínseca con el aprendizaje cooperativo.

Además, un aspecto fundamental del enfoque STEAM es la integración de todos los entes participantes del proceso educativo, esto también es evidenciado al momento de trabajar con el aprendizaje cooperativo dado que permite una interacción y comunicación entre pares de estudiantes para lograr un objetivo común y va más allá de la solución del reto sino que cumple con una condición de integración social entre estudiantes, tal y como lo mencionan (Simarro y Couso, 2018 y Cheong y Boo, 2015) quienes afirman que el aprendizaje cooperativo ayuda a promover la integración y el desarrollo de habilidades sociales.

Sobre los roles encontrados en los documentos se destaca que el docente toma un papel de guía, mediador o instructor del proceso de enseñanza quien asume la responsabilidad de propiciar un ambiente tanto de apoyo como desafiante. En los documentos se identifica que el docente actúa como guía quien a través del planteamiento de preguntas orientadoras brinda oportunidades para explorar y descubrir por sí mismos el camino para lograr el éxito en sus tareas, a su vez el docente se encarga de alentar a los estudiantes para asumir un papel activo en su propio aprendizaje y a

alcanzar su máximo potencial. Lo anterior está en concordancia con lo expuesto por (Escalona et al., 2018) quienes mencionan que el docente en el enfoque STEAM aparece como un mediador en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Siguiendo esta idea desde el enfoque STEAM el estudiante toma un papel activo de la educación, esto ayuda a promover una profunda comprensión de los conocimientos desarrollados, haciendo más probable que los estudiantes comprendan y apliquen lo aprendido desarrollando habilidades importantes en matemáticas, así como el compromiso por parte de los estudiantes en el proceso de aprendizaje y el desarrollo de sentido de propiedad y responsabilidad. Lo anterior entra en concordancia con lo expuesto por (García Valcárcel et al., 2017) quienes mencionan que el enfoque STEAM promueve el aprendizaje individual y autónomo en los alumnos, haciendo que estos se responsabilicen de su propio aprendizaje y creen sus propias estrategias de solución al reto planteado.

Referencias bibliográficas

- Aguilera, D., y Ortiz-Revilla, J. (2021). STEM vs. STEAM education and student creativity: A systematic literature review. *Education Sciences*, 11(7), 331. <https://doi.org/10.3390/educsci11070331>
- Almansa Martínez, P. (2012). Qué es el pensamiento creativo. *Index de Enfermería*, 21(3), 165–168. <https://doi.org/10.4321/s1132-12962012000200012>
- Alsina, Á. (2020). Conexiones matemáticas a través de actividades STEAM en Educación Infantil. *UNIÓN-Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, 16(58), 168-190.
- Alsina, A., y Salgado, M. (2018). Land Art Math: a STEAM activity to improve mathematical competence in Early Childhood Education. *EDMA 0-6-EDUCACION MATEMATICA EN LA INFANCIA*, 7(1), 1-11.
- Arteaga, E. (2010). El desarrollo de la creatividad en la Educación Matemática. In *Congreso Iberoamericano de Educación*, Buenos Aires, Argentina.
- Ávalos, L. (2006). El desarrollo de la creatividad en el niño de preescolar. *Secretaría de educación, cultura y deporte. Universidad Pedagógica Nacional. México*.
- Bautista, A., Tan, L. S., Ponnusamy, L. D., y Yau, X. (2016). Curriculum integration in arts education: connecting multiple art forms through the idea of ‘space.’ *Journal of Curriculum Studies*, 48(5), 610–629. <https://doi.org/10.1080/00220272.2015.1089940>

- Bermeo-Yaffar, F., Hernández-Mosqueda, J. S., y Tobón-Tobón, S. (2016). Análisis documental de la v heurística mediante la cartografía conceptual. *Ra Ximhai*, 103–122. <https://doi.org/10.35197/rx.12.01.e3.2016.05.fb>
- Blanco, T. F., González-Roel, V., Diego-Mantecón, J. -, y Ortiz-Laso, Z. (2021). Analysis of the art-mathematics connection in elementary school textbooks. [Análisis de la conexión arte-matemáticas en los libros de texto de Educación Primaria] *Educación Matemática*, 33(3), 67-93.
- Byrd, L. S. (2019). *A study of an arts integration curriculum and its impact on academic achievement. Doctoral dissertation.*
- Castro, J., Ayres, P. y PAAS, F. (2015). *The Potential of Embodied Cognition to Improve STEAM Instructional Dynamic Visualization*. In: *Emerging Technologies for STEAM Education – Full STEAM Ahead*.
- Cehlarova, T. (2019). Оп арт в математическото образование, или преброяване на четири-ъгълници. *Педагогика*, 91(1), 8–16. <https://www.cceol.com/search/article-detail?id=744472>
- Cheng, L., Wang, M., Chen, Y., Niu, W., Hong, M., y Zhu, Y. (2021). Design my music instrument: A project-based science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics program on the development of creativity. *Frontiers in Psychology*, 12, 763948. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.763948>
- Cheong, L., y Boo, O. (2015). Elementary Pre-service Teachers and In-service Teachers' Perceptions and Demands on STEAM Education. *Journal of Korean Society of Earth Science Education*, 8(1), 1–11.

Codina, L. (2015). No lo llame Análisis Bibliográfico, llámelo, Revisión Sistematizada. Y cómo llevarla a cabo con garantías: Systematized Reviews + SALSA Framework.

Coleman, C. M., y Lind, T. (2020). Calculating for creativity: Maths joins the circus. *Waikato Journal of Education*, 25(1), 85-99.

Connor, A. M., Karmokar, S., y Whittington, C. (2015). From STEM to STEAM: Strategies for enhancing engineering y technology education. *International Journal of Engineering Pedagogy (IJEP)*, 5(2), 37. <https://doi.org/10.3991/ijep.v5i2.4458>

Cuartas Zapata, D. C., Osorio Rojo, C. M., y Villegas Roldán, L. Y. (2015). Uso de las tic para mejorar el rendimiento en matemática en la escuela nueva.

Delors, J. (1996). “Los cuatro pilares de la educación” en La educación encierra un tesoro. Informe a la UNESCO de la Comisión internacional sobre la educación para el siglo XXI, Madrid, España: Santillana/UNESCO. pp. 91-103.

Escalona, T. Z., Cartagena, Y. G., y González, D. R. (2018). Educación para el sujeto del siglo XXI: principales características del enfoque STEAM desde la mirada educacional. *Contextos: estudios de humanidades y ciencias sociales*, (41).

Estrada, A. V., Espinoza, F. H. R., y Cervantes, R. E. (2021). Revisión Bibliográfica: Estrategia del Aprendizaje basado en Fenómenos. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(2), 1820-1835. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i2.386

Fenyvesi, K., Brownell, C. S., Salmi, H., Park, H. G., Muntean, A., Kaukolinna, M., ... y Lavicza, Z. (2019). Environmental Problem-solving and Hands-on Geometry Learning through Storytelling inside a Geodesic Dome: Ice, Honey and Stardust. In *Bridges Conference Proceedings*. Tessellations Publishing.

Galeano, M., Vélez, R. (2002) Estado del arte sobre fuentes documentales en Investigación cualitativa. Medellín: Universidad de Antioquia. Centro de Investigaciones Sociales y Humanas.

García-Valcárcel Muñoz-Repiso, A., y Basilotta Gómez-Pablos, V. (2016). Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP): evaluación desde la perspectiva de alumnos de Educación Primaria. *Revista de Investigación Educativa*, 35(1), 113.
<https://doi.org/10.6018/rie.35.1.246811>

Kennedy, J., Lee, E., y Fontecchio, A. (2016, October). STEAM approach by integrating the arts and STEM through origami in K-12. In *2016 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)* (pp. 1-5). IEEE.

Lage-Gómez, C., y Ros, G. (2021). Transdisciplinary integration and its implementation in primary education through two STEAM projects (La integración transdisciplinar y su aplicación en Educación Primaria a través de dos proyectos STEAM). *Infancia y Aprendizaje*, 44(4), 801–837. <https://doi.org/10.1080/02103702.2021.1925474>

Lim, C. H., y Oh, B. J. (2015). Elementary pre-service teachers and in-service teachers' perceptions and demands on STEAM education. *Journal of the Korean Society of Earth Science Education*, 8(1), 1-11.

Marshall, J. (2014). Transdisciplinarity and art integration: Toward a new understanding of art-based learning across the curriculum. *Studies in Art Education*, 55(2), 104–127.
<https://doi.org/10.1080/00393541.2014.11518922>

- Martinez, J. E. (2017). *The search for method in STEAM education*. Springer International Publishing.
- Martínez, O. L., Sánchez, M. D. P., y Avilés, R. M. H. (1998). Creatividad, superdotación y estilos de aprendizaje: hacia un modelo integrador. *Faisca: revista de altas capacidades*, (6), 86-108.
- Meza, H., y Duarte, E. (2020). La metodología STEAM en el desarrollo de competencias y la resolución de problemas. [Conference]. II Congreso Internacional de Educación: UNA nueva mirada en la mediación pedagógica. Costa Rica.
- Ministerio de Educación Nacional. (2006). Estándares Básicos de Competencias Matemáticas. Bogotá: MEN.
- Ministerio de Educación Nacional. (2016, 6 mayo). El arte en la educación inicial. Recuperado de: <https://maguared.gov.co/el-arte-en-la-educacion-inicial-2/>
- Muñoz-Repiso, A. G. V., y Gómez-Pablos, V. B. (2017). Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP): evaluación desde la perspectiva de alumnos de Educación Primaria. *Revista de investigación educativa*, 35(1), 113-131.
- Murcia, M. E., y Henao, J. C. (2015). Educación matemática en Colombia, una perspectiva evolucionaria. *Entre ciencia e ingeniería*, 9(18), 23-30.
- Quinn, C. M., Smith, D. K., Chappell, M. F., Carver, S. D., Duffy, S., Holcomb, J. P., Jr, Jackson, D., y Resnick, A. (2019). Music as math waves: exploring trigonometry through sound. *Journal of Mathematics and the Arts*, 13(1-2), 173-184. <https://doi.org/10.1080/17513472.2018.1552822>
- Quintana, F. H. (2019). La relación “arte–matemáticas” como contexto de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas: estudio del trabajo de la artista Cornelia Vargas Koch.

Rodríguez, C. S., y Couso, D. (2018). Visiones en educación STEAM: y las mates, ¿qué? *Uno: Revista de didáctica de las matemáticas*, (81), 49-56.

Root-Bernstein, R. (2015). Arts and crafts as adjuncts to STEM education to foster creativity in gifted and talented students. *Asia Pacific Education Review*, 16(2), 203–212.
<https://doi.org/10.1007/s12564-015-9362-0>

Ruiz, F. (2017). Diseño de proyectos STEAM a partir del currículo actual de educación primaria utilizando aprendizaje basado en problemas, aprendizaje cooperativo, Flippedclassroom y robótica educativa. [Doctoral dissertation, Universidad CEU Cardenal Herrera]. Alfara del Patriarca.

Silverstein, L. B., y Layne, S. (2010). Defining Arts Integration. *The John F. Kennedy Center for the Performing Arts*.

Simarro Rodríguez, C., y Couso, D. (2018). Visiones en educación STEAM: y las mates, ¿qué? *Uno: revista de didáctica de las matemáticas*.

Spreafico, M. L., y Tramuns, E. (2021). The Starry Night among art, maths, and origami. *Journal of Mathematics and the Arts*, 15(1), 1–18.
<https://doi.org/10.1080/17513472.2020.1766340>

Thuneberg, H. M., Salmi, H. S., y Bogner, F. X. (2018). How creativity, autonomy and visual reasoning contribute to cognitive learning in a STEAM hands-on inquiry-based math module. *Thinking Skills and Creativity*, 29, 153–160.
<https://doi.org/10.1016/j.tsc.2018.07.003>

Uzurriaga, V. (2013). Retos de la enseñanza de las matemáticas en el nuevo milenio. *Scientia A Technica*, 31-43.

Wynn, T., y Harris, J. (2012). Toward A stem + arts curriculum: Creating the teacher team. *Art Education*, 65(5), 42–47. <https://doi.org/10.1080/00043125.2012.11519191>

Yakman, G. (2008). STEAM education: An overview of creating a model of integrative education. [Conference]. En Pupils' Attitudes Towards Technology (PATT-15). Salt Lake City, USA.

Yakman, G. (2010). What is the point of STE@ M?—A Brief Overview. *Steam: A Framework for Teaching Across the Disciplines. STEAM Education*, 7.

Apéndices

Apéndice A. Protocolo de la sesión 1 de seminario de investigación

Seminario de Trabajo de Grado

Sesión: 1

Relator: Luis Hernando Clavijo García

Correlator: Jeferson Alberto Rivera Carreño

Protocolante: Karen Margarita Gutiérrez Vanegas

Documento: Music as math waves: exploring trigonometry through sound

Fecha: octubre 18 de 2022

Actividades a desarrollar:

1. Presentación del documento
2. Discusión y análisis
3. Conclusiones

La sesión se lleva a cabo el martes 18 de octubre de 2022 en el horario establecido. La sesión está dirigida por el estudiante Luis Clavijo quien inicia presentando los aspectos generales del documento de interés: año de publicación, autores, país de procedencia, y resumen de la actividad seguido se da paso a la exposición detallada del documento en relación al planteamiento, antecedentes, marco teórico, objetivos, metodología, actividad y resultados a medida que se expone cada apartado del documento se va generando la discusión a fin de responder principalmente si la actividad presentada corresponde a STEAM y como se desarrolla la creatividad a través de la integración arte y matemáticas.

Presentación del documento. Por lo general al estudiar transformaciones de funciones trigonométricas en el aula los estudiantes aprender fórmulas asociadas con el período y la frecuencia sin desarrollar una comprensión de los conceptos mismos. En el artículo los autores presentan una tarea que utiliza la integración de las artes en forma de ondas de sonido para ayudar a los estudiantes a aprender sobre las funciones trigonométricas en especial las funciones senoidales mediante la exploración de sus características, así como la relación entre el período y la frecuencia. Los estudiantes son guiados a través de una tarea que consiste en crear un tono de llamada para un teléfono inteligente que combina música, matemáticas y tecnología. La actividad proporciona enlaces a hojas de trabajo y un tono de llamada de muestra para facilitar la implementación de la tarea por parte del maestro; se incluyen sugerencias y consejos. Usando las artes para enseñar temas STEM tradicionales, una iniciativa conocida como STEAM ofrece oportunidades prometedoras para que los estudiantes apliquen elementos creativos para resolver problemas técnicos. Aunque el tema de este artículo es adecuado para estudiantes de precálculo, la instrucción basada en STEAM es aplicable en varios niveles de grado mediante sus respectivas adaptaciones.

Discusión y análisis. Un aspecto fundamental del desarrollo de las sesiones es identificar en conjunto si los artículos seleccionados en la propuesta de investigación presentan actividades que dejen en evidencia la relación interdisciplinar propia del enfoque STEAM. La tarea discutida en este artículo utiliza conceptos acústicos, como tonos complejos y propagación de ondas, para ayudar a los estudiantes a explorar las propiedades de las funciones trigonométricas logrando una intersección entre conceptos de ambas disciplinas y logrando un alto nivel de profundización en el pensamiento matemático, pues a través de la actividad se potencian las dos áreas.

La integración arte y las matemáticas en conjunto en el aula permite establecer conexiones entre objetos matemáticos y el contexto real, evitando caer en la enseñanza y aprendizaje de contenidos aislados. Además, la propuesta de trabajar a partir de un reto en este caso usando el contexto de la música motiva el interés de los estudiantes sobre el objeto matemático e impulsa la participación el trabajo en equipo y la discusión.

La actividad propuesta está dirigida tanto para estudiantes interesados en la música como en la matemática potenciando las dos áreas simultáneamente saliendo del típico escenario de ejercicio y práctica de conceptos en ambas disciplinas, dejando de lado la enseñanza tradicional de estas disciplinas, y, en contraste, prioriza la comprensión conceptual de las tareas que se realizan. Involucrar a los estudiantes en un proyecto que conecte las matemáticas con los fenómenos del mundo real en especial una tarea que conecta las matemáticas con las artes promueve el aprendizaje interdisciplinario.

La tarea relaciona el arte y las matemáticas y logra cumplir objetivos en las dos áreas de conocimiento al combinar la ciencia de las ondas de presión con las matemáticas de las ondas sinusoidales y la creatividad de la música, los estudiantes pueden comprender cómo se observa y utiliza la frecuencia de las ondas sinusoidales en un contexto del mundo real. Los tonos de llamada brindan un tema relevante para los estudiantes pues surge del contexto cercano a ellos dada la prevalencia de los teléfonos inteligentes y su familiaridad con los mismos mediado por el componente tecnológico a través del acceso a *Maplesoft* y a la web de *wavetones*.

La propuesta de actividad está dirigida al currículo norteamericano, la cual plantea ambiciones más grandes respecto a la enseñanza y aprendizaje de los contenidos matemáticos, en el caso de la trigonometría la actividad plantea una tarea en la que los estudiantes trabajan los

conceptos a la par que crean música y que además les permite validar sus resultados constantemente.

Con esta propuesta se hace evidente la necesidad de un enfoque que transforme la educación en Colombia, pues la enseñanza de este tipo de contenidos está limitado a aspecto meramente procedimentales del cálculo y algebra dándole poca importancia a las múltiples representaciones y aplicaciones, el enfoque STEAM muestra una visión integrada de la enseñanza que parte de un problema de interés para los estudiantes donde se incluye el componente contextual que permite entender y analizar la funcionalidad de las disciplinas en el contexto real.

Conclusión. El artículo analizado, presenta una tarea que deja en evidencia cómo la integración del arte en el enfoque STEAM, en especial sobre la relación arte-matemáticas, permite al estudiante explorar y desarrollar conceptos matemáticos desde el desarrollo de la creatividad. El planteamiento de una situación problema que represente la necesidad de crear un producto completamente original presenta una nueva mirada a la aplicación de conceptos matemáticos pues proporciona al estudiante un escenario ideal para la investigación el planteamiento y desarrollo de estrategias para el aprovechamiento de sus capacidades ampliando las probabilidades de aprendizaje.

Referencia bibliográfica

Quinn, C. M., Smith, D. K., Chappell, M. F., Carver, S. D., Duffy, S., Holcomb, J. P., Jr, Jackson, D., y Resnick, A. (2019). Music as math waves: exploring trigonometry through sound. *Journal of Mathematics and the Arts*, 13(1–2), 173–184.
<https://doi.org/10.1080/17513472.2018.1552822>

Apéndice B. Protocolo de la sesión 2 de seminario de investigación**Seminario de Trabajo de Grado****Sesión:** 2**Relator:** Karen Margarita Gutiérrez Vanegas**Correlator:** Luis Hernando Clavijo García**Protocolante:** Jeferson Alberto Rivera Carreño

Documento específico: Land Art Math: una actividad STEAM para fomentar la competencia matemática en Educación Infantil.

Fecha: noviembre 25 de 2022

Actividades realizadas:

1. Presentación del documento
2. Discusión y análisis
3. Conclusiones

Durante esta sesión, se aborda el artículo: “Land Art Math: una actividad STEAM para fomentar la competencia matemática en Educación Infantil” elaborado por Ángel Alsina. La exposición está a cargo de la estudiante Karen Gutiérrez, quien expone de manera general las secciones que componen el artículo en cuestión, haciendo énfasis en la actividad STEAM que se expone en el documento.

Presentación del documento. El presente artículo muestra una actividad STEAM desarrollada con estudiantes de Educación Infantil en la que, a través del arte, se trabajan conocimientos matemáticos y científicos con el objeto de fomentar, entre otras, la competencia matemática. La actividad, se ha denominado *Land Art Math*, que ha sido desarrollada con estudiantes de 3 a 6 años contando también con la interacción de las profesoras. La actividad

STEAM está conformada por siete fases de trabajo, donde realizaban recolección y clasificación de materiales en una primera instancia para finalmente llegar a la construcción del *Land art* y su exposición al grupo. La actividad ha permitido que los estudiantes mejoren y refuercen el vocabulario matemático que han adquirido hasta el momento.

Discusión y análisis. Finalizada la exposición del documento, se trae a discusión el análisis y pertinencia del documento expuesto. A continuación, se realiza un análisis y descripción de las discusiones que surgieron durante la exposición del artículo preparado por los participantes.

En primera instancia, se recalca la importancia que tiene la educación preescolar, dado que esta sienta las bases para el correcto desarrollo de los niños, dado que potencia las habilidades psicomotoras y de ubicación espacial. Además, este reconocimiento del medio ambiente es logrado a través de los materiales sensorio-motrices.

Ahora bien, respecto a la competencia matemática, no se hace evidente qué tipo de competencia matemática ha sido potenciada a través de esta actividad, dado que el autor no presenta evidencias de los estudiantes para poder determinar el avance en el desarrollo de la competencia matemática de los niños.

Dado que la educación preescolar es de vital importancia, es necesario que las actividades llevadas a estos grados sean beneficiosas para los estudiantes, en este caso, la actividad presentada, aunque se define como STEAM según el propio autor, en realidad los seminaristas consideramos que no lo es, esto debido a que el documento no refleja de manera explícita la interdisciplinariedad entre las dos áreas (arte-matemáticas). En consecuencia, al hacer el análisis de STEAM como enfoque, se hace evidente que el documento, refleja que el arte es una herramienta para enseñar matemáticas, pero no se evidencia una interdisciplinariedad entre ambas áreas, esto debido a que los estudiantes están aprendiendo solo matemáticas (forma, tamaño, etc.) dado que estos mismos

conceptos matemáticos pueden ser enseñados sin hacer uso de la actividad en cuestión. Lo anterior, contradice la definición de ser una actividad dentro del enfoque STEAM, dado que no es clara la interdisciplinariedad de las áreas, en cambio, es evidente la multidisciplinariedad ya que se evidencia una cooperación mutua y acumulativa de conocimientos para un propósito en común, pero sin integrarlos para el desarrollo de habilidades en conjunto, entre las áreas analizadas en cuestión.

Otro aspecto importante del enfoque STEAM es el Arte (A, dentro del acrónimo), donde se da la importancia a la creatividad y el fomento de la misma en los estudiantes, en este caso particular, la creatividad de los estudiantes pudo verse afectada al momento de mostrar ejemplos de *Land Art* por parte del maestro, esto pudo hacer que el estudiante vaya a replicar el modelo ya visto, dejando a un lado el desarrollo de la creatividad en los niños, y más en la edad en la que se propone la actividad, y, por el contrario, se enfoca en tratar de replicar un modelo ya existente. Además, esta actividad al estar basada en un contexto real (matemáticas en la naturaleza) pudo ser aprovechada de una mejor manera para fomentar la creatividad estudiantil, algo que se resalta es que la actividad es parte de la jornada escolar, donde la misma se realiza en el aula y relaciona conceptos matemáticos propios del currículo para dichos grados escolares.

Respecto a las estrategias de enseñanza y aprendizaje, podemos concluir que el autor presenta una actividad mediada a través del aprendizaje cooperativo; dado que cada estudiante tenía un rol en específico en la creación del *Land Art*. Los estudiantes, están trabajando con un aprendizaje basado en proyectos, que promueve construir el *Land Art*; haciendo énfasis en la exposición y presentación del producto final a los compañeros del curso, exponer el significado de lo que han creado. Respecto al docente, este debe guiar a los estudiantes, en el desarrollo de las actividades, en especial, en edades tempranas dado que estos olvidan las indicaciones de manera

muy rápida. Los estudiantes están aprendiendo matemáticas a través de lo sensorial (materiales), aspecto fundamental en la educación preescolar.

Ahora bien, los participantes del seminario, han mencionado, que la actividad tiene potencial para convertirse en una actividad STEAM, para ello, debe replantearse el cómo se evidencia el arte, es decir, cómo lo estudiantes aprenden arte a través de esta actividad; para ello, se menciona que durante la exposición del producto final, los estudiantes expliquen la razón de la creación del *Land Art* (por qué han creado dicho producto y no otro), en este caso, para evidenciar la creatividad de los participantes, aspecto fundamental del arte. Además, se hace necesario especificar cómo los procesos y los contenidos se relacionan entre sí, es decir, en qué parte de la actividad en cuestión, se están trabajando y como se potencian a través del arte y las matemáticas.

Asumimos que esta actividad, puede ser replicada en la educación colombiana, dado que los recursos y materiales usados, hacen parte de la cotidianidad de los estudiantes, pero, para ello, será necesario reinterpretar el rol de la interdisciplinariedad entre estas áreas, dado que muchas actividades se consideran STEAM, cuando realmente no lo son.

Finalmente, la sesión del seminario finaliza con recomendaciones para los futuros encuentros como, por ejemplo: revisar bien los documentos a exponer (que correspondan realmente a proyectos STEAM) y a recomendaciones sobre cómo estas actividades STEAM pueden ser replicadas y/o adaptadas a nuestro currículo colombiano.

Conclusión. El documento aquí expuesto, aunque es presentado como una actividad STEAM, no cumple con todos los aspectos que comprende una actividad STEAM, dado que la relación interdisciplinar entre las áreas arte y matemáticas no se evidencia, esto debido a la poca evidencia que el autor presenta en el documento y sumado a ello, no se evidencia un desarrollo o fomento de la creatividad del estudiantado, dado que el *Land Art* no fue creado por los estudiantes,

sino que fue dado por el investigador, es decir, limita la creatividad del estudiante a seguir un patrón ya preestablecido en la planeación de la actividad, lo que contradice el papel de las artes en dicho enfoque. En este orden de ideas, se concluye que muchas actividades que se consideran STEAM en realidad no lo son y se finaliza la con determinar y mejorar la búsqueda de a artículos que sí sean STEAM.

Referencia bibliográfica

Alsina, Á., y Salgado, M. (2021). Land Art Math: una actividad STEAM para fomentar la competencia matemática en Educación Infantil. *Educación Matemática En La Infancia*, 7(1), 1–11. <https://doi.org/10.24197/edmain.1.2018.1-11>

Apéndice C. Protocolo de la sesión 3 de seminario de investigación**Seminario de Trabajo de Grado****Sesión:** 3**Relator:** Jeferson Alberto Rivera Carreño**Correlator:** Karen Margarita Gutiérrez Vanegas**Protocolante:** Luis Hernando Clavijo García**Documento:** The Starry Night among art, maths, and origami**Fecha:** noviembre 2 de 2022**Palabras clave:** Matemáticas, origami, arte, ingeniería, arquitectura, diseño.**Actividades realizadas:**

1. Presentación del documento
2. Discusión y análisis
3. Conclusiones

Durante esta sesión, se aborda el artículo: *The Starry Night among art, maths, and origami* elaborado por. María Luisa Spreafico y Eulalia Tramuns La exposición está a cargo del estudiante Jeferson Alberto Rivera Carreño, quien expone de manera general las secciones que componen el artículo en cuestión, haciendo énfasis en la actividad STEAM que se expone en el documento.

Presentación del documento. El documento presenta un proyecto de arte, matemáticas y origami, bajo el enfoque STEAM, realizado en una escuela secundaria italiana dirigida a estudiantes de 16 años. En donde la tarea por parte de los alumnos es el de Reproducir algunos elementos de la pintura: “La noche estrellada” de V. Van Gogh con origami, tales elementos estaban relacionados con la ingeniería, la arquitectura, el diseño y el arte y para cada uno de estos diseñaron una lección sobre un tema matemático específico. Finalmente, cubrir un poster de la

pintura a través del origami realizado. También hacen el análisis de las respuestas de un cuestionario realizado a los estudiantes que tenía como finalidad comprobar la adecuación y eficacia de la experiencia. Los cuales aseguran que los alumnos acogieron ese proyecto y mejoraron sus conocimientos matemáticos.

Discusión y análisis. Un aspecto fundamental del desarrollo de las sesiones es identificar en conjunto si los artículos seleccionados en la propuesta de investigación presentan actividades que dejen en evidencia la relación interdisciplinar propia del enfoque STEAM. La tarea discutida en este artículo tenía como principal interés ser una idea innovadora para la enseñanza de la matemática para estudiantes de cualquier grado y en especial de secundaria ya que según las autoras en estos grados se privilegian la teoría y la realización de ejercicios. Es por lo anterior que buscan presentar el origami como una herramienta didáctica con la que se pueda enseñar matemáticas y arte. Y, a su vez, investigar las matemáticas con herramientas tangibles y verla de otra manera entrelazándola con sus aplicaciones en la vida cotidiana.

Es por eso por lo que Spreafico, ML y Tramuns, E. Diseñaron un proyecto STEAM de arte, matemáticas y origami. En concreto, los autores escogieron el cuadro “La noche estrellada” de V. Van Gogh y reproducir algunos de sus elementos con origami. Y estos modelos elegidos eran una representación a baja escala de diseños reales utilizados en el mundo real. Que debía realizarse en cuatro sesiones en la que cada sesión de plegado estaba relacionada con un tema de matemáticas incluido en el programa de los estudiantes.

Algunos beneficios de trabajar con origami es que se potencializa la visualización espacial, se pueden trabajar conceptos geométricos, además de trabajar contextos matemáticos como: álgebra y cálculo. Y con este poder explicar sus aplicaciones en la vida real y la exploración por parte de los estudiantes de un tema matemático en específico.

A primera vista en el artículo de investigación se evidencia una interdisciplinariedad entre ambas áreas. El origami permite esta relación Arte-Matemáticas, también la relación del origami con la vida real hace que los estudiantes sientan atracción hacia las actividades que muestran relación con lo cotidiano y finalmente se evidencia aprendizajes matemáticos (Forma, geometría sintética, álgebra y cálculo) y artísticos (color, pintura, origami y composición). Pero, por otro lado, suscitó la reflexión sobre las semejanzas entre las propuestas realizadas bajo el enfoque STEAM y los contextos en matemáticas, que proponen los lineamientos curriculares en Colombia. Al respecto, el Ministerio de Educación Nacional (MEN, 2006), plantea que un contexto del aprendizaje de las matemáticas es el lugar, no solo físico, sino ante todo sociocultural, desde donde se construye sentido y significado para las actividades y los contenidos matemáticos, y por lo tanto, sucede donde se establecen conexiones con la vida cotidiana de los estudiantes y sus familias con las demás actividades de la institución educativa y, en particular, con las demás ciencias y con otros ámbitos de las matemáticas mismas.

Esto quiere decir que se trabajan diferentes situaciones problemáticas, siendo estas de las mismas matemáticas, de la vida cotidiana y de las otras ciencias. Para aprovechar el contexto dentro del proceso de enseñanza se hace necesaria la intervención continua del maestro para modificar y enriquecer ese contexto con la intención de que los estudiantes aprendan. Estas intervenciones generan preguntas y situaciones interesantes que por estar relacionadas con su entorno son relevantes para el estudiante y les dan sentido a las matemáticas. Así es como del contexto amplio se generan situaciones problemáticas.

Podemos observar en el documento esa relación del arte y la matemática en otros contextos, es decir, matemáticas en el arte y la arquitectura, la ingeniería y el diseño. Entonces la pregunta es: ¿“The Starry Night among art, maths, and origami” puede ser catalogada como estrategia de

enseñanza de las matemáticas y mantenga esa relación interdisciplinar de las áreas STEAM (matemáticas y arte)? La respuesta es que sí, pero con sus respectivas adaptaciones que no se quede meramente en darles unas instrucciones a los estudiantes de como manipular las hojas de papel y sigan un paso a paso de cómo construir las piezas de origami, para después ponerlas sobre la pintura de Van Gogh, pues es cierto que la “belleza” de la construcción es evidente, los estudiantes continúan haciendo algo que ya está solucionado en la mente del profesor y no constituye un reto para “pensar” por parte del estudiante, más que con cumplir la tarea.

Una posible adaptación a la actividad a desarrollar es dejar que los estudiantes sugieran la obra de algún pintor de su preferencia y la puedan rediseñar de la manera que quieran haciendo uso del origami y las diferentes construcciones que se pueden realizar y de este modo podría surgir distintas obras inspiradas en la original.

Conclusión. Podemos concluir que los estudiantes disfrutaron el proyecto y estaban motivados por ensamblar los modelos de origami independientemente de su uso real previsto. El uso de papel de origami en las lecciones de matemáticas permitió a los estudiantes reforzar los conceptos matemáticos aprendidos previamente o comprender nuevos conceptos. Además de ser una oportunidad para presentar las matemáticas de una manera diferente, entrelazándolo con otras materias. Por otra parte, como futuros docentes nos damos cuenta de que otra ventaja en el uso del origami: es una herramienta inclusiva. Dado que, todos los estudiantes participan activamente en las clases, incluidos aquellos que tienen miedo a las matemáticas, lo que abre nuevas vías de investigación.

Se puede afirmar que hay relación interdisciplinar entre el arte y las matemáticas ya que hay integración de conceptos y principios matemáticos en la creación de arte. Esto se puede justificar por el hecho de recrear una pintura por medio de origami y como el uso de algoritmos

matemáticos para crear figuras puede generar patrones visuales, la incorporación de figuras y formas geométricas en pinturas. La intersección del arte y las matemáticas puede conducir a la creación de obras únicas y estimulantes que exploran la relación entre estos campos aparentemente dispares.

Referencia bibliográfica

Spreafico, M. L., y Tramuns, E. (2021). The Starry Night among art, maths, and origami. *Journal of Mathematics and the Arts*, 15(1), 1–18.
<https://doi.org/10.1080/17513472.2020.1766340>

Apéndice D. Protocolo de la sesión 4 de seminario de investigación**Seminario de Trabajo de Grado****Sesión:** 4**Relator:** Luis Hernando Clavijo García**Correlator:** Jeferson Alberto Rivera Carreño**Protocolante:** Karen Margarita Gutiérrez Vanegas**Documento:** Op Art in Mathematics Education or Counting of Quadrilaterals**Fecha:** noviembre 8 de 2022**Actividades realizadas:**

1. Presentación del documento
2. Discusión y análisis
3. Conclusiones

La sesión está dirigida por el estudiante Luis Clavijo quien inicia presentando los aspectos generales del documento de interés: año de publicación, autores, país de procedencia, y resumen de la actividad seguido se da paso a la exposición detallada del documento en relación al planteamiento, antecedentes, marco teórico, objetivos, metodología, actividad y resultados a medida que se expone cada apartado del documento se va generando la discusión a fin de responder principalmente si la actividad presentada corresponde a STEAM y como se desarrolla la creatividad a través de la integración arte y matemáticas.

Presentación del documento. En el documento arte óptico en la educación matemática o actividad contar cuadriláteros, muestra el estudio de las matemáticas a través de las artes y mediado por el contexto de la educación como una forma de acercar el proceso de enseñanza/aprendizaje a la práctica. La propuesta muestra una forma de proporcionar las condiciones para la exploración

en las clases de matemáticas relacionadas con la búsqueda de patrones, la modelización matemática y el recuento racional por medio de pinturas "*Op art*". El arte óptico se define como un movimiento de las artes visuales que utiliza las llamadas ilusiones ópticas para presentar creaciones que dan la sensación de movimiento, deformación, o presencia de imágenes ocultas en la cual se pueden desarrollar aspectos matemáticos.

La tarea de recuento o de reconocimiento con superación de las ilusiones ópticas está dirigida a estudiantes de los grados V-VII de Bulgaria y consiste en contar los cuadriláteros negros de una composición especialmente seleccionadas con el estilo *Op Art* donde cada figura es comprendida por un patrón diferente que incluye casos de paridad variable a partir de un número relativamente pequeño de cuadriláteros y diferentes niveles de abstracción.

Para el trabajo de clase se utilizaron cinco figuras y se plantea el problema de contar los cuadriláteros negros que la componen, a menudo se utilizan obras de arte famosas en este tipo de experimentos sin embargo en este caso las imágenes fueron creadas específicamente y dados a los estudiantes la expectativa es acomodar cada una de las figuras para que puedan ser vistas como un rectángulo deformado con coloración de tablero de ajedrez para el descubrimiento y observación de patrones.

Se pretende a través de esta actividad de exploración del arte desarrollar conocimientos matemáticos y posteriormente hacer matemáticas. Mediante la aplicación del enfoque de investigación este experimento permite establecer conjeturas y establecer diferentes métodos de solución después de resolver esta tarea los estudiantes deben pensar en la creación de composiciones de este estilo a través de ordenadores y diferentes programas informáticos. Cabe resaltar que esta es, solo una actividad de un aula virtual donde se pueden encontrar más propuestas de este tipo y otros experimentos más.

El documento menciona que la educación STEAM es una extensión natural de STEM donde el uso del conocimiento matemático en la creación de obras de arte con herramientas matemáticas e informáticas (Sendova y Chehlarova, 2013) son realidades. Aprender matemáticas a través del arte es una forma de acercar el aprendizaje a la práctica.

Discusión y análisis. De la exposición del documento surge la discusión y análisis principalmente de la actividad propuesta en relación con el enfoque STEAM. El módulo de cuadriláteros para la creación de obras estilo *Op Art* resultaron adecuadas para proponer problemas de recuento, este tipo de obras permite revelar aspectos matemáticos de su composición por medio de patrones y el recuento racional, así pues, como consideraciones finales se sugiere utilizar otras figuras como módulo. En el documento se sugiere componer problemas en los que los módulos de recuento sean otro tipo de figuras como triángulos y otro tipo de cuadriláteros para abordar otro tipo de estrategias de recuento y modelación matemática. Así pues, se propone desarrollar el pensamiento creativo a partir de actividades sobre cómo modelar diferentes obras de arte óptico reconociendo las diferentes figuras geométricas que las componen.

La actividad inicia con el planteamiento del problema que consiste en contar los cuadriláteros de 5 figuras dadas, a través de la exploración del arte que se pretenden desarrollar conceptos matemáticos para en un último momento dar paso a la construcción de una figura original, se considera que desde el enfoque STEAM hubiese sido interesante plantear el reto de construir inicialmente sus propias figuras o patrones con el fin de desarrollar libremente la creatividad para así permitir la construcción de una mayor variedad de composiciones.

El uso de programas informáticos para la modelación de obras de arte a través de herramientas matemáticas como lo son figuras y propiedades permite al estudiante desarrollar la

creatividad en la creación de obras de arte originales utilizando lo que sabe de matemáticas, como también desde la exploración de nuevos conceptos, crear conjeturas y comprobar hipótesis.

Hay diversidad de concepciones sobre lo que es STEAM desde la perspectiva de la autora para este artículo se entiende que la educación STEAM en relación con las matemáticas y el arte corresponde a la aplicación de conceptos matemáticos, crear un contexto desde el arte y la aplicación de conceptos matemáticos para hacer arte.

Conclusiones. Teniendo en cuenta el análisis de las características de la actividad planteada en el documento y la forma en que se presenta la interdisciplinariedad en el artículo se determina que esta corresponde a una actividad STEAM. La actividad presenta un problema o reto bajo un contexto de lo que se denomina arte óptico en el cual se pretende que los estudiantes desarrollen habilidades conteo y de pensamiento espacial, mediante el análisis de piezas que contienen diferentes características para mediar el nivel de abstracción, esta actividad permite que el papel del docente sea de mediador quien guíe a los estudiantes para explorar y establecer conjeturas y generalizar los resultados que van encontrando.

La relación arte y matemáticas encontrada supone inicialmente el arte como contexto de enseñanza de las matemáticas, sin embargo, al plantear la actividad diseñar una pieza original por parte de los estudiantes, se establece una relación interdisciplinar donde es necesario trabajar desde las dos áreas aplicando conceptos y métodos en común que amplíen la visión del estudiante y le permitan dar soluciones creativas al problema en cuestión.

Referencia bibliográfica

Chehlarova, T. (2019). Оп арт в математическото образование, или преброяване на четири-ъгълници. Педагогика, 91(1), 8–16. <https://www.ceeol.com/search/article-detail?id=744472>

Apéndice E. Protocolo de la sesión 5 de seminario de investigación**Seminario de Trabajo de Grado**

Sesión: 5

Relator: Karen Margarita Gutiérrez Vanegas

Correlator: Luis Hernando Clavijo García

Protocolante: Jeferson Alberto Rivera Carreño

Documento: How creativity, autonomy and visual reasoning contribute to cognitive learning in a STEAM hands-on inquiry-based math module

Fecha: noviembre 15 de 2022

Actividades realizadas:

1. Presentación del documento
2. Discusión y análisis
3. Conclusiones

Durante esta sesión, se aborda el artículo: “*How creativity, autonomy and visual reasoning contribute to cognitive learning in a STEAM hands-on inquiry-based math module*”. La exposición está a cargo de la estudiante Karen Gutiérrez, quien expone de manera general las secciones que componen el artículo en cuestión, haciendo énfasis en la actividad STEAM que se expone en el documento para su posterior análisis.

Presentación del documento. En esta actividad, se aplicó un módulo matemático informal que integraba Artes (modificando STEM a STEAM) y siguiendo un enfoque de aprendizaje basado en la investigación a una muestra de 392 estudiantes (de 12 a 13 años). El módulo de tres lecciones trató sobre fenómenos matemáticos que proporcionaron a los participantes el kit de construcción

práctico disponible comercialmente (*4D Frame*), con el objetivo de avanzar en la educación STEAM. Los alumnos construyeron estructuras geométricas originales, personales e individuales mediante el uso de tubos de plástico para permitir altos niveles de creatividad y autonomía. Un diseño pre/posprueba monitoreó el conocimiento cognitivo y las variables de autonomía relativa, razonamiento visual, operaciones formales y creatividad.

Discusión y análisis. Las sesiones del seminario están basadas en poder encontrar actividades y proyectos bajo el enfoque STEAM. Es decir, encontrar artículos en donde se haga evidente la relación interdisciplinar entre las áreas de artes y matemáticas, entendiendo al arte como la forma creativa de resolver problemas de la vida real. En este artículo, sí se evidencia dicha relación interdisciplinar, al realizar estructuras geométricas que satisfagan unas condiciones (por ejemplo, que no se dañen con facilidad). Además, esta construcción de estructuras geométricas propicia un aprendizaje eficaz de las matemáticas (conceptos geométricos y de medida) junto con conceptos artísticos (construcción, color, simetrías y armonía).

Otro aspecto importante de la integración del arte y la creatividad en las matemáticas y en los retos STEAM, es la motivación que genera la actividad en cuestión, dado que varios estudios han señalado que parte importante de la enseñanza-aprendizaje de las matemáticas es la motivación que existe hacia ella, tanto la motivación estudiantil como la motivación del docente. Haciendo el análisis del documento en cuestión, se ha observado que la misma fue de vital importancia en el desarrollo de la actividad y de la comprensión de los conceptos matemáticos, dado que los grupos de estudio estuvieron la gran mayoría de las sesiones motivados con la construcción de las estructuras. La motivación fue fundamental en la actividad y a su vez fue el pilar para el aprendizaje de los conceptos matemáticos trabajados junto con el desarrollo de la creatividad a través de la relación interdisciplinar que el enfoque STEAM.

El artículo, como ya se ha mencionado, propicia tanto la creatividad a través del arte (construir una estructura resistente) como las matemáticas (geometría y medidas), pero entonces surge la siguiente pregunta ¿cómo logra esta integración la actividad que se presenta en el artículo? Esta respuesta está relacionada hacia el material del cual hacen uso, en este caso, material concreto, el cual es en esencia el material educativo denominado: *4D Frame* el cual es un material educativo que sirve para la construcción de estructuras (simular estructuras de la vida real), el cual está basado en el método de construcción de bambú de las casas tradicionales coreanas. Respecto, a el por qué esta herramienta es de vital importancia, recae en el hecho de que la misma genera motivación y en especial, esta es una construcción de la vida real a pequeña escala, un bosquejo o maqueta, lo cual es importante porque: *si funciona a pequeña escala, funciona a gran escala*. El problema de desarrollar este tipo de actividades en STEAM, haciendo uso de materiales concretos, es que el espacio del aula es muy reducido y, por tanto, se hace necesario, realizarlas de manera extracurricular. Tal es el caso de la actividad aquí propuesta. En particular, estas actividades, se realizan en “aulas STEAM” o en aulas con condiciones y materiales óptimos para el buen desarrollo de la misma, condiciones que no se tienen generalmente en un aula de clase promedio.

Finalmente, la tarea muestra como la integración del arte en el enfoque STEAM permite al estudiante explorar y desarrollar conceptos matemáticos desde el arte y la creatividad. La necesidad de crear un producto, haciendo uso de la experimentación basada en el ensayo y error, la recreación y la reinención del prototipo, hasta que este funcione y pueda superar las pruebas que se habían colocado. De manera que ponga en práctica los conceptos matemáticos involucrados en dicha construcción y, en especial, la reinención de la estructura permite demostrar que el reto que presenta el artículo sí es una actividad STEAM. Se hace evidente la relación interdisciplinar entre las áreas de matemáticas y arte, en donde los estudiantes están adquiriendo un aprendizaje

significativo en las áreas en cuestión, pero lo más importante es que la creatividad fue potenciada y aumentó de manera considerable.

Respecto a las estrategias de enseñanza y aprendizaje, podemos concluir que los autores presentan una actividad mediada a través del aprendizaje colaborativo; dado que cada estudiante del grupo participaba activamente en las discusiones y en la creación de la estructura que entre ellos habían planeado. Los estudiantes, están trabajando con un ABPr en este caso, construir la estructura para que soportará la prueba del túnel de vacío (a través del ensayo y error), haciendo énfasis en la exposición y presentación del producto final a los compañeros y a los profesores. Además, la actividad aquí propuesta se realiza a través del aprendizaje por indagación, el cual surge del constructivismo y es parte esencial del enfoque STEAM, dado que son los mismos estudiantes quienes van descubriendo y aprendiendo a la vez que resuelven un problema que se les ha planteado.

En este orden de ideas, el docente, se consideró un mediador, que interviene como guía solo cuando el grupo de trabajo lo solicita, pero este a su vez no da instrucciones sobre los procedimientos a seguir ni resuelve el problema de los estudiantes, sino que genera preguntas guía que son de ayuda a los estudiantes, pero nunca dando la solución ni implícita ni explícitamente del problema en cuestión. Ahora bien, los estudiantes durante esta actividad están aprendiendo matemáticas a través de lo sensorial (materiales) con el uso de la herramienta educativa 4D Frame, aspecto fundamental según el documento para fomentar la solución a problemas reales a través de la creatividad, aspecto fundamental del enfoque STEAM.

Conclusión. El documento aquí expuesto, denominado: “*How creativity, autonomy and visual reasoning contribute to cognitive learning in a STEAM hands-on inquiry-based math module*” presenta una actividad STEAM, en donde los estudiantes aprenden sobre arte y

matemáticas, a través de la interdisciplinariedad de ambas áreas, haciendo evidente el uso de la creatividad (arte) para la construcción de las estructuras geométricas planteadas a través del reto STEAM.

Además, el uso de materiales concretos y de herramientas que simulan las construcciones reales (en este caso, el 4D *Frame*) es de vital importancia para esta relación interdisciplinar, dado que estas mismas potencian la creatividad de los estudiantes, aspecto fundamental del enfoque STEAM.

Referencia bibliográfica

Thuneberg, H. M., Salmi, H. S., y Bogner, F. X. (2018). How creativity, autonomy and visual reasoning contribute to cognitive learning in a STEAM hands-on inquiry-based math module. *Thinking Skills and Creativity*, 29, 153-160.
<https://doi.org/10.1016/j.tsc.2018.07.003>

Apéndice F. Protocolo de la sesión 6 de seminario de investigación**Seminario de Trabajo de Grado****Sesión:** 6**Relator:** Jeferson Alberto Rivera Carreño**Correlator:** Karen Margarita Gutiérrez Vanegas**Protocolante:** Luis Hernando Clavijo García**Documento:** Calculating for creativity: Maths joins the circus**Fecha:** noviembre 22 de 2022**Actividades realizadas:**

1. Presentación del documento
2. Discusión y análisis
3. Conclusiones

Durante esta sesión, se aborda el artículo: *Calculating for creativity: Maths joins the circus* elaborado por: Claire Coleman y Tim Lind. La exposición está a cargo del estudiante Jeferson Alberto Rivera Carreño, quien expone de manera general las secciones que componen el artículo en cuestión, haciendo énfasis en la actividad STEAM que se expone en el documento.

Presentación del documento. Este proyecto está basado en una investigación anterior (Coleman y Davies, 2018), el cual busca obtener la participación de los estudiantes en matemáticas a través de un marco dramático. Centrándose en la activación de las capacidades creativas de los estudiantes a través del teatro, este proyecto ofrece sugerencias para la praxis futura y el desarrollo de aulas que invitan a la creatividad. Comenzamos estableciendo un pretexto ficticio estrechamente relacionado con sus estudios anteriores para introducir la actividad/reto en cuestión para realizar la integración entre el arte (teatro-drama) y las matemáticas, en donde

se potencia la creatividad del estudiantado. El proyecto, se realizó durante cinco sesiones de drama-matemáticas, en donde, colaboramos con estudiantes tanto dentro como fuera del rol, para diseñar, planificar, preparar y resolver el reto.

Discusión y análisis. Un aspecto fundamental del desarrollo de las sesiones es identificar en conjunto si los artículos seleccionados en la propuesta de investigación presentan actividades que dejen en evidencia la relación interdisciplinar propia del enfoque STEAM. La tarea discutida en este artículo tenía como principal interés ser una idea innovadora para la enseñanza de la matemática para estudiantes de primaria. Esta se centró en la activación de las capacidades creativas de los estudiantes a través del teatro. Este proyecto ofrece sugerencias para la praxis futura y el desarrollo de aulas que invitan a la creatividad. Comienzan estableciendo un pretexto ficticio estrechamente relacionado con sus estudios anteriores de insectos. Reclutada para ayudar a la profesora Lee, propietaria de un circo de pulgas, con el rediseño de su circo, este pretexto ofreció deliberadamente oportunidades para la integración matemática. Al planificar, predijeron la necesidad de que los estudiantes se involucren con los números y la medición, pero que respondan a las oportunidades que surgen del drama o investigadas por los propios estudiantes. Durante las cinco sesiones de drama-matemáticas, colaboraron los docentes con estudiantes tanto dentro como fuera del rol, para diseñar, planificar y preparar un nuevo espectáculo de circo de cucarachas. A partir de esto se generan datos para la investigación a través de entradas de revistas reflexivas, trabajos estudiantiles, investigación basada en el teatro y grupos focales.

En el artículo de investigación se evidencia la interdisciplinariedad entre ambas áreas, además que se fomenta la creatividad cuando se trabaja con matemáticas y teatro de una manera auténtica, segura e inclusiva ya que este proyecto empleó el drama de procesos (teatro) y la resolución de problemas matemáticos para involucrar a los estudiantes en un entorno de escuela

primaria a fin de aprovechar el potencial de las artes para estimular la imaginación y el compromiso en torno a áreas esenciales, pero potencialmente abstractas del currículo.

La actividad de la investigación se ubica dentro de un paradigma constructivista y reconoce el conocimiento como activo, receptivo y socialmente construido. El constructivismo reconoce el lugar de los individuos en la construcción y creación de su conocimiento sobre el mundo. Este paradigma ofrece un marco adecuado para la investigación exploratoria que busca hallazgos emergentes a través de la investigación cualitativa.

Finalmente, los autores hacen un análisis de lo que ellos llaman la cascada de creatividad que emplea una metáfora de una cascada en cascada para fomentar el aprendizaje de alta calidad. Estos elementos son notar, preguntar por qué, jugar con la posibilidad, seleccionar y evaluar. El primer paso implica prestar atención: experimentar y examinar a fondo con qué te estás involucrando. Luego viene el cuestionamiento: preguntar "¿por qué?" e ir más allá de la respuesta de primer nivel para preguntar "¿realmente por qué?" El tercer paso invita a jugar con las posibilidades de pensar más allá de las estructuras conocidas para soluciones y abrazar múltiples opciones. El cuarto paso consiste en evaluar las opciones y respuestas, reflexionando tanto por sí mismo como buscando comentarios de los demás.

La actividad es de carácter iterativo, este método requiere tiempo para participar y luego volver a participar. Esto se ajustaba a la línea de tiempo del estudio, análisis y redacción que tuvo lugar durante un año escolar. A través de este proceso de análisis iterativo, los autores identificaron tres temas principales: las numerosas oportunidades para las matemáticas en el drama, la integración suplementaria de otro currículo y la delicada pero esencial necesidad de una práctica colaborativa constructiva.

Conclusión. El documento presenta un proyecto basado en el enfoque STEAM donde se incorporan los conceptos matemáticos y expresiones artísticas al planificar actividades que integran contenidos matemáticos con el drama. Esto da evidencia de una relación interdisciplinar entre arte-matemáticas ya que se establecen conexiones entre ambas áreas desarrollando habilidades y conocimientos para ser aplicados en la resolución de problemas. Algunas actividades matemáticas desarrolladas parten de situaciones problemas que están relacionadas con medida, diseño, proporción, comparación, etc. Todo lo anterior propiciado a través de un contexto ficticio llamado el circo para las cucarachas.

Referencia bibliográfica

Coleman, C. M., y Lind, T. (2020). Calculating for creativity: Maths joins the circus. Waikato Journal of Education, 25, 85–99. <https://doi.org/10.15663/wje.v25i0.717>

Apéndice G. Protocolo de la sesión 7 de seminario de investigación**Seminario de Trabajo de Grado****Sesión:** 7**Relator:** Luis Hernando Clavijo García**Correlator:** Jeferson Alberto Rivera Carreño**Protocolante:** Karen Margarita Gutiérrez Vanegas**Documento:** Design My Music Instrument: A Project-Based Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics Program on The Development of Creativity**Fecha:** noviembre 29 de 2022**Actividades realizadas:**

1. Presentación del documento
2. Discusión y análisis
3. Conclusiones

La sesión está dirigida por el estudiante Luis Clavijo quien inicia presentando los aspectos generales del documento de interés: año de publicación, autores, país de procedencia, y resumen de la actividad seguido se da paso a la exposición detallada del documento en relación al planteamiento, antecedentes, marco teórico, objetivos, metodología, actividad y resultados a medida que se expone cada apartado del documento se va generando la discusión a fin de responder principalmente a la pregunta si la actividad presentada corresponde a STEAM y cómo se desarrolla la creatividad a través de la integración arte y matemáticas.

Presentación del documento: El artículo de los autores Li Cheng, Meiling Wang, Yanru Chen, Weihua Niu, Mengfei Hong y Yuhong Zhu, fue publicado en la sección Psicología Educativa de la revista Fronteras en Psicología el 05 enero 2022 el artículo menciona que la creatividad es

un factor esencial para garantizar el desarrollo sostenible de una sociedad. Destaca que desarrollar la creatividad de los estudiantes ha ganado protagonismo en innovación en educación, especialmente en áreas de educación en Ciencias, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas (STEAM). por esto el artículo presenta un diseño experimental de una actividad la cual examina la efectividad de un programa STEAM basado en proyectos sobre el desarrollo de la creatividad en la educación científica de la escuela primaria china.

El propósito del estudio es comparar la nueva propuesta de un programa educativo ABPr desde el enfoque STEAM con un programa educativo de ciencia convencional para ver la efectividad de su resultado de aprendizaje, así el experimento está dirigido a dos grupos de cuarto grado seleccionados aleatoriamente entre 68 alumnos de cuarto grado 40 hombres, 28 mujeres (dado que dos estudiantes no completaron la medición de la creatividad y fueron excluidos de la muestra) donde un grupo recibió un programa STEAM basado en proyectos (el grupo experimental, n=33) y el otro recibió enseñanza de ciencias convencional (el grupo de control, n=33) durante 6 semanas.

La creatividad de los estudiantes se evaluó antes y después de la intervención utilizando un enfoque de métodos múltiples, que incluye una prueba de pensamiento divergente, una historia completa a través de la Técnica de Evaluación de Consenso (CAT, por sus siglas en inglés), una medida de autoeficacia creativa (CSE, por sus siglas en inglés) y una evaluación grupal del proyecto creativo. Además, todos los estudiantes recibieron una prueba de sus conocimientos de ciencias después de la intervención. Los resultados mostraron que, en comparación con el grupo de control, la creatividad de los estudiantes del grupo experimental mejoró significativamente durante 6 semanas tanto a nivel individual como grupal, a pesar de que sus conocimientos en

ciencias eran comparables. Este resultado confirmó la eficacia de un programa educativo STEAM basado en proyectos que mejoraba la creatividad de los estudiantes de primaria.

Discusión y análisis. De la exposición del documento surge la discusión y análisis principalmente de la actividad propuesta con relación con el enfoque STEAM. El documento tiene como principal objetivo el desarrollo de la creatividad en la educación científica y es el enfoque de la educación en Ciencias, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas (STEAM) el cual proporciona un método integral y práctico para desarrollar la creatividad. Ya que el proceso de creación de un ukelele implica el conocimiento de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las artes.

El estudio de casos, en este caso un cuasi-experimento permite obtener información sobre cómo y por qué la educación STEAM es beneficiosa para la creatividad de los estudiantes pues el estudio muestra que el grupo experimental obtuvo mejores resultados en las medidas de creatividad que los del grupo de control y se puede mencionar que los estudiantes que participaron del grupo de control tomaron un papel de receptores de conocimiento a diferencia del grupo experimental donde predomina el papel de exploradores de problemas.

Según el documento el enfoque STEAM enfatiza en el cultivo de personas de desarrollo integral con creatividad y espíritu innovador para futuros inventores y creadores (Connor et al., 2015). La educación STEAM enfatiza el papel esencial de los estudiantes individuales en el aprendizaje para estimular la curiosidad individual y promover efectivamente a los estudiantes a profundizar en la investigación científica.

La actividad propone un reto para los estudiantes desde la creación de un instrumento musical, aunque el diseño pedido a los estudiantes inicialmente fue un ukelele a final del documento se sugiere permitir el diseño de otro tipo de instrumentos. Considerar el planteamiento de un reto permitió a los estudiantes aprender haciendo desde la necesidad de resolver los

diferentes problemas que se les iban presentando a medida que se realizaba la investigación, el diseño, la planeación y construcción del instrumento los estudiantes lograron evaluar constantemente su propio proceso de aprendizaje mediante la elección de estrategias adecuadas para lograr sus objetivos.

Desde la perspectiva STEAM el docente logró integrar diferentes objetivos y subobjetivos para incluir diferentes asignaturas. El planteamiento del reto de crear un instrumento musical permitió abordar conocimientos de diferentes áreas logrando establecer la relación interdisciplinar de las áreas científico-artísticas y en especial de nuestro interés arte-matemáticas desde la siendo este un aspecto fundamental del enfoque STEAM.

Conclusión. El artículo presenta una actividad que cumple con los criterios del enfoque STEAM, parte de un reto o problema de interés para los estudiantes que permite a los estudiantes tomar el rol de investigador a fin de aprender desde la consideración de una gran variedad de métodos de resolución de problemas. Al ampliar su pensamiento y permitirles trabajar en las diferentes áreas logran resolver problemas de manera creativa que, además, dejan en evidencia aspectos del desarrollo de la creatividad como lo son la originalidad, fluidez y flexibilidad del pensamiento.

Referencia bibliográfica

Cheng, L., Wang, M., Chen, Y., Niu, W., Hong, M., y Zhu, Y. (2021). Design my music instrument: A project-based science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics program on the development of creativity. *Frontiers in Psychology*, 12, 763948.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.763948>

Apéndice H. Protocolo de la sesión 8 de seminario de investigación**Seminario de Trabajo de Grado****Sesión:** 8**Relator:** Karen Margarita Gutiérrez Vanegas**Correlator:** Luis Hernando Clavijo García**Protocolante:** Jeferson Alberto Rivera Carreño

Documento: Environmental Problem-solving and Hands-on Geometry Learning through Storytelling inside a Geodesic Dome: Ice, Honey and Stardust.

Fecha: noviembre 15 de 2022**Actividades realizadas:**

1. Presentación del documento
2. Discusión y análisis
3. Conclusión

Presentación del documento. En el presente artículo, se presenta una actividad de aprendizaje STEAM basada en la construcción de domos geodésicos. Esta actividad-taller involucrará a los participantes en varias construcciones preliminares y exploratorias, al mismo tiempo que aplica la geometría de los domos geodésicos para aproximar hemisferios. Se exploran varias narraciones, juegos de roles y conexiones ambientales que pueden proporcionar el contexto necesario para los estudiantes de todas las edades.

Discusión y análisis. En el presente artículo sí se evidencia la relación interdisciplinar entre las áreas matemáticas (geometría) y arte (historias y arquitectura), esta relación se da través de la construcción de domos geodésicos, en donde se ponen en juego las matemáticas de la geometría y de la arquitectura como lo son medidas, áreas, volúmenes y en especial, las

propiedades de los pentágonos regulares, más exactamente, los triángulos equiláteros y los icosaedros a través de las teselaciones; y estas construcciones de domos geodésicos que están realizados a través de las matemáticas, surgen de la necesidad o reto de construir una casa/refugio que permita la supervivencia de los humanos que han llegado a colonizar el planeta Marte.

La actividad, está basada en un *STEAM WORKSHOP*, es por ello, que se cataloga como una actividad-taller, la misma es realizada de manera extracurricular, es decir, fuera del aula de clases. Creemos que se realiza de esta manera dado que los materiales usados para la realización de la misma están basados en materiales concretos, el cual permite crear estructuras a pequeña escala que simulen estructuras de su entorno. Esta actividad no pertenece al currículo escolar, pero influyen en el desarrollo de habilidades matemáticas y capacidades creativas en la solución de problemas de manera innovadora al integrar variedad de contenidos escolares. El material *4D Frame* es de vital importancia dado sirve de medio y, además, genera motivación en los grupos de trabajo y en especial, permite que los estudiantes interactúen y observen como es la construcción de estos domos en la vida real (iglús).

Finalmente, la actividad-taller muestra como la integración del arte y las matemáticas en el enfoque STEAM permite al estudiante explorar y desarrollar conceptos matemáticos desde el arte y la creatividad. La necesidad de crear un producto, que resuelva el problema inicial (colonización de Marte) haciendo uso de la experimentación basada en el ensayo y error, la recreación y la reinención de los domos, hasta que este funcione y pueda superar las pruebas que se habían colocado. En este orden de ideas, se hace evidente que la actividad-taller tiene un problema inicial o reto y termina con la resolución del mismo a través de un producto, el cual debe ser expuesto a los demás integrantes del curso, haciendo evidente las herramientas y las

matemáticas usadas para resolver este reto, lo cual nos lleva a concluir que el artículo presentado sí es STEAM.

Respecto a las estrategias de enseñanza y aprendizaje, podemos concluir que los autores presentan una actividad-taller mediada a través del aprendizaje colaborativo; dado que cada estudiante del grupo participaba activamente en la construcción del domo y tenía una tarea específica durante el desarrollo de esta actividad-taller, esto con el fin de realizar un domo que pudiera satisfacer las condiciones y pudiera servir como casa colonizadora (relacionado con los iglús).

La actividad-taller esta mediada a través de un aprendizaje basado en fenómenos (ABF), en el cual se da prioridad a las inquietudes surgidas de la experiencia del mundo real que les rodea y situaciones de su contexto, cruzando los límites entre las asignaturas que demanda el análisis de la realidad Nudelman (2017) citado en Estrada et al. (2021) en este caso, construir un domo geodésico que pueda servir de refugio y como vivienda para los colonizadores del planeta Marte, lo anterior se logra a través de un dialogo constante y de la discusión entre los integrantes del grupo, es decir, el ensayo y error es de vital importancia en las construcciones de estos domos geodésicos, los cuales deben ser expuestos al final a los demás grupos.

Respecto al docente, este se planeta como un guía, dado que interviene muy poco, solo interviene cuando es llamado por los estudiantes, en este orden de ideas, el rol del profesor se considera de guía en el proceso educativo. Ahora bien, los estudiantes durante esta actividad están aprendiendo matemáticas a través de lo sensorial (materiales) con el uso de la herramienta educativa *4D Frame*, aspecto fundamental según el documento para fomentar la solución a problemas reales a través de la creatividad, aspecto fundamental del enfoque STEAM.

Un aspecto fundamental de las actividades STEAM es el contexto en el cual se enmarca la actividad, en este caso, tenemos un contexto ficticio (que entra en discordancia con la definición del ABF), dado que estamos colonizando Marte, aunque ya se han realizado misiones exploratorias a este planeta, aun no se ha determinado una colonización al mismo, por ende, podemos catalogar esta actividad dentro de un contexto ficticio, aunque tal vez en unos años el contexto sea real.

Conclusión. El documento aquí expuesto presenta una actividad-taller STEAM, en donde los estudiantes aprenden sobre arte y matemáticas, a través de la interdisciplinariedad de ambas áreas, haciendo evidente el uso de la creatividad (arte) para la construcción de los domos geodésicos, y a la vez, aprendiendo las matemáticas que están inmersas en las construcciones de estos domos, como lo son las teselaciones y la geometría de estos. Además, el uso de materiales concretos y de herramientas que simulan las construcciones reales (en este caso, el *4D Frame*) es de vital importancia para esta relación interdisciplinar, dado que estas mismas permiten observar, construir y reconstruir los domos, lo cual potencia la creatividad de los estudiantes y ayuda a los mismos a la resolución de la actividad planteada, y de esta forma las matemáticas y el arte se relacionan de manera interdisciplinar para aprender conceptos de ambas áreas, es decir, el enfoque STEAM.

Referencias bibliográficas

Fenyvesi, K., Brownell, C. S., Salmi, H., Park, H. G., Muntean, A., Kaukolinna, M., ... y Lavicza, Z. (2019). Environmental Problem-solving and Hands-on Geometry Learning through Storytelling inside a Geodesic Dome: Ice, Honey and Stardust. In *Bridges Conference Proceedings*. Tessellations Publishing.

Estrada, A. V., Espinoza, F. H. R., y Cervantes, R. E. (2021). Revisión Bibliográfica: Estrategia del Aprendizaje basado en Fenómenos. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(2), 1820-1835. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i2.386

Apéndice I. Protocolo de la sesión 9 de seminario de investigación**Seminario de Trabajo de Grado****Sesión:** 9**Relator:** Jeferson Alberto Rivera Carreño**Correlator:** Karen Margarita Gutiérrez Vanegas**Protocolante:** Luis Hernando Clavijo García**Documento:** Transdisciplinary integration and its implementation in primary education through two STEAM projects.**Fecha:** diciembre 13 de 2022**Actividades realizadas:**

1. Presentación del documento
2. Discusión y análisis
3. Conclusiones

Durante esta sesión, se aborda el artículo elaborado por: Carlos Lage-Gómez y Germán Ros. La exposición está a cargo del estudiante Jeferson Alberto Rivera Carreño, quien expone de manera general las secciones que componen el artículo en cuestión, haciendo énfasis en la actividad STEAM que se expone en el documento.

Presentación del documento. Este estudio sobre educación STEAM profundiza en una comprensión interdisciplinaria de la educación básica y el papel de las artes en dos proyectos STEAM a través del concepto de la gran idea. Involucró a 111 estudiantes de ocho grupos (11-12 años) del programa de Alta Capacidad, así como a cinco docentes y cuatro expertos externos. Los docentes e investigadores utilizaron observaciones de participantes y no participantes, grabaciones de video, entrevistas individuales y grupales, diarios de clase y cuestionarios,

triangulados y codificados por teoría operativa utilizando el software Atlas. Ti y análisis estadístico. Los resultados muestran la importancia de aprender y crear experiencias significativas en relación con altos niveles de motivación y satisfacción, así como la integración de diferentes disciplinas en un proceso participativo, en el que el arte juega un papel disciplinar e integrador.

Discusión y análisis. Es fundamental para el desarrollo de las sesiones identificar en conjunto si los artículos seleccionados en la propuesta de investigación presentan actividades que dejen en evidencia la relación interdisciplinar propia del enfoque STEAM. El estudio se desarrolló como parte de un programa público para estudiantes talentosos que voluntariamente brindan 16 lecciones gratuitas por curso entre octubre y mayo dos veces al mes durante dos sábados, cada lección con una duración de 90 minutos. La educación se organiza en áreas de conocimiento: humanidades, ciencias naturales y tecnologías, artes y habilidades sociales.

Este artículo presenta un estudio de Investigación-Acción Colaborativa, el aprendizaje cooperativo se corresponde con la división de tareas según la Teoría de la Actividad y es uno de los aspectos que se ha potenciado a lo largo del proyecto durante los dos ciclos de dos grupos de estudiantes. En donde se implementaron dos proyectos STEAM interdisciplinarios a través de las grandes ideas de fractales y grafos. Si bien existía la discusión de que estos temas no pertenecen al currículo de los estudiantes de educación primaria, secundaria o media, consideramos que es importante tener en cuenta el estudio de los fractales en estos grados ya que como sustenta (Gallardo, S, et al., 2006) Es necesario aterrizar temas que comprenden las características de la Geometría Euclídea y, además de la importancia que reflejan los fractales en la naturaleza se puede ver esta relación que la matemática tiene con el mundo real. Por otra parte, poder presentar ideas

matemáticas del currículo propio: semejanza de figuras, el infinito, etc. Para finalmente potencia la percepción espacial, abordar el complejo paso del plano al espacio y la idea de límite.

En el artículo se evidencia la relación interdisciplinar que existe entre el arte y las matemáticas y esto lo podemos observar en creación de fractales con distintas técnicas: papiroflexia, collage y pintura con burbujas, composición musical desde la fractalización de todos los parámetros, elaboración y musicalización de Haikus, performance artística de conjunto fractal, creación literaria, estructura de una obra, bordados, creación de una instalación artística y finalmente observar el arte fractal en la naturaleza.

Una recomendación que consideramos pertinentes es encaminar la actividad realizada por los autores a una en la que se pueda evidenciar el rol del profesor como guía y no como aquel que imparte conocimientos de forma magistral para que los estudiantes puedan desarrollar habilidades matemáticas y procesos creativos desde un enfoque interdisciplinar STEAM es necesario el planteamiento de un reto.

Se sugiere el diseño de una actividad que relacione los fractales y los mandalas dado que ambos involucran el uso de procesos repetitivos, simetría y constituyen patrones visualmente complejos que se crean de repetir una forma simple varias veces, estos pueden ser creados a partir de diseños geométricos, fórmulas y principios artístico-matemáticos que estén mediados por la manipulación de diferentes herramientas y técnicas de elaboración para el desarrollo de la creatividad.

La actividad propuesta consta en investigar, observar y seleccionar figuras de su interés (por ejemplo, inspirados en la naturaleza como conchas, hojas, copos de nieve, etc.) para realizar un proceso de geometrización de las formas de su alrededor y crear un mandala que simbolice

algún mensaje. Esta pieza artística debe unir aspectos matemáticos de los fractales y lo artístico de los mandalas en una sola composición.

Otros aspectos para tener en cuenta es que los mandalas pueden incluir simetría, proporción y repetición de formas.

La construcción de un mandala también puede implicar principios geométricos, como el uso de un compás y una regla acompañado de un proceso creativo ya que ayuda a estimular la imaginación y fomentar el desarrollo de nuevas ideas y perspectivas.

Conclusión. Finalmente, de acuerdo con el criterio refinado durante las sesiones previas, el documento analizado no presenta una actividad STEAM, dado que las áreas involucradas reflejan una relación multidisciplinar y no una relación interdisciplinar como se busca en este seminario. Ahora bien, cabe resaltar que este tipo de proyectos STEAM o que pretenden serlo, son importantes por la motivación y satisfacción que genera en los alumnos ya que la forma de trabajar permite resolver problemas de la vida real.

Dado que el documento analizado, no presenta una actividad STEAM, en el apartado de discusión y análisis, se ha presentado y sugerido una actividad para el artículo en cuestión, la cual sí presenta una relación interdisciplinar entre las áreas y, por ende, constituye una relación interdisciplinar que lo buscado durante este seminario.

Referencias bibliográficas

- Grupo, P. I., Gallardo, S., Martínez-Santaolalla, M. J., Molina, M., Peñas, M., Cañadas, M. C., y Crisóstomo, E. (2005). Experiencia en el aula de secundaria con fractales. 2006), Investigación en el aula de Matemáticas. La Geometría, 213-221.
- Lage-Gómez, C., y Ros, G. (2021). Transdisciplinary integration and its implementation in primary education through two STEAM projects (La integración transdisciplinar y su

aplicación en Educación Primaria a través de dos proyectos STEAM). *Journal for the Study of Education and Development*, 44(4), 801-837.

Zamora Cristancho, S. (2019). Estado del arte del aprendizaje de geometría fractal en educación básica en Colombia. Una exploración desde el constructivismo configuracional.