

Educación STEM: un estudio referente a la interrelación ciencia-matemáticas

Jaime Manuel Ardila Parra

Yurley Paola González Flórez

Yuli Andrea Pinzón Pabón

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 mi madre Azucena Parra por su esfuerzo, sacrificio, apoyo incondicional, por darme una carrera pensando en mi futuro y por siempre creer en mi capacidad. Sin su ayuda, no hubiese podido llegar a esta instancia y alcanzar este logro tan importante.

*Jaime Manuel Ardila Parra*

A mis padres, Vicente e Isabel, por ser mi apoyo incondicional y motivarme a ser exitosa y a mi hija, Salomé: mi razón de ser.

*Yurley Paola González Flórez*

A Carmen Pabón, mi madre, que, aunque no me acompaña en vida, me enseñó a nunca darme por vencida. A mis hermanas, Karen Pinzón y Luddy Pinzón, por su compañía y apoyo incondicional.

*Yuli Andrea Pinzón Pabón*

### **Agradecimientos**

*Principalmente a Dios, y a la vida que indudablemente marcha como debiera.*

*A nuestras familias por su apoyo para culminar nuestros estudios.*

*A la profesora Jenny Acevedo por su acompañamiento y esmero en la realización de este  
proyecto.*

*A los evaluadores, el profesor Jorge Fiallo, y la profesora Johanna Toloza, por sus aportes para  
mejorar este trabajo.*

*A nuestros amigos y compañeros, que nos brindaron su apoyo para lograr los objetivos.*

*Un agradecimiento especial a nuestros amigos Jaiver y Melanie por su acompañamiento.*

*Y a todos, los que, de alguna u otra manera, nos apoyaron económica, moral o espiritualmente.*

*¡Muchas gracias!*

**Tabla de Contenido**

	<b>Pág.</b>
Introducción.....	10
1. Objetivos.....	14
1.1 Objetivo general.....	14
1.2 Objetivos específicos.....	14
2. Justificación.....	15
3. Antecedentes.....	16
4. Marco teórico.....	21
5. Metodología.....	27
5.1 Enfoque metodológico y método.....	27
5.2 Diseño metodológico.....	28
5.3 Técnicas e instrumentos de recolección de la información.....	30
5.4 Fases de Investigación.....	30
6. Análisis de resultados.....	40
6.1 Situación formativa.....	41
6.2 Rol de los participantes en los procesos de enseñanza y de aprendizaje.....	44
6.3 Enfoques de integración disciplinar.....	47
7. Conclusiones.....	54
Referencias Bibliográficas.....	58
Apéndices.....	67

**Lista de tablas**

<b>Tabla 1</b> Prácticas STEM desarrolladas por la alfabetización STEM .....	25
<b>Tabla 2</b> Elección de base de datos documental.....	31
<b>Tabla 3</b> Elección de base de datos documental.....	33
<b>Tabla 4</b> Componentes Pedagógicos .....	35
<b>Tabla 5</b> Datos obtenidos según la clasificación de artículos elegidos .....	37
<b>Tabla 6</b> Datos obtenidos después de discutir los artículos elegidos .....	39
<b>Tabla 7</b> Actividades con enfoque STEM.....	42
<b>Tabla 8</b> Actividades sin enfoque STEM.....	42
<b>Tabla 9</b> Roles de los participantes.....	46
<b>Tabla 10</b> Enfoques de integración disciplinar presente en investigaciones analizadas.....	50
<b>Tabla 11</b> Enfoques de integración disciplinar presente en investigaciones analizadas.....	52

**Lista de Figuras**

**Figura 1** Propósito de la Educación STEM .....24

**Lista de Apéndices**

<b>Apéndice A</b> Relatoría de la sesión 1 .....	67
<b>Apéndice B</b> Relatoría de la sesión 2.....	76
<b>Apéndice C</b> Relatoría de la sesión 3 .....	82
<b>Apéndice D</b> Relatoría de la sesión 4 .....	93
<b>Apéndice E</b> Relatoría de la sesión 5.....	98
<b>Apéndice F</b> Relatoría de la sesión 6.....	104
<b>Apéndice G</b> Relatoría de la sesión 7 .....	109
<b>Apéndice H</b> Relatoría de la sesión 9 .....	122

### Resumen

**Título:** Educación STEM: un estudio referente a la interrelación ciencia-matemáticas \*

**Autor:** Jaime Manuel Ardila Parra, Yurley Paola González Flórez y Yuli Andrea Pinzón Pabón \*\*

**Palabras Clave:** STEM, ciencias, matemáticas, estrategias de enseñanza, interdisciplinariedad.

**Descripción:**

El presente estudio de corte cualitativo-descriptivo se centra en la recopilación y análisis de documentos de bases indexadas que exponen la educación STEM como una manera de integración interdisciplinar, la cual aporta en el ámbito profesional a maestros en formación. Lo anterior cobra sentido en un contexto donde los paradigmas están sustentados en estándares educativos convencionales centrados en una transmisión mecanicista. En este sentido, resulta relevante tener en cuenta las necesidades actuales de las aulas de clase y las expectativas que poseen tanto docentes como estudiantes. De esta manera, se pretende cumplir con el objetivo del presente estudio, el cual pretende identificar las estrategias de intervención en el aula basadas en experiencias interdisciplinarias de áreas STEM, principalmente en las áreas de ciencias y matemáticas, reportadas en estudios recientes. Es preciso especificar que dentro de la metodología del presente trabajo se hace necesario moderar y discutir los contenidos manifestados en la bibliografía electa y valorar los encuentros de retroalimentación del semillero STEAM de la Escuela de Educación de la Universidad Industrial de Santander.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ciencias. Escuela de Matemáticas. Licenciatura en Matemáticas. Directora: Jenny Patricia Acevedo Rincón. Doctora en Educación Matemática.

### Abstract

**Title:** STEM education: a study on the interrelationship between science and mathematic \*

**Author(s):** Jaime Manuel Ardila Parra, Yurley Paola González Flórez y Yuli Andrea Pinzón Pabón\*\*

**Key Words:** STEM, science, mathematics, teaching strategies, interdisciplinarity.

#### **Description:**

The present qualitative-descriptive study focuses on collecting and analyzing documents from indexed bases that expose STEM education as a way of interdisciplinary integration, which contributes in the professional field to teachers in training. This makes sense in a context where paradigms are based on conventional educational standards focused on mechanistic transmission. In this sense, it is important to consider the current needs of classrooms and the expectations of both teachers and students. In this way, it is intended to fulfill the objective of the present study, which aims to identify intervention strategies in the classroom based on interdisciplinary experiences of STEM areas, mainly in the areas of science and mathematics, reported in recent studies. It is necessary to specify that within the methodology of the present work, it is essential to moderate and discuss the contents manifested in the bibliography elected and to evaluate the feedback meetings of the STEAM seedbed of the School of Education of the UIS.

---

\* Degree Work

\*\* Department of sciences. Maths school. Adviser: Jenny Patricia Acevedo Rincón. PhD Math Education.

## Introducción

En la Declaración Universal de los Derechos Humanos expuesta por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), se menciona que la educación tiene como finalidad generar conocimientos, con el fin de dar lugar a un desarrollo íntegro de la personalidad y la consolidación del respeto hacia las personas. Ahora, en el caso particular de Colombia la educación “es determinada como un proceso de formación permanente, personal, cultural y social, fundamentada en una concepción integral de la persona humana, de su dignidad, de sus derechos y de sus deberes” (Ley 115, 1994, p.1). Si bien, los maestros deben prestar especial atención a dichas directrices que brindan instituciones especializadas, conviene trasladar la discusión hacia una de las problemáticas que atañen a los docentes que dirigen el área de matemáticas, la cual es el desinterés progresivo de los estudiantes por la asignatura. En este sentido, una de las razones por las que sucede lo anterior es el método de enseñanza mecanicista tradicional que ha primado durante generaciones. De acuerdo con lo anterior, Briones (2022) afirma “en la mayoría de los centros educativos aún se mantiene gran parte de la educación tradicional lo que repercute visiblemente en el desarrollo del aprendizaje de los adolescentes” (p.17). En este aspecto, es evidente que las dinámicas de enseñanza y de aprendizaje deben transformarse atendiendo a las necesidades contextuales en las que estas tienen lugar.

Asimismo, se evidencia que, si bien los docentes han sido preparados para guiar una asignatura, no necesariamente poseen las capacidades para construir propuestas que se fundamenten en la integración entre disciplinas a través de la transversalidad del conocimiento (Henze et al., 2007). Por ende, es relevante traer a discusión formas que permitan a los maestros

incorporar estructuras y herramientas para satisfacer necesidades de aprendizaje. Lo anterior, debido al progresivo avance de la educación ante propuestas didácticas interdisciplinarias que promueven reformas entre contenido y metodología que generen una amplia gama de experiencias significativas. Y, en este caso en particular, se trae a diálogo el modelo STEM (según sus siglas en inglés: *Science, Technology, Engineering y Mathematics*) como una vía para la integración de áreas tales como la ciencia y la matemática.

En este orden de ideas, es prudente traer a colación a Garcés (2009) citado en Figueroa (2013), donde menciona algunas necesidades presentes en las dinámicas de enseñanza y de aprendizaje de la actualidad:

[...] la desmotivación, el desinterés y la apatía de las nuevas generaciones frente a los modelos de educación que el sistema tradicional les ha ofrecido. Por lo tanto, esto exige a docentes, investigadores, directivos y a toda la sociedad que asuman el reto de promover nuevas estrategias de enseñanza y de actualización pedagógica y tecnológica (p.2).

Lo anterior, resulta un reto para los docentes del área de matemáticas, puesto que el panorama que se vive en Colombia, con respecto a la enseñanza de la asignatura, está estancado en propuestas mecanicistas, ya que dichas prácticas siguen sustentadas en formas tradicionales que inhiben la posibilidad de crear espacios de aprendizaje prácticos, los cuales posibiliten el desarrollo de habilidades cognitivas de alta complejidad de manera transversal.

En relación con lo previamente mencionado, es importante afirmar que el rol del docente de matemáticas debe estar en constante transformación atendiendo a la situación contextual de los estudiantes que tiene a cargo. En este sentido, Amaro (2012) como se cita en Lugo (2016), afirma que:

El docente debe pasar de (ser) transmisor de información a guía del proceso de aprendizaje, convertirse en un motivador y facilitador de recursos, diseñador de nuevos entornos de aprendizaje con TIC, adaptador y productor de materiales en distintos formatos, y evaluador de los procesos que se desarrollan en estos nuevos entornos (p. 118).

Por consiguiente, es preciso indagar en nuevas iniciativas educativas innovadoras como es el caso de la educación STEM. En este sentido, este modelo favorece el tratamiento de las matemáticas y ciencias de una manera integrada, lo anterior basado en aplicaciones en contextos reales. De acuerdo con ello, se concibe este enfoque como un acercamiento entre disciplinas de enseñanza, donde la precisión de nociones científicas progresa a través de tareas con fines didácticos que son efectuados en un entorno concreto y existente (García et al., 2017). De allí se deriva la pertinencia de trasladar la mirada hacia propuestas pedagógicas enmarcadas en dicha corriente educativa, debido a que, a través de estas los maestros puedan potenciar sus habilidades de diseño didáctico en su quehacer docente. En consecuencia, esta propuesta intenta dar respuesta a la siguiente pregunta de investigación: ¿Qué estrategias de enseñanza reportadas en investigaciones recientes son propuestas para promover la interdisciplinariedad entre ciencias y matemáticas a partir del enfoque STEM?

Por otro lado, conviene retomar STEM como estrategia de formación que se enfoca desde una perspectiva alterna al modelo tradicional del paradigma del ejercicio, pues posibilita una mirada crítica en los maestros en formación con respecto a la aplicación de las matemáticas en entornos transversales. Con ello, se pretende realizar una reflexión acerca de las prácticas inmersas en el país. Con lo anterior, se hace necesario mencionar que no se piensa al estudiante como una persona capaz de argumentar críticamente, sino, como un receptor de información para que pueda

resolver problemas matemáticos sin conocer por qué, ni para qué realiza dichas actividades. Así mismo, De Zubiría (2013) menciona que:

La escuela no ha formado individuos creativos, ni ha desarrollado en los niños y jóvenes la inteligencia práctica, el análisis, el conocimiento de sí mismo o la argumentación, pero que sí ha sido muy eficaz para formar individuos obedientes, cumplidores y adecuados para realizar trabajos mecánicos y repetitivos (p. 2).

De acuerdo con lo previamente mencionado, se trata de un conocimiento fundamental de la sociedad, pues hará del aprendizaje matemático un entorno que incluya e involucre al estudiante en el aprendizaje científico como matemático desde su realidad y entorno en el que vive. En este aspecto, cabe traer a discusión a Shulman (1986) citado por Fonseca y Castillo (2013) el docente debe desarrollar “competencias que le permitan, aunado a lo anterior, representar y formular los contenidos de su materia utilizando apropiadas ilustraciones, ejemplos, explicaciones y demostraciones, de tal manera que resulten comprensibles y accesibles para todos sus estudiantes” (p. 5). Por tal motivo, el rol de los docentes debe inclinarse hacia la constante innovación de su quehacer pedagógico.

Como futuros docentes de matemáticas, es trascendental enseñar de manera didáctica y crítica, para que incida positivamente sobre la práctica docente, y seguramente en la calidad de la educación. Puesto que, si se enseña ciencia junto a matemáticas, potencialmente, se involucra al estudiante como partícipe de los procesos y avances científicos que existen no sólo a nivel mundial, sino también desde su entorno como sociedad.

Dado que, al involucrarse en el proceso de un conocimiento científico que rige a la sociedad, se abren un gran abanico de posibilidades para la enseñanza de las matemáticas. Es así,

que se desarrolla un camino pedagógico propicio para el desarrollo del pensamiento matemático, científico y crítico. Es aquí donde las matemáticas cobran sentido analizarlas en entornos de investigación educativa, tal como es el caso del seminario de investigación. A continuación, se presentan los objetivos, y las bases teóricas que sustentan el presente estudio. En seguida, se realiza una descripción sustancial del plan metodológico del seminario. Finalmente, se presenta el análisis de la información recopilada en los encuentros del seminario, seguido de las conclusiones de los hallazgos obtenidos.

## **1. 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.

### **1.1 Objetivo general**

Identificar las estrategias de intervención en el aula basadas en experiencias interdisciplinarias de áreas STEM, principalmente ciencias y matemáticas, reportadas en estudios recientes.

### **1.2 Objetivos específicos**

Realizar un estudio bibliográfico sobre reportes de investigación recientes que publican sobre el desarrollo de estrategias a través de la relación interdisciplinar entre matemáticas y ciencias.

Sistematizar la información de las discusiones de las exposiciones sobre relación interdisciplinar (matemáticas y ciencias) ocurridas en el seminario de trabajo de grado.

## 2. Justificación

STEM como corriente educativa se establece en diversos países planteando una renovación en la enseñanza académica, priorizando el enriquecimiento de aprendizajes en las áreas de matemáticas, ciencia, ingeniería y tecnología. Ahora, cabe resaltar que STEM no es una metodología de enseñanza o un nuevo modelo pedagógico. Así pues, STEM es un campo de conocimientos conformados por áreas que se complementan entre sí, es decir, se trata de una corriente educativa que propone un cambio en la enseñanza actual. Es posible añadir que con la particularidad de que el proceso de enseñanza-aprendizaje ya no se centre en el profesor, sino que estimule el aprendizaje colaborativo, la comunicación, la habilidad de resolver problemas, el pensamiento crítico y el aprendizaje activo por parte de los educandos. Generando así, mejorar la formación en competencias de los estudiantes en matemáticas, tecnología, ingeniería y ciencia, para afrontar los nuevos retos que se vienen generando en el presente siglo.

Por otro lado, en Colombia la educación STEM, no ha sido desarrollada como política de estado. Sin embargo, algunos grupos de investigación y algunas universidades vienen trabajando con este movimiento. Como, por ejemplo, las aulas STEAM, que son una iniciativa que tienen como finalidad consolidar la calidad educativa mediante la mejora de los entornos interactivos con enfoque STEAM. Al respecto, ETNOCIENCIAS (s.f) menciona:

En Colombia la educación STEM todavía es incipiente con algunas iniciativas en algunas universidades como Los Andes con pequeños científicos, la Universidad Minuto de Dios, EAFIT, Parque Explora, el British Council, la Fundación Compartir, el proyecto STEM+H de la secretaría de Educación de Medellín y algunos colegios privados como el

Panamericano en Floridablanca, el cual fue certificado como la primera institución STEM del país (párr. 1).

Lo anterior, permite entrever que en el territorio colombiano esta propuesta se encuentra en crecimiento y estudio, puesto que de manera gradual los maestros se inclinan hacia la implementación del modelo con el objetivo de mejorar las prácticas educativas. En este aspecto, es interesante traer a colación que, en Colombia se propone el enfoque no solo en estas áreas cognitivas, sino que, incorpora este modelo para potenciar habilidades no cognitivas como el liderazgo, la creatividad, la resolución de problemas, las comunicaciones efectivas, la interdisciplinariedad, entre otras cualidades que se consideran hoy en día esenciales para poder triunfar en el sector laboral (AMCHAM, 2019).

Así pues, resulta relevante comentar que para la investigación educativa estas estructuras interdisciplinarias como STEAM posibilitan crear espacios dinámicos en los que se trabajen habilidades de forma híbrida en las aulas de clase. Es relevante mencionar que la Universidad Industrial de Santander inicia su camino STEAM al dar apertura a esta línea de investigación como parte del grupo de investigaciones educativas ATENEA de la Escuela de Educación, y, en consecuencia, las actividades promovidas desde el semillero STEAM, contexto en el cual tuvo lugar la ejecución del presente proyecto en la modalidad de seminario de investigación.

### **3. Antecedentes**

En el presente apartado se presenta la revisión de documentos sobre STEM que contribuyen en el desarrollo del presente estudio. De dichos estudios es necesario mencionar que se tratan de

propuestas de diseño en las que se pretenden articular las ciencias y las matemáticas. Sin embargo, conviene puntualizar que estos pueden referir no necesariamente a propuestas STEM, debido a que en la ejecución del seminario se planteó analizar múltiples referencias bibliográficas que permitieran identificar las características de STEM. A continuación, se hará un barrido por los mismos acentuando, fundamentalmente, en los aportes significativos para el presente proyecto investigativo.

Inicialmente, se exhiben estudios de carácter internacional que fijan su mirada, especialmente, en proyectos STEM, los cuales aportaron en gran medida al presente trabajo investigativo, ya que ofrecen múltiples perspectivas acerca de este enfoque. Así como también, bases conceptuales, técnicas y metodológicas para la revisión documental que tuvo lugar durante el seminario de investigación.

En primer lugar, se encuentra la investigación de Johnston, et al. (2020), llamado *Apoyando los aspectos clave de la práctica para hacer que las matemáticas sean explícitas en las lecciones de ciencias*, desarrollado en Irlanda. El mencionado estudio expone la manera en que los investigadores de educación en ciencias y matemáticas apoyaron a docentes de estas mismas áreas pertenecientes a una comunidad de práctica llamada: *Red de Enseñanza y Aprendizaje*. Esta investigación se desarrolló bajo una perspectiva cualitativa de tipo estudio de caso, puesto que permitió construir una representación detallada del modelo de enseñanza y aprendizaje (*TLN*, según sus siglas en inglés) y la integración de las matemáticas con la ciencia. Lo anterior, a través del uso de fuentes de datos, experiencias y perspectivas de los docentes de ambas disciplinas. En ese aspecto, se concluye que el modelo *TLN* es necesario para apoyar a los docentes, enfatizando a aquellos que integran las disciplinas en mención. Adicionalmente, es relevante manifestar que,

en dicho trabajo se resalta la importancia de desarrollar un modelo curricular de apoyo a la integración, centrándose en la forma de conectar los currículos de matemáticas y ciencias a nivel escolar, para implementar el uso de materiales didácticos pertinentes a las propuestas de aula. En conclusión, es un estudio que tiene como iniciativa promover la integración de ambas disciplinas, con el apoyo de la tecnología, lo cual permite identificar la manera en que los docentes pueden utilizar diferentes estrategias en el aula por medio de un modelo educativo que apoya la integración de disciplinas, lo cual es de suma importancia para el análisis documental llevado a cabo a lo largo del seminario.

Una segunda investigación que aporta teóricamente al presente trabajo corresponde a la de Samková, et al. (2021) llamada *Una evaluación conjunta del razonamiento sobre declaraciones generales en matemáticas y biología*, realizado en República Checa. Este trabajo de tipo empírico cualitativo se centró en el aprendizaje mediante la indagación y la evaluación formativa en la educación en ciencias-matemáticas y la educación STEM. Cabe mencionar que, los participantes de este estudio fueron alumnos de maestría en educación. En esta investigación, se emplea una herramienta educativa llamada *Concept Cartoons*, la cual funciona como diagnóstico para conocer modos de razonamiento sobre los enunciados generales en aritmética, geometría y biología. En este orden de ideas, entre los resultados de la investigación se muestra cómo la argumentación y la evaluación formativa pueden entenderse por igual y, en consecuencia, desarrollarse simultáneamente en ambas materias escolares, ayudando a integrar didácticamente las dos materias. En este sentido, conviene señalar que este estudio permitió observar de forma puntual la biología junto con las matemáticas multidisciplinariamente, lo que permitió diferenciar de otros

estudios con enfoque interdisciplinar, para luego hacer el análisis en la ejecución del seminario de investigación.

Por otro lado, se destaca la investigación de Hrynevych, et al. (2022), que aporta metodológicamente al presente trabajo debido a su método de investigación, se titula *La educación STEM en el contexto de la mejora de la competencia científica y matemática de los alumnos*, realizada en Kiev. El objetivo de este estudio se estructuró en tres tareas principalmente: la primera, en probar la viabilidad de utilizar la integración de disciplinas como condición para la ejecución de la educación STEM; la segunda, en identificar problemas en la comprensión de los profesores de la esencia del proceso de integración, la introducción de un curso integrado en ciencias naturales y, finalmente, en preparar recomendaciones para las instituciones de educación secundaria general para una mayor implementación de la educación STEM.

En este sentido, en el estudio mencionado, el método de investigación se basó en analizar literatura científica y pedagógica en cuanto a la educación STEM, literatura metodológica sobre desarrollo de tareas integradas orientadas a la práctica en matemáticas, geografía, física, química y biología y, en métodos de estadística para presentar resultados de investigación. En este punto, cabe aclarar que los integrantes de este estudio fueron alumnos, docentes y directivos de escuelas de Kiev. Además, se tuvo en cuenta que no solo los estudiantes debían tener conocimientos en ciencias, ya que, las tareas integradas, requerían de la aplicación de conocimientos matemáticos. En suma, como resultado se ofrecen una serie de recomendaciones para todas las instituciones, en cuanto a la implementación de la educación STEM. Por ende, debido a la revisión documental de esta investigación, nos da un punto de partida sobre un acercamiento conceptual de STEM.

Asimismo, Trigueros (2018) en su artículo llamado *Integración de la física y la matemática mediante problemas de modelación*, plantea como objetivo fomentar el aprendizaje de los alumnos, ello a través del uso recurrente de problemas que permitan la modelación matemática de una situación real; en este caso, determinar la velocidad final de un paracaidista que se lanza desde un avión, así, este estudio realizado en México muestra una breve descripción del trabajo de cálculo diferencial e integral con alumnos de secundaria, introduciendo el tema de la derivada implícita y las ecuaciones diferenciales. Por lo cual, la estrategia consistía en que los estudiantes trabajaran individualmente y luego discutieran en grupo sus ideas, permitiéndoles que usaran las fuentes de información que desearan. Asimismo, se muestra cómo los estudiantes abordaron el problema con conceptos de física, eligiendo modelos matemáticos para resolver el problema planteado, y señalando como podían trabajar el problema de distintas formas.

Finalmente, se concluye que, aunque se tome tiempo planificar una experiencia de modelación, es fundamental que exista colaboración entre docentes para que se generen resultados admirables en cuanto a la adquisición de nuevos saberes relacionados a estas áreas. En este orden de ideas, este estudio permitió comprender cómo los estudiantes pueden utilizar conceptos ya incorporados en sus estructuras cognitivas para ponerlos en diálogo con el desafío que supone ejecutar un proyecto. Así pues, se valoró como un punto de partida para reconocer las características básicas para aplicar en un proyecto con enfoque STEM.

Desde una mirada nacional sobre la integración disciplinar entre matemáticas y ciencias, se encuentra el trabajo de Cano, et al. (2018) llamado *Un juego de rol para el análisis de un modelo matemático en ecología*, realizado en Medellín. Este artículo presenta las evidencias de una experiencia de análisis de modelos matemáticos llevadas a cabo por treinta alumnos de décimo

grado de una institución educativa colombiana, relacionadas con el índice del valor de importancia de una especie. Todo esto surgió por la construcción de un puente en la ciudad, donde algunos sectores que estaban en contra de aquella obra, debido a la angustia por el daño ambiental y las afectaciones para los árboles. Lo cual sirvió como inicio para que los educandos se comprometieran con el estudio de factores ambientales y modelos matemáticos que se utilizan para estudiar esos factores. Para ello, los alumnos utilizaron la ubicación de cada árbol, con el fin de determinar la frecuencia relativa de cada especie para valorar la capacidad de colonización del espacio de estas. De igual manera, se utiliza el concepto de área basal para enlazar el perímetro de la circunferencia de un árbol. Finalmente, los estudiantes logran presentar sus argumentos en cuanto al uso de los modelos matemáticos, señalando cuáles fueron las variables ambientales y las conclusiones que nacen de esos modelos.

#### **4. Marco teórico**

En este capítulo, se describen los aspectos teóricos que sustentan el presente trabajo, los cuales giran en torno al enfoque STEM, un programa iniciado en la década de los 90 en Estados Unidos, como respuesta a la demanda, en términos de formación, para generar un cambio tecnológico y científico, conforme al cambio y la globalización en auge para la época. Desde allí, el espíritu STEM se inspiró en una educación interdisciplinar, científica, progresiva, holística para enfrentar desde el conocimiento, los principales desafíos de la sociedad. Si bien, STEM es un enfoque cuyos resultados son incipientes, en la actualidad ha sido valorado positivamente para el desarrollo de la enseñanza y es ampliamente discutido por investigadores en el campo de la

educación (López, et al., 2020). Es importante mencionar, que del enfoque STEM, han surgido otras variantes, como STEAM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Arte y Matemáticas); y STEM+H (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Matemáticas y Humanidades), estos movimientos han ampliado su articulación con otras disciplinas, en busca de la sostenibilidad, la disminución en la brecha de género, acceso y mejoramiento a las condiciones laborales, vinculación con la educación superior, desarrollo de la creatividad, entre otros. Estos enfoques, preservan el espíritu interdisciplinar de STEM, pero agregan otras disciplinas que pueden ampliar su nivel de impacto en la sociedad.

De lo anterior, el presente trabajo se sustenta teóricamente en la educación STEM, la cual busca el desarrollo de competencias interdisciplinarias enmarcadas en la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas (de allí el acrónimo STEM, en inglés) competencias, que, desde este enfoque, deben promoverse desde la escuela, y son necesarias para generar oportunidades de progreso científico-tecnológico para la sociedad.

Ahora bien, sobre la definición de Educación STEM, autores como Breiner, et al. (2012), a través de su estudio comparativo concluyen que la noción de STEM tiende a confundirse con una propuesta compuesta por disciplinas fragmentadas, lo cual deja entredicho lo que, al igual que, Martín-Paéz et al. (2019), quienes mencionan que no hay un acercamiento conceptual, es decir, en su investigación concluyeron que autores precedentes se acercaban a la definición de otras corrientes, más no de STEM. Por ende, es preciso mencionar que no hay una claridad conceptual acerca de este enfoque. A lo anterior se añade lo mencionado por Aguilera et al. (2021), pues reconocen que no hay un consenso para definir dicho enfoque.

No obstante, autores como Shaughnessy (2013) definen a STEM como una herramienta para la resolución de problemas científicos y matemáticos, a través de la ingeniería y la tecnología.

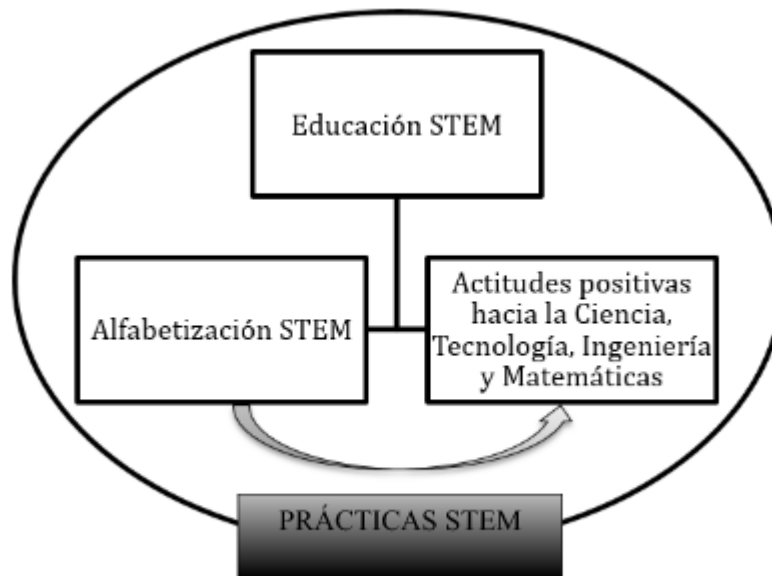
En la misma línea, Sanders (2008), indica que se trata de una educación integrada, tratándose de un enfoque de enseñanza basado en el diseño tecnológico o de ingeniería, que integra intencionalmente contenidos conceptuales y procedimentales de la educación científica y/o matemática con los conceptos de naturaleza práctica propios de la educación tecnológica y de la ingeniería. Añadido a lo anterior, Vargas et al. (2021), mencionan que la característica principal de STEM es su enfoque interdisciplinario que posibilita la integración de áreas, aunque ese enfoque está en tendencia, es común algunas concepciones de cómo o qué se deben enseñar en las cuatro disciplinas e integrarlas, no obstante, no es completamente sólido.

En este punto, conviene traer a discusión lo propuesto por Domenèch (2019), quien indica que es más razonable pensarse el enfoque a la inversa, es decir, para desarrollarlo es necesario enseñar ciencias de tal forma que los estudiantes desarrollen los conocimientos y habilidades necesarios para abordar problemas que en STEM se les plantean. Con lo anterior, es posible considerar un desafío, el cual sería pensar en qué tipo de aportes genera STEM al desarrollo del pensamiento científico y tecnológico desde la interdisciplinariedad, asimismo, qué tipo de competencias pueden desarrollarse en este pensamiento y cómo hacerlo en el aula de clase.

Conviene afirmar que este trabajo se recoge en la definición propuesta por Vásquez et al. (2013) que, siguiendo la línea de los autores citados, sostiene que STEM es un enfoque educativo de carácter curricular, e interdisciplinario que integra la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas, en un contexto real que suscita experiencias significativas de aprendizaje. En este orden de ideas, los elementos teóricos fundamentales para este trabajo giran en torno al *desarrollo de la alfabetización STEM* para promover actitudes positivas hacia las disciplinas involucradas. (p. 4). Lo anterior, se ilustra en la figura 1

**Figura 1**

*Propósito de la Educación STEM*



Fuente: Adaptado de (Aguilera et al., 2021)

Al respecto, la *alfabetización STEM*, de acuerdo con López et al., (2020) es el conjunto de *prácticas*<sup>2</sup> para el desarrollo de competencias que permitan la construcción de ciudadanos críticos y productivos, que integren conocimientos científicos y tecnológicos para propiciar mejores oportunidades para su entorno. Al respecto, Couso (2017) citado en Vásquez et al. (2013) conciben esta alfabetización como la promoción de la capacidad para pensar y actuar en términos interdisciplinarios en busca de solucionar creativamente problemas altamente complejos (de la ciencia y la matemática) mediante los recursos tecnológicos y de ingeniería disponibles.

---

<sup>2</sup> Hace referencia a las prácticas por parte del estudiante para configurar un conocimiento STEM.

Estas prácticas, denominadas por la literatura como *prácticas STEM*, surgen de la alfabetización STEM, y se relacionan con las acciones concretas, posterior a un pensamiento reflexivo, por parte del estudiante. Respecto a las prácticas STEM que deben promoverse en el aula, López et al. (2020) de acuerdo con Vásquez et al. (2013), esbozan algunas de ellas en la Tabla 1.

**Tabla 1**

*Prácticas STEM desarrolladas por la alfabetización STEM*

<b>Prácticas científicas</b>	<b>Prácticas ingenieriles</b>	<b>Prácticas matemáticas</b>
Plantearse preguntas	Definir problemas	Comprender los problemas y perseverar para resolverlos
Desarrollar y utilizar modelos	Desarrollar y utilizar modelos	Representar con modelos matemáticos
Planificar y realizar investigaciones	Planificar y realizar investigaciones	Utilizar estratégicamente las herramientas adecuadas
Analizar e interpretar datos	Analizar e interpretar datos	Buscar la precisión
Utilizar el pensamiento matemático y computacional	Utilizar el pensamiento matemático y computacional	Razonar de manera abstracta y cuantitativa
Construir explicaciones	Diseñar soluciones	Buscar y usar estructuras
Argumentar en base a pruebas	Argumentar en base a pruebas	Construir argumentos válidos y ofrecer una crítica al razonamiento de otros
Obtener, evaluar y comunicar información	Obtener, evaluar y comunicar información	Buscar y expresar regularidad en razonamiento repetitivo

*Nota.* Tomado de López et al., (2020), la cual propone las prácticas científicas, ingenieriles y matemáticas, mediadas por la tecnología.

Como se ilustró en la figura 1, estas prácticas STEM componen también actitudes positivas hacia la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas. Estas actitudes son transversales y se generan mediante las prácticas que se enumeran en la tabla 1. Es importante reconocer, que estas habilidades blandas se encierran también dentro del propósito de STEM, dado su carácter

holístico e interdisciplinario, y su aporte al desarrollo de competencias para un ciudadano que aporte al progreso social, fin último del enfoque STEM, y de la educación en general.

En esa línea, el enfoque STEM presenta cuatro etapas para su desarrollo análogas a las disciplinas que lo integran (Calle-Chumo, 2022). En cuanto a la *ciencia*, se tiene el método científico como eje primordial, obteniendo sentido a partir de la observación y la experimentación de campos principalmente naturales y físicos. Para la *tecnología*, que implementa conocimientos, técnicas y herramientas que ejecutan el funcionamiento de sistemas. Asimismo, se tiene a la *ingeniería* que impulsa el diseño y construcción, con lo cual se aporta a la solución de problemas de la sociedad. De esta manera, se indica la *matemática* como aquella rama que aplica cálculos cuantitativos y estudio de variantes, permitiendo valorar tanto el razonamiento como la argumentación.

En suma, a partir del acercamiento teórico de este enfoque permite contemplar una vía para el desarrollo de múltiples habilidades que involucran tanto a los docentes como a los estudiantes, pues al tratarse de un proyecto innovador, da cabida a que se desenvuelven en la vida cotidiana promoviendo el pensamiento crítico, lógico y reflexivo, con el fin de tener un impacto positivo en los procesos de enseñanza y de aprendizaje. Con lo anterior, se hace posible vislumbrar propuestas enmarcadas en educación STEM y analizar las estrategias de intervención en el aula a través de la relación interdisciplinar de las áreas STEM, principalmente ciencias y matemáticas.

## **5. 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, seguido del diseño metodológico, el cual se compone de tres fases: aproximación, caracterización e incorporación.

### **5.1 Enfoque metodológico y método**

En el marco de la presente investigación se enuncia el desarrollo de procedimientos prácticos dentro de este apartado denominado metodología. Por ello, es relevante mencionar que el estudio elaborado es cualitativo, lo cual según Guerrero (2016) se trata de comprender una circunstancia social, la cual se distingue por el estudio de las propiedades descriptivas. De acuerdo con esto, se ahonda en propuestas educativas con enfoque STEM, es decir, el eje focal del presente informe es dar cuenta de lo ocurrido durante el seminario de investigación.

De acuerdo con lo anterior, conviene aclarar que este estudio se planteó como seminario, debido a que, se contó con una participación activa por parte de los integrantes, ya que no solo la directora del mismo intervenía, sino todos hacían aportes desde los roles que cada uno desempeñaba, empleando un diálogo permanente y, compartiendo los conocimientos adquiridos en miras a reflexionar sobre las propuestas didácticas enmarcadas en este enfoque.

En este orden de ideas, se manifiesta en la presente investigación tanto la recopilación como el análisis previo de información documental acerca de la educación STEM, la cual tuvo como fin comprender situaciones que se tienen día a día en instituciones educativas y así se puedan consolidar con el apoyo de un plan educativo interdisciplinar en conexión a áreas de ciencias y

matemáticas. En relación con lo afirmado, se contemplaron teorías, contextos, actividades y proyectos que favorecen el enfoque de una visión actualizada a nuestros días.

Posteriormente, se dio paso a la escritura del informe final que enuncia estrategias que beneficien concepciones entre educandos y educadores que implican una interrelación en áreas STEM, con lo cual se determinó la estructura de este apartado. Todo lo anterior en asociación a situaciones cercanas a los participantes, además de la preparación de pensamientos, conocimientos y habilidades desde el entorno educativo en beneficio del desarrollo de futuros ciudadanos del mundo.

## **5.2 Diseño metodológico**

El presente informe es realizado en la extensión del periodo académico 2022 por parte de tres estudiantes de la Licenciatura en Matemáticas como parte del Trabajo de Grado autorizado previamente por la Escuela de Matemáticas bajo la modalidad de seminario de investigación y el apoyo del Semillero de Investigación STEAM por la Escuela de Educación de la Universidad Industrial de Santander ubicada en Colombia.

El equipo del seminario fue vital para que cada sesión se ejecutara exitosamente para el avance de esta investigación. Este proyecto se conformó de tres estudiantes, los cuales adoptaron roles rotativos, salvo por el de la directora del proyecto. Así pues, el papel de cada uno de los integrantes de este seminario, según los Lineamientos de la modalidad de Seminario de Investigación fueron: relator, correlator y protocolante. En primer lugar, el relator fue el encargado de exponer el tema correspondiente en la sesión del seminario, asimismo, estimuló la discusión y despertó el interés por el mismo. En este punto, cabe mencionar que, la exposición en este seminario se hizo desde un enfoque informativo, al citar con exactitud las fuentes y hacer un

barrido a modo de discusión del contenido. Por otro lado, se encuentra, el correlator, cuyo rol se centró en apoyar al relator durante la exposición, planteando su reflexión y postura frente al tema. Por último, se ubica el protocolante, quien describe en un documento los momentos clave de las sesiones del seminario atendiendo al orden como fueron desarrolladas (Vicerrectoría Académica UIS, 2007).

En contraste, se desarrolló este seminario alrededor de fuentes bibliográficas que exhibieron proyectos STEM, con el fin de discutir acerca de los mismos. Lo anterior, a través de las nueve sesiones planeadas para ello, y así, generar fundamentos investigativos para los futuros docentes.

Antes de iniciar el seminario, se definió la bibliografía para estudiar el tema seleccionado, pero se tuvo en cuenta que se podía cambiar algunas fuentes a partir de una revisión profunda mediante una serie de criterios que a lo largo del presente apartado se definirán. Luego, se programaron las sesiones, asignando los roles respectivos para cada sesión. Finalmente, para la ejecución del plan de trabajo del seminario presentado, que consistió en llevar a cabo lo establecido en la planeación, es decir, en la teoría recolectada a través de documentación en torno al objeto de estudio, lo cual conlleva un diseño descriptivo de situaciones o casos que se ejecutan mediante recopilación, análisis y presentación de información obtenida.

Asimismo, se proporciona el complemento de los objetivos planteados que promueve la comprensión de la educación STEM, principalmente, en integración ciencia-matemática, lo cual abarca evidencias entre diversos artículos que se han trabajado con anterioridad en la rama y que proporcionan material de estudio, como también, de mejora en estudiantes que pueden ser favorecidos con educación que relacione las áreas a trabajar como propuesta innovadora.

### 5.3 Técnicas e instrumentos de recolección de la información

Para realizar la búsqueda de los documentos que orientaron el presente trabajo investigativo, se tuvo en cuenta una rejilla de *Excel* que estaba organizada por categorías, tales como: nombre del artículo, autor, año y DOI. También, es necesario aclarar que, para dicha búsqueda fue necesario delimitar y, para ello, se usaron filtros de búsqueda en las bases indexadas, las cuales se muestran a continuación:

```
TITLE-ABS-KEY ( (SCIENCE) AND (STEM) 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" ) ).
```

En este punto, es preciso traer a mención que con el filtro anterior fue posible indagar en los documentos para iniciar con la revisión bibliográfica y plantear los encuentros de discusión en las sesiones del seminario.

### 5.4 Fases de Investigación

Ahora bien, es preciso comentar que para llegar a formular el presente informe fue posible mediante el desarrollo de las fases planteadas para el proyecto, las cuales son: fase de aproximación, fase de caracterización e incorporación.

Para iniciar, durante la *fase de aproximación* se inició la indagación de documentos sobre educación STEM, principalmente relacionados con áreas entre ciencias y matemáticas. En esta parte se determinaron los criterios de selección, los cuales se fueron delimitando para el desarrollo de la investigación.

Con miras a llevar a cabo la presente fase, es preciso mencionar que se sustentó en la búsqueda de documentos que abordaran proyectos con enfoque STEM, principalmente, que fijaran su mirada en la interrelación entre ciencia-matemática. Así pues, se hizo uso de dos bases indexadas, las cuales son: *Scopus* y *Web of Science*. Lo anterior permitió la búsqueda de referencias bibliográficas electrónicas que enfocaron el dinamismo y precisión al destacar datos que aportaron al estudio, a través de nueve documentos recopilados. Estos debían cumplir con criterios de selección tales como: relevancia y tiempo reciente, menor a cinco años. A continuación, en la tabla 2 se exhiben los documentos elegidos inicialmente.

**Tabla 2**

*Elección de base de datos documental*

<b>Título del documento (artículos científicos)</b>	<b>Autor(es)/Año</b>	<b>Enlace (web o DOI)</b>
<i>One instructional Sequence Fits all? A conceptual Analysis of the Applicability of Concreteness fading in Mathematics, Physics, Chemistry and Biology Education.</i>	Kokkonen, T & Schalk, L. (2020)	<a href="https://doi.org/10.1007/s10648-020-09581-7">https://doi.org/10.1007/s10648-020-09581-7</a>
<i>Development of STEM education learning unit in context of Vietnam Tan Cuong Tea village.</i>	Tinh, P. T., Duc, N. M., Yuenyong, C., Kieu, N. T., & Nguyen, T. (2021)	<a href="https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1835/1/012060">https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1835/1/012060</a>
<i>Teaching Mathematics through interdisciplinary projects: a case study of Vietnam.</i>	Phuong Chi, N. (2021)	<a href="https://doi.org/10.18488/journal.61.2021.94.656.669">https://doi.org/10.18488/journal.61.2021.94.656.669</a>
<i>Enlightening students: optics applications in the math classroom.</i>	Donnelly, M. & Donnelly, J. (2019)	<a href="https://opg.optica.org/abstract.cfm?uri=etop-2019-11143_56">https://opg.optica.org/abstract.cfm?uri=etop-2019-11143_56</a>
<i>Integrating math and science content through covariational reasoning: the case of gravity.</i>	Panorkou, N. & Erell Feb, G. (2020)	<a href="https://doi.org/10.1080/10986065.2020.1814977">https://doi.org/10.1080/10986065.2020.1814977</a>

<i>STEM education in the context of improving the science and mathematics literacy of pupils.</i>	Hrynevych, L., Khoruzha, L., Rudenko, N. & Proshki, V. (2022).	<a href="https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/2288/1/012031">https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/2288/1/012031</a>
<i>The Mathematics of a Watershed Year.</i>	Lahme, B. & Shott, M. (2020)	<a href="https://doi.org/10.1080/10511970.2020.1712504">https://doi.org/10.1080/10511970.2020.1712504</a>
<i>Measurement in Primary School Mathematics and Science Textbooks.</i>	Montoro, A., Aguayo, C. & Flores, P. (2021)	<a href="https://doi.org/10.3390/math9172127">https://doi.org/10.3390/math9172127</a>
<i>Planting food sustainability thinking and practice through STEM in the garden.</i>	Turner, A., Logan, M. & Wilks, J. (2021)	<a href="https://doi.org/10.1007/s10798-021-09655-9">https://doi.org/10.1007/s10798-021-09655-9</a>

*Nota.* Se expone la elección inicial de las referencias bibliográficas electrónicas (buscadores: *Scopus, Web of Science*).

Con lo anterior, se enuncian las nueve referencias iniciales que muestran la revisión de la literatura que se recolectó en el proceso de indagación. Con ellas se fue sistematizando la información recolectada bibliográficamente y se fueron generando los avances iniciales de la presentación del trabajo.

En la fase *de caracterización* se seleccionó toda la información recolectada para analizarla, luego de que el relator expuso el primer documento, se establecieron nuevos criterios de selección para lograr el objetivo del seminario. En consecuencia, se hizo evidente la necesidad de omitir algunos documentos preseleccionados, y en cada sesión fue progresivamente aclarándose el panorama para llegar a entender lo que supone un proyecto STEM.

Ahora, es pertinente mencionar que los documentos expuestos en la tabla de la fase anterior mostraban aparentemente propuestas didácticas catalogadas como STEM. No obstante, tan pronto que se realizó el análisis del documento respectivo para la primera sesión, se evidenció que este no se ajustaba a las categorías de análisis inicialmente estipuladas en el seminario. Por tal motivo,

se procedió a realizar una inspección de los documentos restantes, con ello, se pudo determinar que algunos de estos no cumplían con lo requerido. Por ende, se consultó nueva documentación donde, efectivamente, se garantice el enfoque STEM. A continuación, en la tabla 3 se exhiben los documentos finales elegidos según los criterios de selección mencionados.

**Tabla 3**

*Elección de base de datos documental*

<b>Título del documento (artículos científicos)</b>	<b>Autor(es)/Año</b>	<b>Enlace (web o DOI)</b>
<i>Integrating math and science content through covariational reasoning: the case of gravity</i>	Panorkou, N. & Erell Feb, G. (2021)	<a href="https://doi.org/10.1080/10986065.2020.1814977">https://doi.org/10.1080/10986065.2020.1814977</a>
<i>Teaching mathematics through interdisciplinary projects: a case study of Vietnam.</i>	Phuong Chi, N. (2021)	<a href="https://doi.org/10.18488/journal.61.2021.94.656.669">https://doi.org/10.18488/journal.61.2021.94.656.669</a>
<i>Planting food sustainability thinking and practice through STEM in the garden.</i>	Turner, A., Logan, M., & Wilks, J. (2022)	1413-1439. 10.1007/s10798-021-09655-9
Educación STEM: integrar conceptos de fotometría a la clase de matemática usando tecnología.	Costa, V. A., Rizzo, K. A., Gallego Sagastume, J. I. (2019)	<a href="https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/26551">https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/26551</a>
<i>Nature-based education: using nature trails as a tool to promote inquiry-based science and math learning in young children.</i>	Lee, C. K., & Ensel Bailie, P. (2019)	10.1080/00368121.2020.1742641
<i>Connecting Mathematics and Science in Primary School STEM Education: Modeling the Population Growth of Species.</i>	Gamboa, G. d., Badillo, E., Couso, D., & Márquez, C. (2021)	10.3390/math9192496
<i>STEM Integration in Sixth Grade: Designing and Constructing Paper Bridges.</i>	English, L. D., & King, D. (2019)	10.1007/s10763-018-9912-0

---

<i>Elementary School Student Development of STEM Attitudes and Perceived Learning in a STEM Integrated Robotics Curriculum.</i>	Ching, Y., Yang, D., Wang, S., Baek, Y., Swanson, S., & Chittoori, B. (2019)	10.1007/s11528-019-00388-0
---	--	----------------------------

---

<i>STEM Learning Based on Aircraft Design: An Interdisciplinary Strategy Developed to Science Clubs Colombia</i>	Mosquera Rivadeneira, F., Cisneros Insuasti, N. D., Bravo Mosquera, P. D., & Avendaño Uribe, B. (2019)	10.18667/cienciaypoderaereo.629
--	--	---------------------------------

---

*Nota.* Se expone una nueva selección de referencias bibliográficas electrónicas.

Lo anterior, exhibe las nueve últimas referencias que se llevaron a cabo en la ejecución del seminario, con el fin de discutir las en las sesiones y así dar paso al respectivo análisis documental a partir de las categorías de interés. De la misma manera, esta revisión permitió la distinción entre propuestas STEM y las que aparentaban ser STEM.

En la *fase de incorporación* se tuvo como base cada una de las reflexiones producto de la discusión activa en los encuentros del seminario de investigación, los textos descriptivos de las mismas y la base teórica del proyecto, se procedió a la formulación del presente informe. Por ende, es prudente traer a colación la presencia de los componentes pedagógicos encontrados, donde se aprecia que el enfoque STEM predomina, principalmente, en un total de 5 documentos y con asociación de algunos modelos pedagógicos. En este punto, es posible hacer especial énfasis en que las orientaciones no necesariamente se mezclan, sino se complementan para lograr una mejora en las actividades propuestas. Aun así, se puede hacer una integración para complementar planes de estudio al realizarlos con diferentes poblaciones como objetivos.

De acuerdo con lo anterior, se destaca el aprendizaje basado en proyectos (ABP) como uno de los modelos predilectos al aplicar educación STEM, sin tener las mismas pautas de realización. Con lo anterior, fue posible entender que no se requiere STEM para aplicar ABP o viceversa, debido a que cada uno estipula sus propias reglas, como el caso del modelo, el cual refleja una modalidad tanto de enseñanza como de aprendizaje para alcanzar un producto final y en el caso de la educación STEM, siendo el enfoque que propone un reto para que los estudiantes resuelvan integrando disciplinas dentro de las actividades indicadas.

En esta misma línea, se realizó un paralelo de la incorporación del enfoque STEM, el cual es predominante en los documentos electos, y los modelos pedagógicos que se trabajan en los distintos artículos, con el propósito de mencionar las conexiones de los modelos que aporten a la orientación conjunto a STEM para difundir proyectos educativos con diversas pautas, como en el ejemplo de la revisión de los nueve documentos con un total de seis modelos que difieren en sus orientaciones pero que se fusionaron y aportaron a su manera a conseguir los logros impuestos de cada artículo, tal como se muestra en la tabla 4.

**Tabla 4**

*Componentes Pedagógicos*

N°	Enfoque STEM	Modelo pedagógico
1		<i>No aplica</i>
2		Aprendizaje basado en proyectos
3		<i>Technacy Genre Theory</i>
4		Teoría Antropológica de lo Didáctico
5		Aprendizaje basado en la indagación- Educación basada en la naturaleza

6		<i>No aplica</i>
7		Andamiaje ( <i>Bruner-Vigotsky</i> )
8		Aprendizaje basado en proyectos
9		Aprendizaje basado en proyectos- taxonomía de <i>Bloom</i>

*Nota.* Presentación del enfoque en los nueve artículos elegidos y los modelos pedagógicos de apoyo para la orientación, construcción y aplicación conjunta a la interdisciplinariedad.<sup>3</sup>

Por otro lado, de acuerdo a los análisis de los documentos presentados en este proyecto durante la ejecución del seminario, se tiene que para los años de publicación postulados dentro de los artículos, se identifica tanto la fuerza como la ausencia de cada año representado entre el periodo solicitado; el tema de asociación principal, indicando que entre las direcciones que toman los artículos reflejando el tipo de información que revela y sobre el que trabaja cada artículo STEM entre los elegidos; y la relación entre áreas que se abordan en los artículos, debido a que se integra la asociación que se posee entre matemáticas-ciencias, siendo para la segunda disciplina mencionada una ramificación de materias como física, química y biología, con la idea de especificar el campo trabajado en los proyectos emitidos. Lo anterior, para traer a colación los parámetros de clasificación que se abordaron con mayor peso.

En concordancia con los hallazgos anteriores, en la tabla 5, se aprecian los tres aspectos de interés enunciados. El primero enmarca la búsqueda de artículos de los cinco años anteriores, donde ningún documento elegido es de los años 2020 y 2022. Además, es importante hacer

<sup>3</sup> Carmona et al., (2019) resalta que, en la interdisciplinariedad, los conceptos y habilidades se pueden vincular en mínimo dos o más áreas STEM o STEAM. En ese sentido, es pertinente mencionar que, aunque en este trabajo se enfatiza la integración de dos disciplinas, no se omiten las otras disciplinas que constituyen este acrónimo.

mención que dentro de las temáticas indicadas se distingue que todas poseen presencia en la documentación bibliográfica, siendo teorías (T) el marco de referencia conceptual que apoya e impulsa STEM, contexto (C) el uso del entorno que rodea los participantes, actividades (A) como secuencias en sesiones aplicadas y proyectos (P) el fuerte de proponer un plan a ejecutar complementado.

**Tabla 5**

*Datos obtenidos según la clasificación de artículos elegidos*

N°	Año	Tema					Relación			
		T	C	A	P	F	B	Q	O	
1	2021									
2	2021									
3	2021									
4	2019									
5	2019									
6	2021									
7	2018									
8	2019									
9	2019									

*Nota.* A partir de los 9 documentos se establecen tres criterios relevantes dados en la clasificación de la búsqueda bibliográfica, los cuales se enmarcan en año de publicación, tema y relación.

Añadido a lo anterior, es necesario aclarar que se contempló la relación entre matemáticas-ciencias (F, B, Q) y otras (O); es de notar que fue ausente la presencia entre matemáticas y química(Q), caso contrario a la física y biología con un total de 6 documentos cada uno. En adición,

cinco de ellos integraron una relación en STEM tanto en ingeniería y/o tecnología, es decir, una aplicación de estas últimas áreas con un nivel alto como las principales tomadas como eje de esta investigación.

En esta línea, en la tabla 6 se apreciaron datos obtenidos de los artículos elegidos, los cuales no se determinaron dentro de la clasificación inicial de la búsqueda pero sí representan interés entre la parte teórica como práctica desarrollada y el impacto dentro de la educación interdisciplinar STEM, donde predomina si se propuso dentro de los contenidos que se desarrollaran de manera extracurricular, y si el enfoque STEM estuvo bajo la perspectiva de asociación de disciplinas (I: interdisciplinar, M: multidisciplinar, T: transdisciplinar, N: ninguna), también los niveles escolares (P: primaria, S: secundaria, U: universitario) donde se llevó a cabo cada propuesta.

De esta manera, con el apoyo del gráfico de este apartado se distinguen planes extracurriculares, los cuales pueden desarrollarse sin estar sometidos a las pautas dentro de la institución, permitiendo una diversificación y buena apropiación de contenidos para la vida, logrando así, identificar la mayoría de documentación desarrollada en el ámbito académico. Sin embargo, existe una promoción de tres artículos desarrollados extracurricularmente, que llevan más allá a los estudiantes a la exploración de ambientes cercanos, con participación no solo de personas de la institución. Por ejemplo, se presenta apoyo de ingenieros y especialistas en áreas cotidianas, así como, el desempeño en clubes de ciencias, generando una visión más allá de solo observar el componente educativo, permitiendo una visión cercana a contextos del estudiantado.

Luego, se apreciaron los planes educativos propuestos en la documentación electa dentro de cursos múltiples, sin limitar la búsqueda en el nivel escolar, es decir, sin elegir un solo nivel de

desarrollo sino dejando el campo abierto hacia los ejes a desarrollar. Lo anterior, con la idea de destacar qué sucede en niños, adolescentes y jóvenes, y cuáles propuestas nacen en diversos cursos, logrando dejar la alternativa de proponer STEM en varios grados de manera paralela y no solo en algunos, tal como se aprecia en tabla 6.

**Tabla 6**

*Datos obtenidos después de discutir los artículos elegidos*

N°	Extracurricular		Integración de disciplinas				Nivel escolar	
	Si	No	I	M	T	P	S	U
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								

*Nota.* Información generada de los artículos tras la presentación de los seminarios y las discusiones ejecutadas en los encuentros.

Finalmente, se expuso dentro de este apartado la información reunida a través del seminario de investigación, logrando en este punto confrontar datos de importancia, los cuales permitieron concretar la identificación de estrategias para trabajar con áreas STEM, puntos de encuentro en las propuestas pedagógico-didácticas que permitieron focalizar una serie de aspectos que posibilitaron

la realización del análisis documental. Por ello, a continuación, se manifiestan categorías de interés en cuanto a la teoría y a la práctica a tener en cuenta en el momento de enseñar como de aprender aplicando STEM.

## 6. Análisis de resultados

En este apartado se esboza el análisis documental llevado a cabo durante el seminario de investigación mediante tres categorías de interés que se destacan de las múltiples orientaciones conceptuales y prácticas. Así como también, lo evidenciado en las relatorías surgidas de estos encuentros. Se profundiza en cuestiones relacionadas con la educación STEM, tales como: los tipos de contextos, la relación entre áreas y modelos pedagógicos empleados. Con lo anterior como base, fue posible construir las categorías de análisis pertinentes para valorar si los artículos abordados hacen parte del enfoque STEM. De esta manera, se buscó dar respuesta a la pregunta de investigación que orientó este estudio.

Así pues, es preciso indicar que, en la medida que tenían lugar las discusiones en el seminario, se consolidaron tres categorías de análisis: *situación formativa, rol de los participantes en los procesos de enseñanza y de aprendizaje*, de la cual se desprenden dos subcategorías de interés: *Rol del estudiante y Rol del docente* y, por último, los *enfoques de integración*, categoría de la cual se derivan tres subcategorías: *Transdisciplinar, Multidisciplinar e Interdisciplinar*. En la misma medida, el orden mencionado, orienta el presente apartado con el propósito de dar cuenta del provecho conceptual y teórico que aportó el desarrollo de las múltiples discusiones del seminario de investigación.

### **6.1 Situación formativa**

El diseño curricular enmarcado en el enfoque STEM debe satisfacer, fundamentalmente, que se presenten las actividades a ejecutar a partir de una situación problema, reto o una pregunta generadora. Por ende, se hace necesario aclarar que la situación problema es entendida, en este caso particular, como una estrategia para el aprendizaje en donde se le formula al estudiante un desafío que podrá solucionar, al confrontar sus conocimientos e ideas previas acerca de este con la finalidad de generar una solución.

Con respecto a ello, es pertinente traer a mención las características inherentes a la misma. En primer lugar, esta debe involucrar implícitamente los conceptos que se van a aprender. Asimismo, debe representar un verdadero problema para el estudiante, pero a la vez, debe ser accesible a él. En la misma medida que, debe permitir al alumno utilizar conocimientos anteriores. También, la situación problema debe ofrecer una resistencia suficiente para llevar al alumno a poner en duda sus conocimientos y a proponer nuevas soluciones. Además, debe contener su propia validación (Armella & Waldegg, 2002, p. 20). Así, con la claridad conceptual acerca de la misma fue posible analizar las nueve propuestas descritas en los documentos abordados durante el seminario de investigación.

Lo anterior, atendiendo a la perspectiva de ciencias-matemáticas, se tiene que, el fin de proponer dicha situación es potenciar y desarrollar habilidades científicas y matemáticas en los estudiantes, tal como lo afirma Botero (2018) citado en Mahecha et al. (2021) “[...] se plantea la situación problema y se descompone la pregunta esencial, para su mayor comprensión. En este espacio se fortalece el pensamiento crítico, la investigación y la colaboración” (p. 43). Una muestra de ello, son los artículos analizados en la séptima y novena sesión del seminario de investigación

(C.f. Apéndices G y I). A continuación, por medio de la tabla 7 se exhiben las actividades con enfoque STEM propuestas en estos estudios:

**Tabla 7**

*Actividades con enfoque STEM*

Nombre del artículo	Actividades
<i>STEM Integration in Sixth Grade: Designing and Constructing Paper Bridges.</i>	Se presentan varias actividades problemáticas que solicitaban el empleo de conocimientos de ciencias, matemáticas e ingeniería, con la finalidad de diseñar y construir un puente de papel que pudiera cumplir con ciertos criterios, por ejemplo, soportar una carga óptima.
Aprendizaje STEM basado en diseño de aeronaves: una estrategia interdisciplinaria desarrollada para Clubes de Ciencia Colombia	Se exhiben un conjunto de actividades, en donde los estudiantes pueden diseñar, construir y probar su propio modelo aéreo lanzado por ellos mismos a mano, llevando a cabo todos los pasos del método científico: la concepción de ideas, el diseño y la ejecución de los experimentos, para finalmente, comunicar los resultados.

*Nota.* Descripción de las actividades planteadas en artículos abordados durante el seminario de investigación.

En contraste, los artículos analizados en la cuarta y sexta sesión del seminario de investigación (Véase Apéndice D y F) evidencian actividades que se consideran que no cumplen a cabalidad con el enfoque STEM. En ese sentido, a través de la tabla 8 se exhiben dichas actividades:

**Tabla 8**

*Actividades sin enfoque STEM*

Nombre del artículo	Actividades
---------------------	-------------

Educación STEM: integrar conceptos de fotometría a la clase de matemática usando tecnología.	Se les propone a los estudiantes realizar un experimento (oscurecen el laboratorio, y proceden a utilizar una fuente emisora, que puede ser la linterna del celular, la cual se considera como fuente puntual y el sensor de luz de tal forma de facilitar la medida de la distancia entre estas) haciendo uso de teléfonos inteligentes con el fin de registrar pares de datos que relacione luz-distancia a la fuente luminosa, para que posteriormente se modelaran mediante lo realizado en GeoGebra.
<i>Connecting Mathematics and Science in Primary School STEM Education: Modeling the Population Growth of Species.</i>	En la primera actividad, se les pide a los estudiantes que argumentaran si el aumento de la población de conejos que se muestra en el libro de cuentos era exacto. Asimismo, la segunda actividad, conllevaba solucionar el problema histórico de Fibonacci adherido implícitamente en el problema del conejo del libro de cuentos. En el mismo orden de ideas, en la siguiente actividad se llevó a cabo una simulación para comprobar el equilibrio entre la población de conejos y el hábitat en que viven. Seguidamente, los estudiantes efectuaron un juego de cartas que les permitió visualizar que algunos conejos contaban con mayor posibilidad de sobrevivir en comparación con otros en un ambiente determinado.

*Nota.* Descripción de las actividades planteadas en artículos abordados durante el seminario de investigación.

Con base en lo anterior, es preciso puntualizar que esta categoría responde su formulación debido al análisis de los proyectos planteados en los artículos que partían de una situación formativa, lo que permitió que, a través de la revisión documental en las sesiones del seminario, se pudiera comprender cuáles artículos exhibían proyectos catalogados como STEM. De igual manera, cuáles de ellos no cumplían con esta categoría y, por ende, no se podían calificar como STEM.

## **6.2 Rol de los participantes en los procesos de enseñanza y de aprendizaje**

Para la presente categoría de análisis es idóneo indicar lo referente a los roles de los participantes en proyectos enfocados en educación STEM, puesto que para que se efectúe un proceso adecuado de los mismos, se requiere que estos se desenvuelvan adecuadamente en los procesos inmersos a este enfoque. Por tal motivo, se procede a realizar una descripción del rol de cada uno de los participantes de los procesos de enseñanza y de aprendizaje que ocurren en los proyectos analizados en el seminario.

Para la primera subcategoría, rol del estudiante, conviene iniciar haciendo mención de la forma como se concibe el rol del estudiante en proyectos enmarcados en educación STEM, pues se trata de una postura activa frente a su aprendizaje. Así como también, el estudiante es poseedor de altos niveles de autonomía y motivación.

De la misma manera, se tiene que los estudiantes deben producir y aplicar soluciones a la situación problema dada mediante la indagación, trabajo en equipo (asignando roles) involucrándose de una forma activa. Asimismo, deben tener la capacidad de llegar a valorar qué conceptos comprenden y qué conceptos no. Lo anterior, con el propósito de potenciar el pensamiento crítico y la toma de decisiones. En ese sentido, es pertinente referirse a lo siguiente:

[...] los estudiantes expresan ideas originales, divergentes y creativas para encontrar las posibles soluciones a la pregunta esencial. De igual manera, los estudiantes transmiten las ideas de forma clara, respetan el punto de vista de sus compañeros, realizan retroalimentación, desarrollan habilidades de identificar y solucionar problemas, trabajar en equipo, expresar sus ideas y tomar decisiones (Mahecha et al., 2021, p.8).

Lo anterior, permite dar claridad que los estudiantes siempre van a tener la libertad de resolver un problema planteado utilizando sus diferentes habilidades, en este caso, haciendo referencia a las habilidades científicas y matemáticas para que puedan generar soluciones originales, siendo activos, buscando nuevas formas para la solución del desafío.

En ese sentido, se puede decir que el rol del estudiante bajo el enfoque STEM, debe ser responsable de su propio aprendizaje, ya que deben tener el rol activo en todo el desarrollo de la actividad que estén realizando, teniendo una buena comunicación con los compañeros, a través de la formulación de preguntas al docente.

En la segunda subcategoría de interés, *rol del docente*, se relaciona estrechamente con la precedente debido a que, de modo semejante, el docente es una guía en el proceso de aprendizaje del estudiante, cumpliendo con el papel de motivador y gestor de conocimientos de los mismos, mediante herramientas didácticas y las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) tal como lo afirma Mahecha et al. (2021), "...donde el estudiante es el protagonista de su conocimiento y el docente su orientador que influye en el proceso para que este responda de forma adecuada a cada uno de los estímulos que recibe" (p.15).

En este orden ideas, se puede decir que el docente media el proceso del estudiante, motivándolo al fortalecimiento de sus habilidades por medio de los retos que plantea, esperando que los estudiantes logren encontrar la solución, no resolviéndole el reto o dándoles alguna solución para no caer al paradigma tradicional.

Por otro lado, después de haber ejecutado el seminario, y haber hecho el respectivo análisis de cada documento, se hace necesario dar una visión general de cómo se abordan estos roles en cada documento que se expuso en cada sesión, en la tabla 9 se expone lo anterior.

**Tabla 9***Roles de los participantes*

<b>N° de artículo</b>	<b>Rol del estudiante</b>	<b>Rol del profesor</b>
<b>1</b>	Responsable de su propio aprendizaje.	Es un guía a través de la formulación de preguntas orientadoras, activadoras y de control.
<b>2</b>	Los estudiantes trabajan en grupo, con el fin de investigar sobre diferentes temáticas para luego socializar.	Dirige la actividad y espera que los estudiantes lleguen a la solución ya estipulada.
<b>3</b>	Activo, busca nuevas formas para la solución al reto.	Orientador de la actividad y valora el proceso de cada estudiante.
<b>4</b>	Pasivo, pero participativo, manipula una herramienta didáctica.	Ser el instructor.
<b>5</b>	Participativo.	Orientador de la actividad por medio de actividades explorativas.
<b>6</b>	Adoptan un rol participativo.	Ser el instructor.
<b>7</b>	Activo y colaborativo, busca nuevas formas para la solución al reto.	Orientador de la actividad a través de una situación problema.
<b>8</b>	Activo al usar sus diferentes habilidades para construir el robot.	Orientador de la actividad, proponiendo un reto de robótica.
<b>9</b>	Asume un rol de científico que indaga y relaciona conocimientos, trabaja activamente y en equipo.	Guía de la actividad, proponiendo preguntas como eje inicial para la solución del reto.

*Nota.* La tabla expone los roles de los participantes de los diferentes documentos analizados en el seminario.

Lo anterior, permitió tener claridad acerca de los roles de los participantes en un proyecto que forme parte del enfoque STEM, o que sean aparentemente STEM, ya que, en algunas sesiones del seminario, se pudo observar y discutir que el objetivo que planteaban los docentes era salir de las dinámicas convencionales de dar una clase tradicional, y llevar propuestas innovadoras a los

estudiantes. De esto se desprende que, partir de una situación desafiante que atiende a que los estudiantes usaran sus conocimientos previos, a su vez, el docente se encargaba de dar una serie de instrucciones, por medio de etapas donde debían hacer una serie de ejercicios (Véase Apéndice D), lo cual se salía de la naturaleza que hace parte del enfoque STEM, a diferencia de otras propuestas, donde el docente permitía que los estudiantes usaran sus ideas, compartieran conocimientos con sus compañeros e interactuaran con materiales para cumplir el reto planteado.

Finalmente, se menciona que los roles que tienen los participantes son de suma importancia para los procesos de enseñanza y aprendizaje ya que, si los docentes les permiten a los estudiantes experimentar, dar ideas, compartir sus conocimientos, les va a permitir potenciar y desarrollar sus habilidades, mejorando su percepción de otros conceptos, en este caso, habilidades matemáticas y científicas, no dejando de lado las tecnológicas y de ingeniería, que forma parte de ese enfoque.

### **6.3 Enfoques de integración disciplinar**

Ahora bien, en la presente categoría de análisis es pertinente especificar los tres enfoques de integración: *transdisciplinar*, *multidisciplinar* e *interdisciplinar*, los cuales cumplen el papel de guía para el docente en cuanto a su planeación curricular, puesto que es por medio de estos que se hace posible integrar de una manera efectiva las diferentes áreas de conocimiento que conforman el acrónimo STEM. En ese sentido, se describen estos enfoques, ya que fueron pertinentes para tipificar los documentos analizados en las sesiones llevadas a cabo en el seminario de investigación como proyectos STEM.

En la primera subcategoría de análisis, *enfoque transdisciplinar*, planteada es preciso indicar que existe un alto grado de complejidad en los procesos tanto de comprensión como ejecución de lo relacionado a la misma. En ese sentido, se hace necesario traer a colación lo

expuesto por autores que vienen trabajando con este enfoque, con el fin de generar un acercamiento conceptual de este.

La transdisciplinariedad, cruza las diferentes especialidades y va más allá de cada una. Requiere por lo tanto de un más alto grado de integración. Sólo puede ejercitarse a partir de un amplio fundamento conceptual que considera en su integralidad a los procesos biofísicos y sociales que constituyen nuestra realidad (Toledo, 2006, p.16).

En consecuencia, al momento de realizar el análisis de los documentos en el seminario de investigación se ahondaba en los mismos, con el fin de encontrar procesos relacionados al enfoque transdisciplinar que pudiera contribuir a la comprensión de esta. No obstante, se evidenció que aquellos artículos no exhibían cuestiones relacionadas a este enfoque. Por ende, se enuncia este apartado más no se desprende una discusión como es el caso de los posteriores enfoques.

La segunda subcategoría, *enfoque multidisciplinar*, se puede evidenciar en un diseño curricular cuando las actividades a ejecutar por parte de los participantes en los procesos de enseñanza y aprendizaje parten de una situación o pregunta, buscando así, respaldo e información en diferentes disciplinas, sin que esta interacción busque fortalecerlas o modificarlas.

Lo anterior, en palabras de Phuong chi (2021) acerca del enfoque multidisciplinario “(...) se centra principalmente en las disciplinas. Los profesores que utilizan este enfoque organizan los estándares de las disciplinas en torno a un tema. Las disciplinas se enseñan por separado, pero están conectadas a través de un tema común” (p.4). Por consiguiente, es indispensable denotar que, si bien la multidisciplinariedad concibe dos o más disciplinas, estas no necesariamente están interconectadas entre sí para lograr los objetivos de aprendizaje.

En ese sentido, es pertinente mencionar que durante la revisión de la base de datos bibliográfica llevada a cabo paralelamente en el seminario de investigación, se reflejó la presencia de tres documentos, los cuales contaron principalmente con enfoque multidisciplinario, puesto que, se hace notoria la participación de las áreas que conforman el acrónimo STEM y evidencian temas en común. No obstante, cada disciplina despliega sus propios objetivos de aprendizaje de manera independiente.

En primer lugar, se trae a colación el cuarto artículo analizado en el seminario, titulado *“Educación STEM: integrar conceptos de fotometría a la clase de matemática usando tecnología”* (C.f. Apéndice D), en el cual era necesario resolver actividades de física implementando netamente la matemática para los cálculos pertinentes para lo relacionado a los problemas relacionados a la fotometría y óptica, apoyándose en dispositivos como calculadoras y softwares que servían para dicha finalidad.

En segundo lugar, para el caso del artículo analizado en la sexta sesión, llamado *“Conexión de las matemáticas y las ciencias en la educación STEM de la escuela primaria: modelado del crecimiento demográfico de las especies”* (Véase Apéndice F), se resalta la presencia de disciplinas como la biología (genética) y las matemáticas (probabilidad), en donde se trabaja conjuntamente actividades sobre el crecimiento y decrecimiento de poblaciones. Sin embargo, aunque se observan intenciones de integración entre estas disciplinas mediante una temática en común, se pone en manifiesto la separación de logros disciplinares.

En tercer lugar, en cuanto al artículo examinado en la quinta sesión del seminario de investigación llamado *“Educación basada en la naturaleza: uso de senderos naturales como una herramienta para promover el aprendizaje de ciencias y matemáticas basado en la indagación en*

*niños pequeños*” (Véase Apéndice E) evidencia actividades con enfoque multidisciplinario. Por tal motivo, mediante la tabla 10 se exhibe lo recién mencionado con el fin de comprender de una mejor manera dicho enfoque:

**Tabla 10**

*Enfoques de integración disciplinar presente en investigaciones analizadas.*

Nombre del artículo	Enfoque de integración	Evidencia
<i>Nature-based education: using nature trails as a tool to promote inquiry-based science and math learning in young children.</i>	Multidisciplinar	<p>Biología: El maestro entrega lupas a los niños y les solicita que se ubiquen y exploren lo que pueden ver en el espacio cerrado. Después, se anima a los niños a levantar rocas, con el fin de observar debajo de estas y ver qué insectos se esconden.</p> <p>Matemáticas: El docente les solicita a los estudiantes que caminen por el entorno y recolecten materiales naturales semejantes o diferentes, como, piedras, hojas, flores o palos</p> <p>Física: Los niños colocan un hilo de perlas ultravioleta en un lugar oscuro o sombreado y otro hilo en un área soleada, con el fin de, que dichas perlas permanezcan en el sitio durante 4 a 5 minutos y logren observar el cambio de color</p>

*Nota.* Descripción de actividades planteadas en artículos abordados durante el seminario de investigación con enfoque multidisciplinario.

De allí que, el propósito de esta subcategoría es impulsar a cumplir metas del tema en específico con el apoyo de habilidades que se desarrollan en cada área propuesta. Por ello, en los diseños multidisciplinarios se puede identificar los saberes de cada disciplina sin mezclarse en el proceso.

En cuanto a la tercera subcategoría planteada para este análisis, *enfoque interdisciplinar*, es importante partir de que, en este caso en particular, este enfoque de integración se comprende como la interacción entre disciplinas que implican enlaces reales, es decir, se presenta reciprocidad entre los conocimientos resultantes de esta interacción y un fortalecimiento mutuo entre ellas.

Atendiendo a lo previamente mencionado, Phuong chi (2021) menciona que “en este enfoque de integración, los docentes organizan el plan de estudios en torno a aprendizajes comunes en todas las disciplinas. Combinan los aprendizajes comunes integrados en las disciplinas para enfatizar las habilidades y conceptos interdisciplinarios” (p. 4). Por lo tanto, se distingue el aprendizaje interconectado, sin eximir un área o sólo destacando una, debido a que se incorporan en los procesos de enseñanza y de aprendizaje componentes de las disciplinas tomadas en cuenta para ejercer un diseño interdisciplinar pertinente.

Además, estas disciplinas poseen un nivel de participación dentro de las tareas a realizar, en este caso, la finalidad es evitar la separación de saberes, buscando así, agruparlas dentro de una meta o reto a lograr. En ese sentido, se busca brindar en el campo académico herramientas diversas y no limitadas a los estudiantes para que fortalezcan sus habilidades múltiples para el ámbito escolar y cotidiano.

En contraste, el artículo examinado en la primera sesión del seminario de investigación (Véase Apéndice A) evidencia actividades con enfoque interdisciplinario. En ese sentido, mediante la tabla 11 se exhibe lo recién mencionado, con el fin de comprender de una mejor manera dicho enfoque:

**Tabla 11**

*Enfoques de integración disciplinar presente en investigaciones analizadas*

Nombre del artículo	Enfoque de integración	Evidencia
<i>Integrating math and science content through covariational reasoning: the case of gravity.</i>	Interdisciplinar	Se realiza un conjunto de actividades que tiene como finalidad diseñar maneras particulares de razonamiento covariacional dentro del contexto de la gravedad y estudiar dichas formas de razonamiento que se generaron en estas actividades.

*Nota.* Descripción de actividades planteadas en artículos abordados durante el seminario de investigación con enfoque interdisciplinario.

Así pues, este enfoque de integración permite efectuar cambios en la educación tradicional, puesto que, se genera una transformación en metodologías de enseñanza, comprensión de conceptos y formas de investigar por parte de los estudiantes.

Para finalizar, es preciso indicar que durante la revisión documental se pone en evidencia la ausencia del enfoque de integración transdisciplinar en los proyectos expuestos por los artículos revisados, ya que, este enfoque impone ir más allá del estudio de las áreas, lo cual no era de interés para los autores de estos artículos. También, es importante destacar dentro de los enfoques, que la multidisciplinariedad si tiene participación dentro de la documentación, debido a que, en las

actividades expuestas en la misma, reflejan la conexión de áreas, interconectando las temáticas principales, dejando en libertad los componentes de cada materia integrada.

Luego, se reconoce la gran dimensión de proyectos interdisciplinarios entre los escogidos, debido a que permiten una visión amplia con el fin de comprender conocimientos como destrezas derivadas de las áreas, así como también, el fortalecimiento mutuo entre ellas para conseguir un aprendizaje enriquecedor para el estudiante sin categorizar ni limitar las áreas de estudio. Ello, para fidelidad de las categorías de clasificación de artículos basados en Educación STEM que permitan identificar estrategias que potencien en las aulas un mejor desarrollo de procesos de enseñanza y de aprendizaje para la nueva era.

Conviene advertir que en este capítulo se exhibieron datos relevantes en añadido al análisis. Debido a que, el principal objetivo de la presente investigación fue discutir los documentos elegidos, para así clasificarlos como productos derivados de propuestas educativas STEM. No obstante, fue de vital importancia reconocer aspectos como el modelo pedagógico que se articuló en dichas propuestas que aportó significativamente para la conceptualización de dichos artículos y su posterior clasificación.

Por otra parte, es importante puntualizar que se optó por aquellos artículos que, aparentemente, cumplían con ciertos criterios característicos de la educación STEM, tal como lo advierte Shaughnessy (2013) al afirmar:

Los programas pueden denominarse 'STEM', pero pueden ser simplemente una apariencia de STEM, donde los enfoques no integran genuinamente las disciplinas y, por lo tanto, el aprendizaje en un área puede anular otras. Además, como ocurre con muchas actividades de resolución de problemas, los estudiantes pueden simplemente trabajar de manera

procedimental, a menudo preocupados por el contexto de la tarea y perder de vista el objetivo (como se citó en English & King, 2019, p. 2).

Finalmente, de los resultados recientemente expuestos sobre áreas STEM, se encuentran sugerencias para fortalecer diseños de enseñanza y aprendizaje, principalmente en las disciplinas de ciencias y matemáticas. Asimismo, pudo generar las categorías de interés para plantear el presente análisis documental y llegar a concluir teóricamente aspectos sólidos para caracterizarlos. Con lo cual sirve como apoyo en procesos educativos a los futuros docentes que deseen manejar dichos enfoques. Sin embargo, es propicio indicar que la investigación sobre educación STEM es bastante amplia, tomando en cuenta lo que ya existe y lo que se puede mejorar. Así, se impulsa al estudio sobre el enfoque de integración, con la idea de mejorar día a día en las aulas de clase, debido a que aún falta indagar y aplicar en mayor escala.

## **7. Conclusiones**

Luego de dar por exitoso el desarrollo del seminario de investigación enfocado a identificar las estrategias de intervención en el aula basadas en experiencias interdisciplinarias de áreas STEM, principalmente ciencias y matemáticas, conviene traer a mención que, en la primera parte del seminario, se resalta como resultado una amplia búsqueda electrónica de investigaciones STEM, la filtración y elección de nueve documentos totales tomados al cumplir con los criterios de selección a cabalidad. Además, se alude en cada uno de ellos la producción que involucra asociación de teorías, contextos, actividades y proyectos que tienen como foco el apoyo a la educación STEM, contribuyendo al reconocimiento de la interdisciplinariedad del saber

matemático y ramas de las ciencias naturales, lo cual significó suma ganancia en cuanto a un acercamiento teórico del enfoque STEM, pues si bien se partió de un análisis de documentos que afirmaban ser parte de este enfoque, estos estudios no cumplían con las características analizadas, ya que solo evidenciaban actividades que no atendían a las características de STEM.

Es relevante traer a mención que, de manera progresiva, los participantes a cargo de la presente revisión documental identificaron que estas propuestas no integraban de manera interdisciplinar, ni partían de un reto a los estudiantes. Lo anterior, permitió hacer un análisis de documentos que sí cumplían con aquellos aspectos y, así, poder valorarlos como parte de este enfoque o no.

Sin embargo, como se mencionó, es necesario precisar que durante el proceso de elección de estos documentos finales fue complejo, y a la vez, enriquecedor, puesto que, en diferentes momentos del seminario, se hicieron diversas búsquedas en diferentes bases de datos bibliográficas con el propósito de encontrar vías de análisis pertinentes. Así como también, bases teóricas sólidas para conceptualizar este enfoque.

De acuerdo con lo anterior, se resalta el enriquecimiento de información teórica (re)significada durante los encuentros del seminario, que se adhiere a la construcción de planes de clase, secuencias didácticas o proyectos innovadores en el ámbito educativo. Así como el no recrear en la actualidad la inclinación al paradigma del ejercicio tan común en las aulas de clase en Colombia. Se buscó así, orientar el acercamiento de los objetos matemáticos a través de áreas STEM, al contextualizar y progresar en las facetas de los educandos a retos investigativos del presente y del futuro.

Ahora, con respecto a la pregunta que orienta este estudio, se hace necesario comentar la importancia del rol del docente para promover un ambiente en el aula con enfoque STEM, a través de un papel de mediador, ya que él es quien asume la responsabilidad de acompañar en los procesos de enseñanza y de aprendizaje, asimismo, motivar a los estudiantes a que resuelvan un desafío planteado desde el inicio. Lo anterior, por medio de preguntas orientadoras que le permita al estudiantado encontrar el camino sin atender al error, pues este es una oportunidad de aprendizaje para los estudiantes, así como, una situación que posibilita el diálogo entre los roles actantes de los procesos que tienen lugar en la ejecución de un proyecto STEM.

Por otra parte, aunque el foco de esta investigación es la interrelación de las ciencias y las matemáticas, las otras disciplinas pueden estar presentes de manera implícita, ya que pueden brindar técnicas y herramientas para afrontar la construcción o solución de problemas. No obstante, de los documentos que se analizaron en el seminario, algunos abordan la tecnología por medio del uso de software o dispositivos, como el celular. Pese a ello, se llegó a la conclusión que estos cumplen un rol de herramienta de apoyo para resolver el ejercicio, lo cual no contribuyó significativamente a resolver un problema contextualizado en la comunidad educativa. En este punto, es de relevancia afirmar que al momento de emplear las tecnologías se debe garantizar el fortalecimiento del proceso de aprendizaje. Entonces, lo ideal es que el estudiante se percate que la tecnología puede brindarle medios para su desarrollo y aprendizaje de la resolución de problemas que surjan en su entorno.

Ahora bien, conviene retomar que la educación STEM no se implementa integralmente o se lleva a cabo de una manera errónea en las diferentes instituciones educativas colombianas. Debido a que hay docentes tanto de primaria como de secundaria que poseen vacíos conceptuales

y carecen del conocimiento pedagógico necesario para llevar a cabo actividades efectivas y con enfoque STEM. En ese sentido, el currículo escolar, los profesores y las instituciones deben tomar la iniciativa y acercarse tanto teórica como metodológicamente al enfoque para llevar a cabo la interdisciplinariedad de conocimientos basados en este mismo.

Así pues, en virtud de los hallazgos de este trabajo, los cuales promueven una comprensión eficaz de los procesos de enseñanza-aprendizaje en un contexto interdisciplinario; se espera la difusión de este material con el fin de que sea un punto de partida, ya sea como base teórica o antecedentes, para aquellos interesados que quieran seguir en esta línea de investigación.

### Referencias Bibliográficas

- Aguilera, D., Lupiáñez, J., Perales, J., y Vílchez, J. (2021). *Objetivos de la educación STEM*. (Revisión sistemática). 1Congreso Internacional en Investigación en Didáctica de las Ciencias 2021. Lisboa, Portugal. [https://www.researchgate.net/publication/354605741\\_Objeticos\\_de\\_la\\_educacion\\_STEM\\_Revision\\_sistemica](https://www.researchgate.net/publication/354605741_Objeticos_de_la_educacion_STEM_Revision_sistemica)
- Aguirre, J. P. S., Vaca, del C. C., & Vaca, M. C. (2019). Educación Steam: entrada a la sociedad del conocimiento. *Ciencia digital* 3, 212–227. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i3.4..847>
- Armella, L. M., y Waldegg, G. (2002). FUNDAMENTACIÓN COGNITIVA DEL CURRÍCULO DE MATEMÁTICAS. *Memorias del Seminario Nacional*, 40, 10-11.
- Barroso, J. M., Adell, J., Ballesteros, C., Castaño, C., Cebrerio, B., Cerro, S. D., y Valverde Berrocoso, J. (2002). Diseño y evaluación de un material multimedia y telemático para la formación y perfeccionamiento del profesorado universitario para la utilización de las nuevas tecnologías aplicadas a la docencia. [https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/88206/numeracionEA2002\\_0177.pdf?sequence=1](https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/88206/numeracionEA2002_0177.pdf?sequence=1)
- Breiner, J. M., Harkness, S. S., Johnson, C. C., & Koehler, C. M. (2012). What is STEM? A discussion about conceptions of STEM in education and partnerships. *School science and mathematics*, 112(1), 3-11. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2011.00109.x>

- Briones, C. (2022). *La falta de deseo por aprender en los adolescentes como consecuencia de una educación tradicional en una institución fiscomisional de la ciudad de Machala*. (Tesis de maestría en psicoanálisis y educación). Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Ecuador.
- Bybee, R. (2010). Advancing STEM education: A 2020 vision. *Technology and Engineering Teacher*, 70(1), 30-33. <https://www.proquest.com/docview/853062675/fulltextPDF/FEFF2794A9814532PQ/1?accountid=29068>
- Bybee, R. (2010). What Is STEM Education? *Science*, 329(5995), 996. 10.1126/science.1194998
- Calle-Chumo, R. N. (2022). Impacto del modelo STEM en el aprendizaje del Principio de Pascal. *INNOVA Research Journal*, 7(2), 78-96. <https://doi.org/10.33890/innova.v7.n2.2022.2044>
- Cano, N., Zapata, F., Montoya, J., y Villa, J. (2018). Un juego de rol para el análisis de un modelo matemático en ecología. *Uno: revista de didáctica de las matemáticas*, 81, 15-21. <http://hdl.handle.net/11162/189089>
- Carmona, J., Arias, J., y Villa, J. (2019). Formación inicial de profesores basada en proyectos para el diseño de lecciones STEAM. *Revolución en la Formación y la Capacitación para el Siglo XXI*, 2(1), 483-492. <http://doi.org/10.5281/zenodo.3524356>
- Ching, Y., Yang, D., Wang, S., Baek, Y., Swanson, S., & Chittoori, B. (2019). Elementary School Student Development of STEM Attitudes and Perceived Learning in a STEM Integrated Robotics Curriculum. *TechTrends*, 63(5), 590-601. <https://doi.org/10.1007/s11528-019-00388-0>

- Costa, V. A., Rizzo, K. A., y Gallego Sagastume, J. I. (2019). Educación STEM: integrar conceptos de fotometría a la clase de matemática usando tecnología. *Revista De Enseñanza De La Física*, 31, 237–244. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/>
- De Zubiría, J. (2013). El maestro y los desafíos a la educación en el siglo XXI. *Reflexión e investigación*, 825, 1-17. <https://gladyseduca.files.wordpress.com/2018/12/el-desafc3ado-del-maestro-de-hoy.pdf>
- Doménech, J. (2019). STEM: Oportunidades y retos desde la Enseñanza de las Ciencias. *Universitas Tarraconensis. Revista de Ciències de l'Educació*, (2), 154-168. <https://doi.org/10.17345/ute.2019.2.2646>
- Donnelly, M. J., & Donnelly, J. (2019, May). Enlightening students: optics applications in the math classroom. In *Education and Training in Optics and Photonics* (p. 11143\_56). Optica Publishing Group.
- English, L. D., & King, D. (2019). STEM Integration in Sixth Grade: Desligning and Constructing Paper Bridges. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 17(5), 863-884. <https://doi.org/10.1007/s10763-018-9912-0>
- English, L. D. (2016). STEM education K-12: Perspectives on integration. *International Journal of STEM education*, 3, 1-8. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0036-1>
- Este lunes, lanzamiento oficial de ‘Aulas Steam para el Corazón de Colombia’. (s.f.). Tú y yo somos Quindío. <https://www.quindio.gov.co/noticias-2020/noticias-mayo-2020/este-lunes-lanzamiento-oficial-de-aulas-steam-para-el-corazon-de-colombia>
- Figueroa, R. (2013). *Resolución de problemas con sistemas de ecuaciones lineales con dos variables. Una propuesta para el cuarto año de secundaria desde la teoría de situaciones*

- didácticas*. (Tesis de maestría). Universidad del Lima, Perú.  
<http://hdl.handle.net/20.500.12404/4736>
- Fonseca, J., y Castillo, M. (2013). Formación de docentes de Matemática: aspectos relevantes. *Uniciencia*, 27(1), 2-14. <http://funes.uniandes.edu.co/15114/1/Fonseca2013Formacion.pdf>
- Gamboa, G. D., Badillo, E., Couso, D., & Márquez, C. (2021). Connecting Mathematics and Science in Primary School STEM Education: Modeling the Population Growth of Species. *Mathematics (Basel)*, 9(19), 2496. <https://doi.org/10.3390/math9192496>
- García, Y., Burgos, F., y Reyes, D. (2017). Actividades STEM en la formación inicial de profesores: Nuevos enfoques didácticos para los desafíos del siglo XXI. *Diálogos educativos*, (33), 35-46. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6212470>
- Guerrero, M. (2016). La investigación cualitativa. *INNOVA Research Journal*, 1(2), 1-9. <https://doi.org/10.33890/innova.v1.n2.2016.7>
- González, M., y Pérez, E. (2018). Ciencia, tecnología y género. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación*, 2, 5. <https://www.uv.es/~reguera/etica/genero-ciencia%20.pdf>
- Henze, I., van Driel, J. H., & Verloop, N. (2007). Science teachers' knowledge about teaching models and modelling in the context of a new syllabus on public understanding of science. *Research in Science Education*, 37(2), 99–122. <https://doi.org/10.1007/s11165-006-9017-6>
- Hrynevych, L. M., Khoruzha, L. L., Rudenko, N. M., & Proshkin, V. V. (2022, Junio). STEM education in the context of improving the science and mathematics literacy of pupils. *In Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 2288, No. 1, p. 012031). IOP Publishing.

Importancia del STEM en Colombia. (s.f.). ETNOCIENCIAS. <https://etnociencias.org/stem-stem/stem-en-colombia/>

Johnston, J., Walshe, G., & Ríordáin, M. N. (2020). Supporting key aspects of practice in making mathematics explicit in science lessons. *International Journal of Science and Mathematics Education, 18*, 1399-1417. <https://doi.org/10.1007/s10763-019-10016-1>

Kokkonen, T., & Schalk, L. (2021). One instructional sequence fits all? A conceptual analysis of the applicability of concreteness fading in mathematics, physics, chemistry, and biology education. *Educational Psychology Review, 33*(3), 797-821. <https://doi.org/10.1007/s10648-020-09581-7>

La educación STEM como formadora de talentos para la economía naranja. (2019). AMCHAM Colombia. <https://amchamcolombia.co/es/noticias-colombia/la-educacion-stem-como-formadora-de-talentos-para-la-economia-naranja/>

Lahme, B., & Shott, M. (2021). The Mathematics of A Watershed Year. *PRIMUS, 31*(6), 737-748. <https://doi.org/10.1080/10511970.2020.1712504>

Lee, C. K., & Ensel, B. P. (2019). Nature-based education: using nature trails as a tool to promote inquiry-based science and math learning in young children. *Science Activities, 56*(4), 147-158. <https://doi.org/10.1080/00368121.2020.1742641>

Ley 115 de 1994. Por la cual se expide la Ley General de Educación. Febrero 8 de 1994. DO. No. 41.214.

LINEAMIENTOS PARA EL SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN COMO MODALIDAD PARA EL DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO. (2007). VICERRECTORÍA

ACADÉMICA. UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER. Recuperado de:  
[https://uis.edu.co/wp-content/uploads/2022/05/Jul2\\_trabajos\\_grado\\_doc3.pdf](https://uis.edu.co/wp-content/uploads/2022/05/Jul2_trabajos_grado_doc3.pdf)

López, V., Lagarón, D. C., & Rodríguez, C. S. (2020). Educación STEM en y para el mundo digital: El papel de las herramientas digitales en el desempeño de prácticas científicas, ingenieriles y matemáticas. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 20(62).  
<https://doi.org/10.6018/red.410011>

Lugo, G. (2016). *Gestión curricular de las asignaturas didáctica I y didáctica II (EUS-CUV) en entornos virtuales*. (Tesis de maestría). Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Caracas, Venezuela.

Lupiáñez, J. L., y Ruiz-Hidalgo, J. (2016). Diseño de tareas para el desarrollo de la competencia STEM: los problemas de modelización matemática. *Nuevas tecnologías aplicadas a la educación*, 1–7. [www.educacontic.es/blog/disenio-de-tareas-para-el-desarrollo-de-la-competencia-stem-los-problemas-de-modelizacion](http://www.educacontic.es/blog/disenio-de-tareas-para-el-desarrollo-de-la-competencia-stem-los-problemas-de-modelizacion)

Mahecha, A., Rodríguez, G., y Arboleda, C. (2021). *La educación STEM en la práctica docente: una propuesta pedagógica para fortalecer las 4 c's del siglo XXI en los estudiantes de grado 9° del colegio Champagnat de Bogotá*. (Tesis de maestría). Universidad La Gran Colombia, Colombia.

Martín-Páez, T., Aguilera, D., Perales-Palacios, F. J., & Vílchez-González, J. M. (2019). What are we talking about when we talk about STEM education? A review of literature. *Science Education*, 103(4), 799-822. <https://doi.org/10.1002/sce.21522>

- Montoro, A. B., Aguayo-Arriagada, C. G., & Flores, P. (2021). Measurement in Primary School Mathematics and Science Textbooks. *Mathematics*, 9(17), 2127. <https://doi.org/10.3390/math9172127>
- Mosquera, R. F., Cisneros, N. D., Bravo, P. D., & Avendaño, U. B. (2019). STEM Learning Based on Aircraft Design: An Interdisciplinary Strategy Developed to Science Clubs Colombia. *Ciencia Y Poder Aéreo*, 14(1), 204-227. <https://orcid.org/0000-0001-5666-9465>
- Napal, M., & Zudaire, M. (2019). STEM. *La enseñanza de las ciencias en la actualidad*. Dextra. Necesaria la educación STEAM+H para cultivar un pensamiento y habilidades transformadoras, innovadoras y creativas para avanzar hacia un desarrollo sostenible. (2019). UNESCO. <https://es.unesco.org/news/necesaria-educacion-steamh-cultivar-pensamiento-y-habilidades-transformadoras-innovadoras-y>
- Panorkou, N., & Germia, E. F. (2021). Integrating math and science content through covariational reasoning: the case of gravity. *Mathematical Thinking and Learning*, 23(4), 318-343. <https://doi.org/10.1080/10986065.2020.1814977>
- Pequeños científicos. (s.f.). *FUNDACIÓN PROPAGAS*. <https://www.fundpropagas.com/la-mujer-en-el-universo-de-las-areas-stem/>
- Phuong Chi, N. (2021). Teaching Mathematics through Interdisciplinary Projects: A Case Study of Vietnam. *International Journal of Education and Practice*, 9(4), 656-669. <https://doi.org/10.18488/journal.61.2021.94.656.669>
- Sánchez, M. C., y Castro, J. F. (2013). Formación De Docentes De Matemática: Aspectos Relevantes. *Uniciencia*, 27(1), 2-14. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=475947762001>

- Sanders, M. E. (2008). Stem, stem education, stemmania. <https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/51616/STEMmania.pdf?sequence>
- Samková, L., Rokos, L., & Vizek, L. (2021). A Joint Assessment of Reasoning about General Statements in Mathematics and Biology. *Journal on Efficiency and Responsibility in Education and Science*, 14(4), 270-287. <http://dx.doi.org/10.7160/eriesj.2021.140406>
- Sede Manizales de la U.N., la primera del Eje Cafetero con aula STEAM. (2019). Universidad Nacional de Colombia. [https://www.manizales.unal.edu.co/manizales/news/sede-manizales-de-la-un-la-primera-del-eje-cafetero-con-aula-steam/?tx\\_news\\_pi1%5Bcontroller%5D=News&tx\\_news\\_pi1%5Baction%5D=detail&cHash=d4b4db42741050001f7444d3e266df00](https://www.manizales.unal.edu.co/manizales/news/sede-manizales-de-la-un-la-primera-del-eje-cafetero-con-aula-steam/?tx_news_pi1%5Bcontroller%5D=News&tx_news_pi1%5Baction%5D=detail&cHash=d4b4db42741050001f7444d3e266df00)
- Shaughnessy, J. M. (2013). Mathematics in a STEM context. *Mathematics Teaching in the Middle school*, 18(6), 324-324. <https://doi.org/10.5951/mathteacmidscho.18.6.0324>
- Tinh, P. T., Duc, N. M., Yuenyong, C., Kieu, N. T., & Nguyen, T. T. (2021, March). Development of STEM education learning unit in context of Vietnam Tan Cuong Tea village. *In Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1835, No. 1, p. 012060). IOP Publishing.
- Toledo, A. (2006). *Agua, hombre y paisaje*. Instituto Nacional de Ecología.
- Trigueros, M. (2018). Integración de la física y la matemática mediante problemas de modelación. *Uno: revista de didáctica de las matemáticas*, 8, 8-14. <http://hdl.handle.net/11162/189128>
- Turner, A., Logan, M., & Wilks, J. (2022). Planting food sustainability thinking and practice through STEM in the garden. *International Journal of Technology and Design Education*, 32(3), 1413-1439. <https://doi.org/10.1007/s10798-021-09655-9>

- Vargas, D. L., y García-Martínez, Á. (2021). EDUCACIÓN STEM, UN CAMPO DE INVESTIGACIÓN EMERGENTE: ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO ENTRE 2010--2020. *Investigações em Ensino de Ciências*, 26(3), 195-219. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2021v26n3p195>
- Vasquez, J. A., Sneider, C. I., & Comer, M. W. (2013). STEM lesson essentials, grades 3-8: Integrating science, technology, engineering, and mathematics. <https://www.heinemann.com/products/e04358.aspx>

## Apéndices

### Apéndice A

#### *Relatoría de la sesión 1*

#### **Sesión 1: Integración de contenidos de matemáticas y ciencias a través del razonamiento covariacional: el caso de la gravedad**

**Relator:** Jaime Ardila

**Correlator:** Yuli Pinzón

**Protocolante:** Yurley González

La sesión realizada el día 01 de octubre de 2022 presenta como discusión el artículo *Integrating math and science content through covariational reasoning: the case of gravity*, en español denominado Integración de contenidos de matemáticas y ciencias a través del razonamiento covariacional: el caso de la gravedad elaborado por Nicole Panorkou y Erell Feb Germia y publicado en el año 2021.

#### **Resumen:**

La integración del contenido matemático en la ciencia suele desempeñar un papel de apoyo, donde los estudiantes utilizan su conocimiento matemático existente para resolver tareas científicas sin exhibir nuevos significados matemáticos durante el proceso. Para ayudar a los estudiantes a explorar la relación recíproca entre las matemáticas y las ciencias, se diseñó un módulo instructivo que los motivó a razonar covariacionalmente sobre las cantidades involucradas en el fenómeno de la fuerza gravitacional. Los resultados

de un experimento de diseño de toda la clase con estudiantes de sexto grado mostraron que el razonamiento covariacional apoyó la comprensión de los estudiantes del fenómeno de la gravedad. Además, el examen del fenómeno de la gravedad proporcionó un espacio constructivo para que los estudiantes construyeran significados sobre cantidades covariantes. Específicamente, los estudiantes razonaron sobre el cambio en las magnitudes y valores de masa, distancia y gravedad a medida que cambiaban simultáneamente, así como el cambio multiplicativo de estas cantidades a medida que cambiaban entre sí. También razonaron multivariadamente ilustrando que coordinaron la masa y la distancia trabajando juntas para definir la fuerza gravitacional. Sus interacciones con el diseño, que incluía la herramienta, las tareas, las representaciones y el cuestionamiento, se mostraron como un factor estructurante en la formación y reorganización de los significados que exhibían los estudiantes. Por lo tanto, este estudio ilustra el tipo de actividad de diseño que proporcionó un espacio constructivo para las formas de razonamiento covariacional de los estudiantes en el contexto de la gravedad. (Panorkou y Feb Germia. 2021).

**Palabras clave:** Razonamiento covariacional, razonamiento cuantitativo, integración STEM, tecnología, experimento de diseño, gravedad.

#### **Análisis de la sesión:**

En primer lugar, el relator partió del concepto de razonamiento cuantitativo, el cual se comprende como el “análisis de un grupo de cantidades y objetos de estudios medibles”, es decir, se necesitan números específicos para llegar a un determinado número o resultado. Para el caso puntual de la fuerza gravitacional se requieren datos de cantidades medibles como la

masa y la distancia entre los objetos. En contraste, imaginar mentalmente los valores de dos cantidades que se cambian simultáneamente con el fin de llegar a una conclusión se define como el razonamiento covariacional. Por ejemplo, a un objeto es posible aumentar su masa y así podríamos concluir que también aumenta su gravedad. Ahora bien, conviene mencionar, que desde la ciencia se crea un módulo de inscripción que impulsa a los estudiantes a relacionar covariacionalmente sobre las cantidades involucradas en el fenómeno de la fuerza gravitatoria.

En este orden de ideas, surgió el interrogante: ¿Cuáles son las formas de razonamiento covariacional numérico y no numérico? Ante dicha cuestión se expresó que en el razonamiento covariacional numérico se relacionan cantidades aportando valores numéricos para ello. Así, el estudiante podría relacionar magnitudes y cambio sustancial entre ellas dándoles valores a cada una. Lo anterior, con el fin de que perciban que la fuerza gravitacional entre objetos, que en el momento que cambie una de las magnitudes, sea masa o distancia, también lo hará su homóloga. Por ejemplo, si en el cambio gravitacional cambia la masa, también lo hará la gravedad. Al ser no numérico, el estudiante lo podrá hacer por un razonamiento lógico sin tener en cuenta magnitudes o números descriptivos hacia esta, es decir, para un estudiante es posible concebir la gravedad como una cantidad que depende de las masas de los dos objetos y su distancia y; también poder construir relaciones entre esas cantidades (a medida que aumenta la distancia entre dos objetos, la gravedad disminuye) sin asignar ningún valor numérico a las cantidades involucradas.

En este punto, surgió en la sesión la siguiente pregunta: ¿cuál sería la relación conceptual a la que se pretende llegar con la fuerza gravitacional y el razonamiento covariacional? Ante esta cuestión, se llegó a la idea que desde el momento que se concibió el concepto de la gravedad (concepto físico, y análogamente con enfoque matemático), las fórmulas con las que se fundamentaron se basaron desde la mirada o perspectiva del enfoque variacional. A esto se respondió puntualizó que lo que, covariacional, al ser la variación y cambio de dos cantidades, en este caso, entre magnitudes como (masa y distancia); si una cambia, las otras también lo hacen. No obstante, se podría tomar como una constante, (y de hecho así se toma y como se enseña en las instituciones educativas), esta varía según la masa y distancia.

Además, se debe tener en cuenta, el espacio geográfico, la proximidad hacia el centro y valores que influyen para el cambio gravitacional, porque la gravedad no solo ocurre cuando acontece la caída libre de un objeto. De forma análoga, en los colegios se enseña solo el concepto de caída libre y se examina la caída de los objetos, al mismo tiempo que, se le pide al estudiante que calcule la gravedad dados los valores de masa y distancia. Como consecuencia, solo se profundiza en las magnitudes de caída libre y, se deja de lado los valores que pueden variar el cambio gravitacional, como los que se mencionó anteriormente.

De acuerdo con lo anterior, el eje principal de la presente investigación es construir y relacionar significados e ideas que tenían los estudiantes en torno a la gravedad. La base fue una clase de matemáticas expuesta en el artículo, y el entorno en el cual ocurre la investigación: estudiantes de sexto grado y su maestro de una escuela estadounidense. De esa

clase surge una pregunta: ¿tendrán el rendimiento académico relación directa con la situación económica de los estudiantes? Pues a la población del estudio, al ser de familias con bajos recursos, podría haber una diferencia a que se hiciera con estudiantes de altos ingresos. En primera medida se concuerda que los estudiantes, a pesar de ser de bajos recursos, cumplieron los objetivos de los investigadores, no obstante, es posible que haya una brecha en materia de educación por la situación económica de los estudiantes.

En este proyecto se les ofreció a los estudiantes que explorarán la simulación *Gravity Force Lab* y después fueran partícipes de cierto número de tareas. De aquí, se identificaron tres categorías de significados acerca de las cantidades y sus relaciones, las cuales se expresan a continuación:

- a) una coordinación bruta de las magnitudes de las cantidades
- b) una coordinación del cambio multiplicativo de los valores de las cantidades
- c) una coordinación de valores y covariación continua gruesa parcial.

De lo anterior, se evidencia que los estudiantes encuentran una relación entre la masa, y los objetos analizados (gravedad y distancia). A partir de allí, se pueden generar preguntas orientadoras como lo son (activadoras y de control). Lo propuesto en la sesión podemos concluir que, por su parte, la pregunta orientadora da normas y reglas que puede llevar a cabo la relación entre masa, objeto etc. La pregunta activadora da el sentido a impulsar a los estudiantes a que continúen en el proceso e incita a buscar, a que se cuestionen hacia nuevos interrogantes y sobre qué más pueden encontrar, y la pregunta de control se basa en que, si

hay un error, por medio de estas preguntas se busque un mejor camino y organización, es decir, monitorear la comprensión de los estudiantes.

Para dar sentido al razonamiento covariacional no numérico se trabajaron un conjunto de tareas en las que los estudiantes desmarcaron la casilla de verificación "mostrar valores" en la simulación para ocultar los valores numéricos, para que ellos manipularan la masa y la distancia en la simulación en relación con el cambio de gravedad. En consecuencia, se tienen en cuenta las imágenes 'grueso' y 'suave', las primeras implican un cambio grande de un factor, por ejemplo, al cambiar la masa de 10 en 10 observar qué ocurre con la gravedad. La segunda imagen mencionada se refiere a un cambio continuo de un factor, por ejemplo, que la masa cambie de manera continua. En otras palabras, en ambos casos hay un cambio de la gravedad, pero según sea el caso, puede cambiar de forma gruesa o suave.

Seguidamente, surgió la pregunta: ¿Las masas que se vislumbran en la investigación no son imantadas, es decir, están quietas-estáticas? ¿Cuándo aumenta la masa es posible realizar un cambio de la distancia? Ante esto, se mencionó en la sesión que no, porque el software está limitado entre la masa y la gravedad o la distancia, ya que no está hecha para las tres magnitudes al mismo tiempo. Así, de forma automática se verá la fuerza de gravedad cuando haya un cambio únicamente en la masa o en la distancia. Cabe aclarar que, el cambio sólo ocurre en una magnitud. Así, dentro de los resultados está que los estudiantes notaron que la fuerza de gravedad es directamente proporcional con la masa.

Para el siguiente conjunto de tareas los investigadores dieron preguntas a los estudiantes como, si triplicas las masas de ambos objetos, ¿qué sucede con la gravedad?, ¿Qué

sucede si reducimos a la mitad la distancia entre los dos objetos? Para las cuales, se menciona retoma en la sesión que esto en matemáticas se conoce como indagación, y desde su definición misma matemática o científica se desea encontrar el punto crucial en donde los procesos de ambas áreas (STEM) están entrecruzadas. En este instante, se menciona que la modelación hace parte de ambas áreas del conocimiento, de la física como de las matemáticas.

Por otra parte, es importante mencionar que existe una relación fuerza gravitacional, matemáticas y física para el enfoque de enseñanza STEM. La matemática no sólo sirve para sumar, restar y demás, dado que en cuanto a los resultados se puede concluir que todos los estudiantes hicieron conjeturas correctas sobre el cambio de gravedad.

Para el tercer conjunto de tareas llevado a cabo por los investigadores, se les pidió a los estudiantes que utilizaran el programa de simulación, con ello recolectar datos y notar la relación entre masa con gravedad y distancia con gravedad, tanto en tablas como en gráficas; con el fin de analizar la manera en que se crearían nuevas reorganizaciones de los significados de los estudiantes. Los investigadores hacen preguntas como: ¿qué patrón viste en esa tabla (masa y gravedad) ?, ¿puedes decirme cómo se verá el gráfico?, ¿vieron un patrón en las tablas y gráficos? Los estudiantes dijeron que la gráfica daba cuenta de dos cantidades simultáneas. Además, los estudiantes señalaron durante la investigación que las dos cantidades poseían cambio. De allí se concluye la importancia de la conversión entre diferentes medidas y magnitudes.

El objetivo o el fin de la investigación que hicieron los investigadores fue el de observar si estas diferentes representaciones apoyan nuevas reorganizaciones de los

significados de los estudiantes. Asimismo, se resalta durante el seminario, que en este momento de la investigación se puede relacionar con la Teoría de los Registros de Representación de Duval, porque al usar distintas representaciones semióticas del mismo objeto matemático se enriquece la comprensión del concepto.

Para concluir la sesión, se indaga en si esta investigación es STEM, o interdisciplinar o en dónde se podría su posible clasificación clasificar. Se menciona en primer momento que sí es interdisciplinar porque se ven implícitas las disciplinas que contiene, y aparte se refuerza la ciencia como la matemática en la investigación STEM. También, se menciona que hay uso de tecnología dentro de esta propuesta; sin embargo, los estudiantes no se valieron directamente de ella; se utilizó para la representación y simulación de los datos como tal, entonces no existe razonamiento pensamiento computacional. En suma, este artículo aborda un proyecto que suma a proyectos educativos interdisciplinarios, sin embargo, no forma parte del enfoque STEM.

### **Referencias Bibliográficas**

Panorkou, N., & Germia, E. F. (2021). Integrating math and science content through covariational reasoning: the case of gravity. *Mathematical Thinking and Learning*, 23(4), 318-343. <https://doi.org/10.1080/10986065.2020.1814977>



## Apéndice B

### Relatoría de la sesión 2

#### **Sesión 2: Enseñanza de matemáticas a través de proyectos interdisciplinarios: un estudio de caso en Vietnam**

**Relator:** Yurley González

**Correlator:** Jaime Ardila

**Protocolante:** Yuli Pinzón

La sesión realizada el día 25 de octubre de 2022 presenta como discusión el artículo *Teaching Mathematics through interdisciplinary projects: a case study of Vietnam*, en español denominado Enseñanza de matemáticas a través de proyectos interdisciplinarios: un estudio de caso en Vietnam elaborado por Nyugen Phuong Chi y publicado en el año 2021.

#### **Resumen**

La enseñanza integrada o interdisciplinaria es un enfoque que anima a los estudiantes a sintetizar el conocimiento de más de una disciplina para resolver problemas. Se enfocó en los intereses de los estudiantes, una conexión de temas, el uso de situaciones auténticas y técnicas de resolución de problemas. Este estudio tuvo como objetivo aclarar el concepto de enseñanza interdisciplinaria, al identificar cómo se pueden integrar diferentes materias en un plan de estudios y cómo se puede desarrollar y organizar el trabajo interdisciplinario en las aulas de matemáticas. El estudio sintetizó ideas, conceptos y modelos en la enseñanza interdisciplinaria. Luego, el estudio discutió cómo aplicar la teoría explorada de la enseñanza interdisciplinaria en la situación matemática vietnamita. Se encontró que

los proyectos deben ser utilizados para la educación matemática interdisciplinaria. Se propuso un proceso de cuatro pasos para diseñar un proyecto interdisciplinario para las aulas de matemáticas vietnamitas. En este estudio se introdujeron dos proyectos interdisciplinarios de Matemáticas que involucraron a la Biología como segunda materia. Estos son ejemplos de cómo construir un proyecto interdisciplinario basado en el proceso de cuatro pasos. A través de estos proyectos, los alumnos pudieron saber cómo integrar habilidades y conocimientos de las dos asignaturas Matemáticas y Biología para resolver un problema de la vida real (Phuong Chi, 2021, p.1).

**Palabras clave:** Currículo integrado; Enseñanza integrada; Proyecto/educación de matemáticas interdisciplinarias; Aprendizaje en base a proyectos; educación STEM.

### **Análisis de la sesión**

Se inicia la sesión con el resumen del documento, destacando que el propósito principal es aclarar la enseñanza interdisciplinaria al identificar cómo se pueden integrar diferentes materias en un plan de estudio, así como se pueden desarrollar en un trabajo interdisciplinario en las aulas de matemáticas, siendo aquel enfoque el que permita resolver problemas sobre los intereses de los estudiantes. Para ello, se estructuraron dos momentos claves, uno de índole investigativo y otro que remarcó un diseño de clase. Así, en un primer momento se realizó un estudio de varias investigaciones sobre enseñanza interdisciplinaria, a partir de esta indagación se pudo ver de qué manera podrían aplicarla en el aula, específicamente, en las aulas de matemáticas de Vietnam. Después de hacer ese estudio bibliográfico, se propuso un proceso de cuatro pasos para diseñar este proyecto interdisciplinario: elegir un tema de

proyecto, identificar conocimientos y habilidades necesarios, diseñar tareas de aprendizaje y evaluar.

En este orden de ideas, se afirma explícitamente en el artículo que la producción elaborada se hace con matemáticas y biología como segunda materia, con lo cual surgió la pregunta del correlator: ¿Si aquella expresión es correcta en el modelo interdisciplinario? A lo cual, se aclaró que en este enfoque se debe dar el mismo nivel entre las áreas empleadas. Por ello, hay que decir que son una relación entre matemáticas y biología con el mismo nivel de importancia en cada asignatura, donde se provoca la necesidad de aplicar algún concepto de una en la otra y no solo que sirva de apoyo, por ejemplo, solo de operaciones.

Luego, se expresa por parte de la relatora que la originalidad de este estudio es el concepto de enseñanza interdisciplinaria y a partir de ahí, se organiza este trabajo interdisciplinario en las aulas de matemáticas vietnamitas basado en el modelo ABP (Aprendizaje Basado en Proyectos), es decir, ellos hacen el estudio de enseñanza interdisciplinaria de cómo deben ser los procesos de enseñanza y cómo el maestro actual debe interactuar efectivamente ante los estudiantes. En consecuencia, atendiendo a la información recolectada, crean su propio diseño.

A continuación, como introducción se menciona que las matemáticas son consideradas como una materia importante dentro del currículo escolar, incluso, la nombran como una de las más importantes. Por tal motivo, se requiere reforzar problemas que intentan relacionarse con la vida real, ya que los estudiantes muestran algunas dificultades cuando se les plantean este tipo de problemas, puesto que no solo se necesitan de los conocimientos

matemáticos, sino de dialogar y relacionar otros conocimientos. Lo anterior, por lo que, al mencionar que la ejecución de anteriores investigaciones ha demostrado que los estudiantes en un plan de estudios integrado siempre demuestran un rendimiento académico mucho más alto que los estudiantes con un programa basado en disciplinas por separado.

De esta manera, en el primer momento el relator menciona que para la construcción del diseño se tuvieron en cuenta bases teóricas que enuncian la asociación de disciplinas. Así pues, se fue especificando los entornos a recorrer dando sentido a la multidisciplinariedad, empleando las materias por separado con un tema en común; interdisciplinariedad, donde se combinan las áreas de estudio conjunto a la necesidad del tema por reconocerse mutuamente y transdisciplinariedad, con la intención de ver más allá las necesidades estudiadas en el aula mencionadas. También con correlación, fusión y currículo básico.

Con lo anterior, se interpreta la interdisciplinariedad como un modelo de mejor recorrido de asignaturas, claramente con énfasis en matemáticas y ciencias, donde surgen más explícitamente los cuatro pasos a los que se llegaron con la indagación teórica y fundamentados para pasarlo al diseño, así se tienen: elegir el tema del proyecto: revisar los planes de estudios de las disciplinas integradas y poner en paralelo con los estándares asignados; identificar saberes y destrezas necesarias; preparar las actividades de aprendizaje: orientar a tareas que apoyen su proceso y desarrollo en cada clase; diseñar herramienta de evaluación: valorar e impulsar a los estudiantes en la participación.

En concordancia, se recrean dos proyectos guiados por el modelo pedagógico ABP, aclarando que se diseñaron, pero no se aplicaron. Estas propuestas se enfocaron para el

último año de secundaria, es importante mencionar que estas están basadas en la probabilidad y la genética. En el primer proyecto se propone la formación de grupos, en cada uno de ellos se consultan diferentes temáticas, integrando probabilidad y genética. Así, se asigna el albinismo para identificar las enfermedades genéticas que surgen con esta patología, con la idea de percibir cómo los estudiantes reconocen cada particularidad.

Dentro del seminario, Aquí, surge una crítica dentro del seminario al documento sobre la dispersión por grupos como de temas que se hace a los estudiantes para luego “socializar”, la cual enuncia en los parámetros del documento, que ellos pueden comunicar y ser receptores de la información. Aun así, no se garantiza el aprendizaje dado para cada temática, porque hay una diferencia cognitiva entre revisar información y trabajar/-profundizar en ella. Asimismo, durante la sesión, se acuerda que es propicio mezclar varias concepciones de genética y no solo centrarse en el albinismo, sino adicionar información relevante como cercana a los estudiantes sobre el comportamiento de los genes, como en aspectos raciales, embarazos de mujeres mayores y/o menores de cierta edad, entre otros; con el fin de generalizar las (otras) reflexiones que surjan sin sesgar los prototipos, complementando la importancia de direccionar las preguntas en cada actividad, que no limiten pero orienten a los estudiantes a alcanzar objetivos del proyectos y llevarlos más allá de lo evidente en cada evento.

En el segundo proyecto se da la progresión geométrica en los procesos de mitosis, para encontrar el número de células producidas, y se presenta el mismo procedimiento del primer proyecto al repartir temáticas en los equipos trabajados, uno trabajando la

reproducción, otro con progresión geométrica y no asocia propiamente todos los temas, lo que no refleja completa interrelación entre las temáticas interdisciplinarias a abordar.

Para finalizar, entre las reflexiones suscitadas es preciso dar un punto a favor del trabajo realizado con la idea de recolectar información válida para conectarla al proyecto y a partir de sustentaciones teóricas abordadas se intentara construir un diseño propio que usaran un modelo pedagógico y un plan interdisciplinar, lo cual permitiría apuntarse a cumplir logros de apoyo en el aula, tanto en la enseñanza impartida por los maestros como en el aprendizaje contextual y con sentido para los estudiantes.

Sin embargo, se denota que los proyectos sugeridos no se hacen completamente interdisciplinarios porque sugiere en algunos ítems repartir temas de indagación, con lo cual se limita a los participantes a que exploren de manera autónoma haciendo uso de saberes y destrezas. En suma, se reconoce el modelo pedagógico aprendizaje basado en proyectos, el cual requiere la exposición de resultados como producto final del modelo pedagógico de referencia en este diseño, debido a que es posible la realización de una feria científica para exponer un producto final. Con el fin de que el desarrollo no se valore sólo de manera sumativa y al final de las actividades, sino valorar el desenvolvimiento en todo el transcurso de la jornada.

### **Referencias Bibliográficas**

Phuong Chi, N. (2021). Teaching Mathematics through Interdisciplinary Projects: A Case Study of Vietnam. *International Journal of Education and Practice*, 9(4), 656-669.  
<https://doi.org/10.18488/journal.61.2021.94.656.669>

## Apéndice C

### Relatoría de la sesión 3

#### **Sesión 3: Sembrando el pensamiento y la práctica de la sustentabilidad alimentaria a través de STEM en el jardín**

**Relator:** Yuli Pinzón

**Correlator:** Yurley González

**Protocolante:** Jaime Ardila

La sesión realizada el día 02 de noviembre de 2022 giró en torno al *artículo Planting food sustainability thinking and practice through STEM in the garden*, en español Sembrando el pensamiento y la práctica de la sustentabilidad alimentaria a través de STEM en el jardín, escrito por Ángela Turner, Marianne Logan y Judith Wilks, publicado en el año 2021.

#### **Resumen**

La educación en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM, por sus siglas en inglés) ha sido identificada como un área clave de enseñanza y aprendizaje para desarrollar el conocimiento y las habilidades de los estudiantes sobre el pensamiento crítico interdisciplinario y la resolución de problemas (se usó el término 'interdisciplinario' porque el conocimiento y los métodos de la disciplina se integraron de diferentes disciplinas en el proyecto que utilizaron una síntesis de enfoques). La posición sostenida por varias partes interesadas del gobierno, la industria y la educación es que el aprendizaje STEM, a través de diferentes etapas de la educación, permitirá a los estudiantes alcanzar su máximo potencial. La base de esta investigación fue una respuesta a una necesidad expresada por

la comunidad escolar articulada a través del deseo del director de una escuela primaria de integrar el aprendizaje STEM en el aula. Como consecuencia, en esta investigación participaron tres escuelas primarias de las regiones de la costa norte, Nueva Gales del Sur (NSW), Australia. En particular, el proyecto facilitó el aprendizaje profesional de los docentes a través de experiencias auténticas de enseñanza y aprendizaje junto con estrategias transferibles de enseñanza y evaluación para el aula. Los entornos rurales y remotos de las escuelas influyeron en el diseño del programa. La metodología se basó en *Technacy Genre Theory* para enmarcar los dominios de aprendizaje interdisciplinario: Ciencias (alfabetización de prueba de hipótesis); Tecnología (microscopio digital y conocimientos de robótica); Ingeniería (sistemas alimentarios y conocimientos de biotecnología) y Matemáticas (recopilación de datos y conocimientos de estadística) (Turner et al., 2022).

**Palabras clave:** STEM, Evaluación, Sostenibilidad alimentaria.

### **Análisis de la sesión**

Se inicia la sesión resaltando que esta investigación se basó en el trabajo del director de una escuela australiana, con el fin de integrar las áreas STEM en un aula de primaria. En esta investigación participaron tres escuelas primarias de regiones australianas. El modelo utilizado fue el TGT (*Technacy Genre Theory*) para marcar el aprendizaje interdisciplinario como tal. Cabe resaltar que, este estudio es consecuencia del anhelo expresado por la misma comunidad escolar con el fin de implementar el modelo STEM en el aula, así como la necesidad del mismo currículo académico de adaptarse al modelo STEM y poderlo

implementar finalmente en clase. Este proyecto dio herramientas para los docentes por medio de estrategias de enseñanza, aprendizaje y evaluación para el aula. Aunque está dirigida para grados de primaria, también se da una sugerencia para abordarse en grados superiores.

En este orden de ideas, la metodología utilizada fue el enfoque interdisciplinario de ciencias, a través de alfabetización de prueba de hipótesis que surgen dentro del proyecto, el cual hace hincapié en la interdisciplinariedad de las áreas abordadas desde el enfoque STEM. El uso de tecnología dentro del proyecto se usa por medio de microscopio digital, conocimientos de robótica e indagación desde bases de datos; la ingeniería, se utiliza desde el análisis de sistemas alimentarios y profundización en conocimientos de biotecnología, y matemáticas se toma en cuenta la recopilación de datos y conocimientos de estadística. Es de resaltar que, en el documento se mencionan las actividades a realizar y se aborda en torno a los objetivos de la investigación. Sin embargo, no se hacen explícitas las actividades como tal; se da un cronograma sin abordar detalladamente cada una de ellas. Lo que sí se aborda son los temas o conocimientos que se pueden introducir desde cada área como ciencia, ingeniería, tecnología y matemáticas.

Para el contexto australiano, dentro de sus escuelas y para este caso puntual, en las escuelas primarias, posee un imperativo desde el enfoque político socioeconómico, que se basa en el desarrollo del capital humano y del crecimiento económico; todo esto, desde la implementación de la educación STEM. En este orden de ideas, en las metas que se tienen dentro la investigación, no solo se tiene como objetivo el plano educativo, sino que también se resalta el aspecto social y humano que posee cada niño y docente. En ese sentido, se resalta

la pertinencia de estas metas, puesto que el aprendizaje que se da en la investigación busca que el estudiante aprenda con enfoques sociales y de vida. Por ende, el conocimiento que se adquiriera en la escuela se podrá relacionar y aterrizar a la realidad del estudiante y no como un conocimiento aislado de su existencia.

Por otro lado, desde el enfoque STEM se da una conexión con la vida diaria y contexto social que vive el estudiante. La investigación al realizarse en entornos rurales y al implementar sistemas digitales para el desarrollo del estudio, acercó y motivó a los estudiantes, pues la investigación se relacionaba con su entorno y su contexto diario de vida. Así, procesos como el razonamiento y la resolución de problemas en los estudiantes se pueden llevar a cabo desde varias disciplinas del saber académico.

Tradicionalmente se enseña al estudiante contenidos y se les da guías para que “aprendan” matemáticas sin más. No se les da un significado a lo que están aprendiendo ni una relación con otras áreas del conocimiento y la realidad misma. Se hace referencia en la sesión que, desde la educación STEM se pretende enseñar a los estudiantes, las matemáticas con la labor que esta misma cumple en la sociedad. La ciencia, tecnología y la ingeniería son campos del conocimiento que están impregnados en cada rincón de la vida tanto en el estudiante como en el maestro; y pensarse estas disciplinas sin las matemáticas no sería posible, allí está la suma importancia que tienen las matemáticas y su aprendizaje. Entonces, la educación STEM se convierte en una herramienta clave para encontrar significado y desarrollar el valor que tanto tiene las matemáticas para, no solo las áreas que ya se mencionaron, sino para toda la realidad misma.

En el desarrollo del seminario se profundiza sobre la importancia de promover procesos que favorezcan la implementación de habilidades interconectadas que son independientes de la colaboración con otros. Entonces, se considera necesario que niños y jóvenes desarrollen habilidades blandas que transformen la manera en que piensan y que conciben la realidad. Es de resaltar que las habilidades blandas tienen un carácterístico emocional, es decir, se fundamentan en el desarrollo de destrezas y formación a partir de las emociones; en ese sentido, se toma al estudiante como ser que siente, que tiene altibajos y frustraciones durante el desarrollo de su aprendizaje y diario vivir. En contraste con lo discutido durante el seminario, el artículo da muestra del poco equilibrio entre habilidades blandas y el pensar lógico académico del estudiante, sino que se encamina hacia el área humana, en sus destrezas integradas y habilidades para la formación de las vocaciones, pues el alumno interactúa, siente y piensa.

Asimismo, los docentes poseen un papel de suma importancia dentro del enfoque STEM. Por lo tanto, es imprescindible que los profesores comprendan la enseñanza STEM, tanto a la hora de orientarlo como de evaluarlo. En ese sentido, se propone dar una dirección y orientación para que los docentes tengan una idea de cómo manejar los componentes que se da en la interdisciplinariedad de áreas del conocimiento (STEM), pues ellos podrían tener clara la idea de cómo enseñar cada área en la cual dominan, pero a la hora de realizar una integración de las disciplinas no poseen la capacidad de realizarlo. Por ello, es importante señalar y tomar en cuenta cada área y estándares que se tienen en consideración para la hora de conectar diferentes áreas del conocimiento. Y dentro de esta interdisciplinariedad, se

busca la creatividad, la innovación y la fluidez a la hora de compartir saberes interdisciplinarios entre los estudiantes.

Análogamente, es de resaltar que, durante la sesión, se puntualiza que la investigación llevada a cabo en el artículo es mixta. La primera, porque se dan estadísticas de cómo fue el comportamiento que surgió en los participantes, antes, durante y después del estudio. La segunda, debido a que se dan conclusiones y estas dependen del proceso que surgió durante la investigación.

En suma, se menciona que el objetivo de la investigación es hacer énfasis en la enseñanza y aprendizaje para los estudiantes sobre temas del diario vivir y la existencia cotidiana o en palabras de los autores: “profundizar el aprendizaje de los estudiantes sobre cuestiones del mundo real relacionadas con la sostenibilidad alimentaria y colaborar con otras escuelas para compartir nuevos conocimientos y entendimientos de los sistemas alimentarios sostenibles” (Turner et al., 2021).

En ese sentido, dentro de la investigación también se hace referencia a las aptitudes que tienen los docentes, las herramientas que se utilizarán y la manera en que se llevará a cabo el estudio. Para ello, los investigadores tuvieron preguntas claves para su análisis: ¿qué percepciones, actitudes y/o autoeficacias poseen los docentes de tercer grado de Educación Primaria sobre la enseñanza de la pedagogía de las Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM) en el contexto de la sustentabilidad ambiental alimentaria?, ¿qué conocimientos y competencias tienen los docentes sobre la programación STEM, la implementación en el aula y la evaluación en contextos de aprendizaje interdisciplinario para

los estudiantes de la Etapa 3?, ¿qué experiencias tienen los docentes de tecnología robótica, equipos científicos y dispositivos digitales en su enseñanza?

Como reflexión implícita, se deduce que el enfoque tecnológico es sumamente importante, pues al realizar un estudio o investigación se debe tener en cuenta el contexto del entorno y el momento en que se hace el análisis. Además, como se afirma en la reunión del seminario, se debe tener en cuenta que en una investigación con relación a la tecnología no será igual en un país desarrollado que en uno subdesarrollado, es decir, elaborado en una escuela con altos recursos económicos a una con bajos ingresos.

Por otro lado, a lo que los investigadores llamaron “La Agenda STEM” se llevó a cabo con el fin de integrar áreas del conocimiento dentro del currículo de clase. Además, aportar tiempo de calidad entre maestros y estudiantes. También, se buscó diversificar aspectos y temas que se ven en el aula, y no enseñarlas aisladas o con el ánimo de aprenderse sin un significado o sentido desde el contexto del mundo real que tiene el estudiante. De la misma manera, se debe incentivar las capacitaciones e investigaciones en las aulas para que los docentes puedan llevarlo a cabo en el salón de clase. En ocasiones, pareciese que las ciencias o la misma matemática fueran conocimientos inherentes a la academia solamente, y se deja de lado que a donde miremos están estas áreas.

En esta medida, surgen los siguientes interrogantes: ¿Cómo se podría realizar un encuentro entre los profesores de cada área para realizar una interdisciplinariedad de conocimientos? ¿De qué manera se podría profundizar cada experto en un tema para llegar a un conjunto de saberes? De hecho, en cada artículo se realiza una investigación en donde

cierto número de docentes se reúnen y trabajan en torno a la interdisciplinariedad de conocimientos, o propuestas pedagógicas con énfasis, en muchas ocasiones, a una sociedad ideal o entorno idóneo. Para ello, y en síntesis de la discusión llevada a cabo en el seminario, se afirma que es de suma importancia hacer un cambio de currículo y el enfoque de cada área.

A modo de reflexión, un ideal o camino por seguir, es preparar a los futuros maestros con interdisciplinariedad de saberes y áreas del conocimiento. También, resulta necesario un cambio de paradigma en la manera en que se dictan clases de toda área. Desde las Pruebas Saber hasta las clases en entornos cerrados. Si de cambiar se trata, se necesitaría de una transformación esencial y estructural de la manera en que se contratan profesores, egresan estos, metodologías, tradición escolar, etc.

En el mismo sentido, se hace mención que, en el contexto colombiano, existen colegios en donde se intenta realizar una práctica e implementar el enfoque STEM. Se llevan a cabo desde diferentes ambientes y materiales en donde a partir de distintas áreas se implementa interdisciplinariedad de conocimientos. Por ejemplo, un profesor de artes o matemáticas puede preparar actividades pedagógicas en donde se relacionen sus clases con otras áreas del conocimiento. Una oportunidad clave para implementar este enfoque es en primaria, pues los docentes allí se preparan y enlazan varias áreas del conocimiento, la interdisciplinariedad utilizada en primaria es una demanda de estos mismos niveles escolares.

Se aclara en el estudio hecho en el artículo que se implementó el enfoque STEM por medio de ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas. Desde las ciencias, específicamente desde la biología, se relacionó a esta como una herramienta fundamental para el enfoque STEM; y es que, los estudiantes podrían estudiar o indagar por medio de la biología, la fotosíntesis y manera de crecer las plantas, patrones climáticos cambiantes, etc. Así pues, los niños más pequeños podrían analizar, por ejemplo, la texturas y colores de las plantas. Por otro lado, las matemáticas influyen, por ejemplo, en el análisis del regado de las plantas, la hora en que se hace y la cantidad de agua que se riega, se vería allí reflejado tamaño, forma, proporción, fracciones, etc. De hecho, desde el pensamiento variacional, se podría analizar este fenómeno desde una perspectiva numérica y medible, es posible simular o hacer un razonamiento mental (variación) para calcular el crecimiento y desarrollo de una planta. Del mismo modo, a partir de la tecnología, es posible utilizar esta herramienta para observar a nivel molecular la manera en que las plantas retienen agua por medio de microscopios digitales. También, desde un aparato tecnológico como la robótica se puede utilizar para realizar registro de datos, además analizar el pH del suelo, condiciones de luz y necesidades de agua; por medio tecnológico se encontraría una manera de riego más práctica y funcional. Por su parte, la ingeniería puede ser útil para el diseño y construcción del jardín: posición en que debe estar, cantidad de luz solar que recibe cada planta, drenaje de suelos y extracción de ADN.

Asimismo, durante la sesión del seminario se reafirma el reto que constituye abordar el enfoque STEM. Pues los estudiantes percibirán a las áreas de ingeniería, tecnología,

ciencia y matemáticas como conocimientos que se relacionan con su realidad. Así, se concibe a las matemáticas ya no como un hecho o conocimiento aislado, sino como una herramienta clave para su diario vivir. Cada área se verá pensada para la vida y hacedora de existencia, no como un conocimiento que se aprende para pasar una materia y luego olvidarla.

En este punto, es importante mencionar que la manera de evaluar en la investigación de primaria no fue una evaluación sumativa y que tuviera una nota al final, sino que se revisó cada proceso y avance del proyecto, principalmente lo que los niños pudieran percibir, observar y aprender en el proceso de aprendizaje. Se expresa en la sesión que, desde el enfoque STEM se evalúa paso a paso, pues no sólo se valora el producto final. Sino también la manera en que llegó a él; no sólo importa el resultado, sino que es de suma importancia el proceso y cada avance que se haga. Además, se valora el ingenio, estrategia, pedagogía, didáctica y aportes que se den en torno al proceso.

Ahora bien, en cuanto al desarrollo evaluativo es esencial tener en cuenta tres factores para llevarlo a cabo. En primera medida, la agencia humana, es decir, conocimientos, técnicas, condiciones y estructuras sociales. En segundo aspecto, los materiales y el lugar donde operan las personas. En tercer lugar, las herramientas y equipos apropiados según los materiales y datos; a partir de ellos, se valora la evaluación STEM.

Es de resaltar que, para la investigación, en cada letra de la palabra STEM, existe un significado en cuanto a la valoración que se obtenía del proyecto. Entonces, para la letra S: analizar, descubrir y generar nuevos conocimientos; T: sintetizar y diseñar una solución de acuerdo con los problemas en sociedad definida; E: usar conceptos matemáticos científicos

y tecnológicos para comprender y resolver problemas para el bien social; M: descubrir por qué existe el problema y probar lo fundamentado a través de los argumentos lógicos basados en suposiciones fundamentales. Allí se da cuenta de la filosofía de cada área del conocimiento en cuestión.

En conclusión, este estudio deja entrever herramientas inherentes a la educación STEM, con la finalidad de que los docentes tomen una postura diferente a la manera tradicional de enseñar cada área del conocimiento, como las matemáticas. Se expresa íntegramente en el seminario que, estas son posibles y plausibles enseñarlas no solo desde la interdisciplinariedad con otras materias, sino también teniendo en cuenta la vida diaria del estudiante, es una herramienta poderosa para entender y transformar la realidad.

### **Referencias Bibliográficas**

Turner, A., Logan, M., & Wilks, J. (2022). Planting food sustainability thinking and practice through STEM in the garden. *International Journal of Technology and Design Education*, 32(3), 1413-1439. <https://doi.org/10.1007/s10798-021-09655-9>

## Apéndice D

### *Relatoría de la sesión 4*

#### **Sesión 4. Educación STEM: integrar conceptos de fotometría a la clase de matemática usando tecnología**

**Relator:** Jaime Ardila

**Correlator:** Yuli Pinzón

**Protocolante:** Yurley González

La sesión fue realizada el 08 de noviembre del 2022 a partir de la discusión del artículo Educación STEM: integrar conceptos de fotometría a la clase de matemática usando tecnología escrito por Viviana Angélica Costa, Karina Amalia Rizzo y Juana Inés Gallego Sagastume, publicado en el año 2019.

#### **Resumen**

En este trabajo se presenta una actividad enmarcada en la Teoría Antropológica de lo Didáctico y en el enfoque de enseñanza STEM. La misma se realiza en el nivel secundario, habiendo sido adaptada de otra realizada en el nivel universitario, con el objetivo de vivenciar nuevas formas de hacer ciencia. Se propone investigar sobre una pregunta disparadora del área de la óptica, en especial de la fotometría. Para dar respuesta, se utiliza tecnología de bajo costo y al alcance de la mayoría de los jóvenes y docentes: dispositivos móviles y el software GeoGebra. Se describe la actividad y se presentan resultados. Finalmente se concluye que este estilo de iniciativa, en concordancia con las actuales

tendencias de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, es posible de desarrollar en cursos habituales de nivel secundario (Costa, Rizzo y Sagastume, 2019, p. 1).

**Palabras clave:** Fotometría; STEM; GeoGebra; Dispositivos móviles; Teoría antropológica de lo didáctico.

### **Análisis de la sesión**

Para iniciar, es importante mencionar que el estudio se realizó con estudiantes de quinto año de una institución secundaria de Buenos Aires, Argentina. Dicho proyecto, tenía como objetivos, en primer lugar, vivenciar en un curso de matemática de nivel secundario la enseñanza por investigación y, por otro lado, estudiar en un enfoque STEM conceptos de física y de matemática en forma articulada. De tal manera, se orienta a partir de una pregunta disparadora, la cual busca suscitar en los estudiantes múltiples impresiones investigativas que aporten de manera significativa al desarrollo de las actividades que componen el proyecto. Por tanto, es conveniente entender la pregunta: ¿Cómo regula el flash de la cámara el fotógrafo? como el eje focal que se asume para el proyecto. Por ende, previo a la realización de las etapas, en las cuales tienen lugar una serie de ejercicios, que respondieron a dicha pregunta, fueron las expresadas en la tabla 11.

### **Tabla A**

#### *Preguntas pre-laboratorio*

<b>Preguntas pre-laboratorio</b>
¿Qué entiendes por intensidad luminosa?
¿Cómo se mide la intensidad luminosa?

¿Cuáles son las unidades más usuales en las que se mide la intensidad luminosa?
¿La intensidad luminosa varía en función de la distancia al foco?
¿Conoces de qué forma varía?
¿Podrías dar otros ejemplos del uso de conocer la intensidad luminosa?
¿Sabes cuál ciencia estudia los efectos de la luz?

*Nota.* En la tabla se exponen las preguntas que se realizaron a los estudiantes participantes del proyecto que se analiza en el presente seminario.

En este punto, teniendo en cuenta las preguntas que se expusieron previamente, se propició una preparación conceptual a priori, con el propósito de dar inicio a la segunda etapa. Para ello, los estudiantes realizaron un experimento haciendo uso de sus celulares, en los cuales contaban con una aplicación descargada. Esta última, haría de luxómetro. Asimismo, conviene mencionar que, tenían como material de trabajo en laboratorio: una fuente luminosa y una cinta métrica. Para realizar el ejercicio práctico, se acordó oscurecer el laboratorio y generar la luz a cierta distancia, con el fin de que por medio del sensor pudiesen encontrar la medida de las distancias entre la fuente de luz y el sensor. Así pues, los datos encontrados se registraron en una tabla con el fin de que los estudiantes tengan constancia de lo realizado y puedan avanzar en sesiones posteriores.

De acuerdo con lo anterior, se retomaron los registros que habían realizado los estudiantes en la tabla atendiendo a la relación entre la distancia y la luminosidad. Lo precedente, da paso a la tercera etapa, en la cual se llevan a los estudiantes a una sala de cómputo, con el fin de que usen el software GeoGebra para que registraran los datos y los

analizaran a partir de lo que se habían investigado a modo de indagación previa al laboratorio. Ello, con el propósito de ajustar dichos datos por un modelo potencial de la forma  $f(x) = a \cdot x^b$ . A modo de cierre, los estudiantes debían aplicar los conocimientos adquiridos durante etapas anteriores mediante la resolución de una situación problemática planteada por el docente. Así pues, pudieron poner en diálogo lo aprendido durante un nuevo ejercicio para dar la expresión matemática de la Ley Física que relaciona la intensidad luminosa en función de la distancia al foco.

En suma, con lo analizado y, posteriormente, discutido en la sesión; se valoró que el artículo en cuestión menciona que hace parte de un proyecto planteado con enfoque STEM, no cumple con las características distintivas de esta filosofía. Lo anterior responde a que, si bien, el proyecto pretende hacer una articulación entre física y matemática, este no constituye un proyecto interdisciplinar, en el cual se evidencie la aplicación de dichas disciplinas para retar a los estudiantes en la resolución de un problema en situaciones reales cercanas a ellos. En ese sentido, resulta importante tener en cuenta lo afirmado por Lupiáñez y Ruiz (2016) quienes definen STEM como una estrategia educativa que trabaja de forma interdisciplinar, y en donde se procura experimentar los conceptos y temáticas a abordar mediante la experimentación directa en diferentes contextos con el fin de lograr un aprendizaje significativo.

En este orden de ideas, conviene comprender que los proyectos que se enmarcan como STEM deben cumplir como principal rasgo partir de un problema y desafiar al estudiante a poner en diálogo sus conocimientos en las disciplinas en la resolución del

mismo, de lo cual carece el proyecto enunciado en el artículo en cuestión, ya que se intentó generar espacios de aprendizaje articulados, sin abordar situaciones problemáticas reales quedándose así en matematizar un fenómeno aislado de la situación contextual del estudiantado.

### **Referencias Bibliográficas**

Costa, V, A., Rizzo, K. A., y Gallego Sagastume, J. I. (2019). Educación STEM: integrar conceptos de fotometría a la clase de matemática usando tecnología. *Revista De Enseñanza De La Física*, 31, 237–244.  
<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/>

## Apéndice E

### Relatoría de la sesión 5

**Sesión 5: Educación basada en la naturaleza: uso de senderos naturales como una herramienta para promover el aprendizaje de ciencias y matemáticas basado en la indagación en niños pequeños**

**Relator:** Yurley Gonzalez

**Correlator:** Jaime Manuel Ardila

**Protocolante:** Yuli Pinzón

La relatoría se emite tras el desarrollo de la sesión realizada el día 24 de noviembre de 2022, con el artículo en discusión *Nature-based education: using nature trails as a tool to promote inquiry-based science and math learning in young children*, en español denominado Educación basada en la naturaleza: uso de senderos naturales como una herramienta para promover el aprendizaje de ciencias y matemáticas basado en la indagación en niños pequeños elaborado por Carole K. Lee y Patti Ensel Bailie, publicado en el año 2019.

### Resumen

Los senderos naturales se pueden utilizar como una herramienta para que los niños pequeños aprendan sobre ciencias y matemáticas basadas en la investigación en un entorno abierto y natural. Un sendero natural brinda la oportunidad para que los niños desarrollen sus habilidades motoras gruesas al caminar o jugar en el sendero para mejorar las habilidades sociales al realizar actividades al aire libre con sus amigos. Las actividades de senderos naturales descritas en este documento están dirigidas a niños de prekínder a tercer

grado, entonces fueron creadas por maestros de la primera infancia en formación (PSECT) que asistieron a un curso de educación basado en la naturaleza de cinco semanas que se llevó a cabo a fines de la primavera o principios del verano. Las actividades basadas en la naturaleza respaldaron no solo los Estándares de Desarrollo y Aprendizaje Temprano de Maine (MELDS), sino también los Estándares de Ciencias de la Próxima Generación (NGSS) y los Estándares Básicos Comunes de Matemáticas (CCMS). Los PSECT disfrutaron creando las actividades y apreciaron los comentarios positivos de sus compañeros de clase cuando estaban probando las actividades en el camino. La creación de un sendero natural para niños pequeños fue una experiencia de aprendizaje nueva y reveladora para todos los PSECT, así se les animó como maestros a crear nuevas actividades basadas en la naturaleza que beneficiarían a sus futuros estudiantes (Lee y Ensel, 2019, p.2).

**Palabras clave:** Educación de la primera infancia; educación elemental; sendero de ciencias y matemáticas; educación basada en la naturaleza; aprendizaje basado en la indagación; profesor de pre-servicio.

### **Análisis de la sesión**

Para iniciar, se menciona que las actividades aplicadas se realizan en el bosque de la universidad, teniendo la naturaleza como un entorno de aprendizaje. Por otro lado, se tuvieron en cuenta los estándares académicos de matemáticas y de ciencias, con la idea de acoplar el ámbito práctico como teórico con sustentaciones educativas existentes apoyadas con la interdisciplinariedad. Así, se indican como objetivos del documento presentado:

promover el aprendizaje basado en la indagación de las ciencias y las matemáticas en los niños, apoyar la conexión de los niños con la naturaleza como un lugar donde puede aprender y jugar, familiarizar a los PSECT en el uso del mundo natural como vehículo para el desarrollo de los niños, y desarrollar la creatividad de los PSECT aprovechando los recursos del medio natural. Es así como se recorre el desglose de las cinco actividades como foco del proceso propuesto a través del artículo.

De acuerdo con lo anterior, la primera sesión, se requería encontrar patrones dentro del bosque, tales como: flores, hojas y animales, entre los cuales pueden hacer comparaciones sobre colores, texturas, tamaños y formas, generando así un análisis y descripción cualitativa de lo encontrado, con la idea de fortalecer entre los niños los sentidos. En el siguiente momento, los estudiantes son más contundentes con las múltiples cosas que logran hallar, debido a que se envían hula hula a lugares más específicos y con carteles de formas preseleccionadas se comprenden las particularidades de la zona, destacando también la integración de una lupa por si se desea detallar más cada objeto.

Así, en la tercera se continúa desarrollando el análisis al completar una etapa de aprendizaje por indagación, pero con luces ultravioletas para detectar científicamente los comportamientos de colores y sombras. Luego, en la cuarta sesión, se integra un diario de actividades, donde los alumnos indican los avances que obtuvieron y así informar en conjunto cada componente de asignación, adjunto se pueden apoyar en el diario con imágenes y videos de los prototipos indicados para informar entre compañeros lo obtenido personalmente.

Para finalizar, se brinda el principal logro del artículo buscando percibir el reto a alcanzar para el entorno con la quinta actividad, teniendo la idea de construir un refugio de hadas con los materiales obtenidos y con las condiciones estudiadas en sesiones previas. De esta manera, el refugio debe ser capaz de proteger un pequeño juguete, en este caso, un oso de peluche para que no se moje, aquí los niños pueden probar su refugio vertiendo vasos de agua sobre la construcción, entonces pueden probar y reconstruir la estructura, según sea necesario. En este apartado se destacan preguntas como:

**Tabla B**

*Preguntas de laboratorio*

¿Qué materiales elegiste para construir el refugio?
¿Por qué crees que tu refugio funcionará bien para evitar que el oso de peluche se moje?
Si pudieras volver a construir el refugio ¿Qué harías diferente?

*Nota.* En la tabla se muestran las preguntas que se hicieron a los estudiantes participantes del proyecto del artículo que se discutió en el seminario

En este orden de ideas, surgen como comentarios dentro del encuentro que las cuatro actividades iniciales se apoyan en procesos matemáticos y naturales, rescatando que apoyan la indagación como la búsqueda de patrones, involucrando el razonamiento, las cuales conducen a desarrollar la última actividad como reto real ante los niños; sin embargo, no representan el fuerte de la interdisciplinariedad porque indica un ámbito multidisciplinar que involucra componentes de las áreas pero no incorporadas entre sí, ya que se aprecia lo que se da de cada disciplina en forma separada.

Caso contrario en la actividad 5, la cual involucra el análisis y construcción de la casa de osos, donde los participantes recopilan habilidades de conocimiento de materiales, distinción de condiciones para armar la casa fortalecida y protectora, evitando la lluvia y debilitamiento de los materiales. Lo anterior, evidencia que los estudiantes no fueron instruidos por el docente para construir la casa, sino se les retó a que la fabricaran con lo que se encuentre en el bosque, así notarán qué va sucediendo a medida que se van utilizando los diferentes materiales. En este punto, se destaca la cantidad de palos y la calidad que debían tenerse en cuenta, además, se evidencia en la integración de la tecnología al recrear un artefacto que pudiera soportar el peso del oso de peluche, también la ingeniería desde la incorporación de diseño y construcción del refugio.

Para finalizar, se indica en la discusión de la sesión una mejora en la búsqueda, debido a que el enfoque de análisis ya logra centrarse en proyectos y/o actividades interdisciplinarias que reintegran las pautas a cumplir de la conexión con educación STEM, por esto, se hace soporte de muchos documentos que no han servido para desarrollar este seminario porque reflejan un vacío en la composición de áreas, reflejando un avance bibliográfico hasta la fecha de múltiples documentos previstos como STEM, pero que no cumplen con la intención de proponer retos a los estudiantes de manera ubicua, limitando a la población a sólo seguir una moda y no de reales pautas que caracterizan el enfoque como tal.

En adición, se indica que comprender la interdisciplinariedad dentro del ámbito escolar no es una tarea sencilla, es importante desarrollar el sentido de dicho enfoque para tomar

herramientas teóricas, incluso prácticas con experiencias de diversos proyectos realizados para determinar los componentes que comprenden STEM y permiten desarrollar habilidades de los aprendices, ya sea en ciencias y matemáticas, fortalecidas con la tecnología e ingeniería.

### **Referencias Bibliográficas**

Lee, C. K., & Ensel, B. P. (2019). Nature-based education: using nature trails as a tool to promote inquiry-based science and math learning in young children. *Science Activities*, 56(4), 147-158. <https://doi.org/10.1080/00368121.2020.1742641>

## Apéndice F

### Relatoría de la sesión 6

#### **Sesión 6: Conexión de las matemáticas y las ciencias en la educación STEM de la escuela primaria: modelado del crecimiento demográfico de las especies**

**Relator:** Yuli Pinzón

**Correlator:** Yurley González

**Protocolante:** Jaime Ardila

La sesión realizada el día 24 de noviembre de 2022 giró en torno al artículo *Connecting Mathematics and Science in Primary School STEM Education: Modeling the Population Growth of Species*, en español *Conexión de las matemáticas y las ciencias en la educación STEM de la escuela primaria: modelado del crecimiento demográfico de las especies* escrito por Genaro de Gamboa, Edelmira Badillo, Digna Couso y Conxita Márquez, publicado en el año 2021.

#### **Resumen**

En esta investigación, exploramos el potencial de utilizar una secuencia de enseñanza y aprendizaje basada en la investigación para promover la participación de los alumnos en prácticas que sean coherentes con las de la actividad matemática y científica del mundo real. Esta secuencia STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) fue diseñada e implementada por maestros en formación e investigadores de educación en ciencias y matemáticas con el objetivo de modelar el crecimiento de una población real de conejos. Los resultados muestran evidencia explícita de la participación de los alumnos en prácticas

matemáticas y científicas relevantes, así como descripciones detalladas de las conexiones matemáticas que surgieron de esas prácticas. Discutimos cómo estas prácticas y conexiones permitieron la construcción progresiva de modelos (Gamboa et al., 2021, p. 1).

**Palabras clave:** Conexiones; serie de Fibonacci; prácticas matemáticas; prácticas científicas; STEM.

### **Análisis de la sesión**

En primera instancia, se recalcan dentro de la investigación los aspectos teóricos y analíticos, enfatizando los resultados que pueden obtenerse dentro del trabajo de campo, es decir, dentro de la práctica de esta investigación. Esto, debido que, se traza dos objetivos principales. En primer lugar, se procura rescatar y resaltar minuciosamente cada aspecto que se obtiene como resultado desde cada área (matemáticas y ciencias). En segundo lugar, se pretende encontrar la relación que se tiene entre cada una de estas materias.

Es de resaltar que, en esta interdisciplinariedad de áreas se aportan herramientas valiosas para los docentes, las cuales son esenciales para llevar a cabo sus clases con el enfoque STEM. Los resultados a los que pretendieron llegar los investigadores son la evidencia explícita de la implicación e intervención por parte de los estudiantes en prácticas sobre matemáticas y ciencias. Asimismo, de las conexiones que se dan a partir de la interdisciplinariedad de estas áreas.

En este orden de ideas, se plantea por parte de los investigadores una secuencia didáctica con el objetivo de que se entienda e indague la manera en que varía el crecimiento

poblacional. Entonces, se lleva a cabo este análisis con una especie de animales en específico: los conejos. Para llevar a cabo esta secuencia didáctica de siete actividades, se da inicio con la lectura de un cuento sobre el crecimiento poblacional de los conejos por parte de los estudiantes. Allí se lee individualmente sin pedirle en primera instancia que haga operaciones, deducciones, etc. Luego de la lectura, se les hace preguntas a los estudiantes, tales como: ¿Qué pudieron destacar del cuento? Con esto, se le da una pregunta inicial al estudiante con énfasis a su conocimiento y la relación con su realidad. No se espera que el estudiante responda de forma “correcta”. Además, se menciona que, aunque en la primera parte del cuento los conejos no tenían depredadores, en la segunda parte del cuento estos pueden tener un menor número de especies, pues hay animales que pueden comérselos o competir por su hábitat y el alimento. Los anteriores rasgos cualitativos se dan en el cuento, pero sin mencionar explícita y cuantitativamente el número que varía de la especie de conejos.

Ahora bien, para la segunda actividad se les pregunta a los estudiantes qué sucedería con la población de conejos al pasar ocho meses, al año y a los cuatro años en este hábitat, según la primera parte del cuento (los conejos comienzan a crecer poblacionalmente, debido a que tienen acceso en su hábitat a la comida y agua). De la misma forma, se les indagó sobre qué pasaría en la segunda parte del cuento (en su hábitat con depredadores) para la población de conejos. Esto, con el fin de que se haga una relación entre cada hábitat como tal.

Por otra parte, en cuanto a la tercera actividad, se tiene como objetivo que los estudiantes den una interpretación numérica por representación gráfica. Es de resaltar, que a

los estudiantes no se les dijo si deseaban utilizar diagramas de barras, diagramas de círculo, etc., sino que, se les permitía encontrar la forma en que sea posible representarlos. Entonces, se les pidió a los estudiantes que organizaran los datos cómo se sintieran cómodos: puede ser oral y gráficamente. También, en cada actividad, al ser en grupos (excepto la primera que debían leer el cuento de forma individual), los estudiantes dialogaron entre sí, y al final de cada actividad se dan los puntos de vista que se llegaron entre cada grupo.

En este punto, se puntualiza en la sesión del seminario, que el enfoque STEM es por excelencia un reto para el estudiante, es decir, que él por medio de las matemáticas pueda relacionar los procesos matemáticos con su vida cotidiana, ya sea desde la ciencia, tecnología o ingeniería, pues es donde se profundiza la interdisciplinariedad de las áreas. Asimismo, se hizo hincapié en el estudiante y la manera en que este relaciona los conocimientos como tal. Por ejemplo, al relacionar el crecimiento poblacional junto la crisis que vivió y vive la humanidad como el COVID 19, se podría relacionar los nacimientos que hubo junto con las muertes de personas, que en su mayoría eran mayores o con enfermedades graves.

Entonces, por medio de la creación de un modelo desde la educación STEM, posibilita la fusión de los conocimientos en torno a las áreas que conforman dicho enfoque. Aunque pareciese que el artículo en cuestión tuviera enfoque STEM, por lo que se dijo anteriormente, esto no es así. Debido a que, dentro de la actividad llevada a cabo, se realiza un juego entre los estudiantes en donde ellos observan y analizan el hábitat en relación con el crecimiento poblacional, se indagó sobre la manera que variaría este crecimiento de la población. En síntesis, qué los podría afectar, ayudar o perjudicar en cuanto al crecimiento

o decrecimiento poblacional: natalidad y fallecimientos. En consecuencia, por medio de estos interrogantes no es puntual ni se espera que los estudiantes formulen desafíos y cuestionamientos. Desde el enfoque STEM se tiene como objetivo retar al estudiante, a pensar, a cuestionarse, a indagarse.

En concordancia con lo acordado en la sesión, se resalta el tema de crecimiento poblacional dentro del artículo, pero este último sin relación con el enfoque STEM. Debido que, al cuestionarse por el crecimiento poblacional únicamente, se ahonda en problemas y cuestionamientos matemáticos, al dejar de lado una interdisciplinariedad con otra área; por ejemplo, matemáticas e ingeniería, que es lo que se conoce como enfoque STEM. En ese orden de ideas, dentro de la investigación en cuestión, no se llevó a cabo esta interdisciplinariedad, pues se abordó desde las matemáticas netamente. Pues, no se basa en mencionar y explicar la manera en que crece y se desarrolla una población de conejos. Asimismo, se resalta que, si bien existen investigaciones que se presentan como STEM, estas no toman con rigor la interdisciplinariedad de sus áreas: ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas.

### **Referencias Bibliográficas**

Gamboa, G. D., Badillo, E., Couso, D., & Márquez, C. (2021). Connecting Mathematics and Science in Primary School STEM Education: Modeling the Population Growth of Species. *Mathematics (Basel)*, 9(19), 2496. <https://doi.org/10.3390/math9192496>

## Apéndice G

### Relatoría de la sesión 7

#### **Sesión 7: Integración STEM en sexto grado: diseño y construcción de puentes de papel**

**Relator:** Jaime Ardila

**Correlator:** Yuli Pinzón

**Protocolante:** Yurley González

La sesión realizada el día 06 de diciembre de 2022 giró en torno al artículo STEM *Integration in Sixth Grade: Desligning and Constructing Paper Bridges*, en español Integración STEM en sexto grado: diseño y construcción de puentes de papel, por Lyn D. English & Donna King, publicado en el año 2018.

#### **Resumen**

Este artículo informa sobre las respuestas de las estudiantes de sexto grado a un conjunto de actividades problemáticas que requerían la aplicación de conocimientos de matemáticas, ciencias e ingeniería para diseñar y construir un puente de papel que pudiera soportar una carga óptima. Aumentar la aplicación y la conciencia de las estudiantes sobre su aprendizaje disciplinario y cómo lo aplican en una actividad STEM integrada sigue siendo un desafío para los educadores. Al abordar este problema, se incluye un enfoque en la reflexión del conocimiento y el andamiaje del conocimiento a través de libros de trabajo para estudiantes que invitan a la reflexión. Entre los hallazgos se encuentran las capacidades de las estudiantes para planificar, diseñar, reflexionar, construir y rediseñar. La planificación de las estudiantes indicó que podían justificar su(s) tipo(s) de puente

propuesto(s), que a menudo incluían una combinación de tipos, al referirse a su comprensión de STEM. Al mismo tiempo, las estudiantes se mantuvieron conscientes de los límites del problema. Los bocetos de diseño de las estudiantes indicaron una conciencia de las limitaciones del problema, una comprensión de los principios básicos de ingeniería y una aplicación del conocimiento matemático y científico. Las reflexiones de las estudiantes sobre sus acciones les ayudaron a mejorar sus construcciones de puentes. Se presentan sugerencias para el andamiaje del conocimiento para facilitar la aplicación flexible e innovadora del aprendizaje STEM a nuevas situaciones problemáticas (English, L y King, D, 2018, p. 1)

**Palabras clave:** Integración STEM. Aplicación de conocimientos de matemáticas, ciencias e ingeniería. Diseño de ingeniería. Diseño/construcción de puentes. Andamios, reflexiones.

### **Análisis de la sesión**

En primera instancia, se comenta en la reunión acerca de las perspectivas de STEM e integración interdisciplinaria, enfocándose en las definiciones de algunos autores que aportan la base teórica necesaria. En este sentido, la científica Shaughnessy (2013) propuso una teoría de enseñanza científica y matemática en donde se incorpora el trabajo en equipo y la tecnología en la resolución de problemas.

Por otro lado, la autora menciona que STEM no es una división o plan de estudios, sino una mejora. Asimismo, en su estudio Shaughnessy (2013) advierte que “los programas pueden denominarse 'STEM', pero pueden ser simplemente una apariencia de STEM, donde

los enfoques no integran genuinamente las disciplinas y, por lo tanto, el aprendizaje en un área puede anular otras” (p. 2). Lo anterior, cobra sentido por la falta de experiencia de los docentes para realizar una integración entre disciplinas donde rete al estudiante a resolver una problemática. De acuerdo con ello, en el artículo se enfatiza que “como ocurre con muchas actividades de resolución de problemas, los estudiantes pueden simplemente trabajar de manera procedimental, a menudo preocupados por el contexto de la tarea y perder de vista el objetivo” (p. 2). En contraste, desde la perspectiva STEM el maestro en su rol de docente investigador puede adquirir las herramientas didácticas para diseñar un plan con enfoque interdisciplinario.

Ahora bien, conviene rescatar el carácter innovador de la propuesta de la autora, debido a que su mirada se dirige hacia la planificación de un proyecto STEM, el cual parte de las preguntas de investigación expresadas en la tabla 6.

### **Tabla C**

#### *Preguntas de investigación*

<b>Preguntas de investigación</b>
¿Cómo aplicaron las estudiantes su conocimiento de STEM?
a. ¿Cómo se evidencia en sus anotaciones preliminares de planificación y boceto de diseño?
b. ¿Al participar en los procesos de diseño de ingeniería?
¿Qué conocimiento de STEM fue evidente en las reflexiones documentadas de los estudiantes sobre su aprendizaje?

*Nota.* En la tabla se exponen las preguntas de investigación que orientan el desarrollo del proyecto que se aborda en el documento analizado para la séptima sesión del seminario.

En este punto, conviene comentar que un proyecto con enfoque STEM tiene como principal característica retar al estudiante a resolver un problema, para este caso en específico, se busca que los estudiantes pongan en práctica sus múltiples habilidades tanto científicas, matemáticas y de ingeniería con el propósito de construir un puente de papel que pueda soportar una carga óptima, que pueda pasar un barco, que mantenga una distancia prudencial de muelle a muelle y que se haga uso de mínimos materiales. Lo anterior, permitió discutir acerca de las disciplinas en cuestión atendiendo a la aplicabilidad de las mismas. Así pues, en matemáticas y ciencias se trabajan habilidades de estimación y medición; en ingeniería y tecnología la creación de un diseño que responda a las características específicas del proyecto.

Por otro lado, es relevante mencionar que el alcance del proyecto es diseñar un puente a partir de las condiciones dadas al inicio del proyecto. Para lo anterior, las estudiantes contaban con la libertad de diseño del puente, entre ellos se reunieron cuatro tipos: viga, armadura, voladizo y suspensión. De la misma forma, las estudiantes podían elegir los materiales para la construcción del mismo. Así pues, con el fin de registrar los diferentes hallazgos y avances del proyecto, las estudiantes hacían uso de un libro de reflexión, el cual puede entenderse como una bitácora. También, a modo de control después del diseño, realizaron una serie de pruebas de funcionamiento de los puentes.

De acuerdo con lo anterior, durante la ejecución del proyecto, las estudiantes realizaron una prueba piloto y reflexionaron acerca de lo elaborado hasta el momento. Entonces, partiendo de los hallazgos algunos consideraron pertinente rediseñar y ajustar los puentes elaborados. A modo de valoración grupal, la mayoría de los grupos se dedicaron a atender esas falencias en su proyecto, en contraste, otras estudiantes lograron los objetivos al primer intento. Luego de ello, comunicaron los resultados del proceso en una feria de la ciencia realizada en la institución. Lo mencionado previamente, permitió conversar en torno a los bocetos, en la medida en que aportaron a las estudiantes en comprender el problema dado.

Ante lo mencionado acerca del proyecto, conviene traer a diálogo el concepto de andamiaje y su relación con lo abordado en el artículo. Según la autora “aunque el andamiaje implica tradicionalmente interacciones entre un profesor y los alumnos, otras formas implican interacciones de los alumnos con los materiales del plan de estudios” (Wendell & Lee, citado por Lyn D. English y Donna King, 2010). Asimismo, dichas interacciones pueden ser dadas a partir del uso de libros de trabajo y cuadernos de anotación (Hertel, Cunningham & Kelly, 2017). En este sentido, en este estudio la relación del estudiante con el material didáctico fue significativa, ya que ese material sirvió como andamiaje (*scaffolding*, término en inglés) para ellos poner en prácticas sus habilidades científicas, matemáticas y de ingeniería.

Cabe señalar que, la población en la que tiene lugar el presente proyecto en años anteriores gozó de experiencias creativas que significó una ventaja para dar continuidad a la

experiencia de trabajar con enfoque STEM. En este aspecto, conviene resaltar que para la elaboración del proyecto se contó con el apoyo técnico de un ingeniero en las múltiples actividades que componen el plan para alimentar el proyecto.

Finalmente, a partir del análisis del artículo seleccionado para la sesión del seminario conviene señalar que este documento se ubica en la categoría de enfoque STEM, debido a que es complejo distinguir las áreas articuladas en el proyecto en cuestión, es decir, se trata de un plan compuesto como un todo, en el cual no se fraccionan las disciplinas. Por otra parte, la presente propuesta resulta relevante en cuanto a la población, la cual fueron únicamente niñas. Por ende, es relevante relacionar STEM con la disminución de la brecha de género, debido a que este movimiento ha ampliado su articulación con otras disciplinas, siendo este uno de sus propósitos. Lo anterior, responde a que históricamente a las mujeres se les ha subestimado ante algunas capacidades cognitivas de alta complejidad como científica, matemática, tecnológica e ingeniería. Ante esto, es prudente comentar que usualmente durante la infancia los niños interactúan con juguetes que incentivan la creatividad, tales como bloques y/o juegos de indagación, en contraste, las niñas se relacionan con elementos del quehacer del hogar o de belleza. Lo previamente mencionado, permite considerar lo advertido por González y Pérez (2018) que en la etapa escolar de los estudiantes:

Consciente o inconscientemente se tiende a valorar la importancia de la formación científica más para los niños que para las niñas, y a explicar el éxito por la inteligencia en el caso de los niños y por el esfuerzo en el de las niñas (p.13)

Por lo anterior, es importante que se quiebren esas brechas de género con el fin de que exista innovación y así erradicar las limitaciones sociales que han obstaculizado que las mujeres puedan estudiar lo que ellas deseen.

### **Referencias Bibliográficas**

English, L. D., & King, D. (2019). STEM Integration in Sixth Grade: Designing and Constructing Paper Bridges. *International Journal of Science and Mathematics Education, 17*(5), 863-884. <https://doi.org/10.1007/s10763-018-9912-0>

## **Apéndice H**

*Relatoría de la sesión 8.*

### **Sesión 8: Desarrollo de estudiantes de escuela de primaria de actitudes STEM y aprendizaje percibido en un plan de estudios integrado de robótica STEM**

**Relator:** Yurley Gonzalez

**Correlator:** Jaime Ardila

**Protocolante:** Yuli Pinzón

La sesión realizada el día 06 de diciembre de 2022 presenta como discusión el artículo *Development of elementary school students of STEM attitudes and Perceived Learning in an Integrated STEM Robotics Curriculum*, en español denominado Desarrollo de estudiantes de escuela primaria de actitudes STEM y aprendizaje percibido en un plan de estudios integrado

de robótica STEM elaborado por Yu Hui Ching, dazhi yang y sasha wang, Young Kyun Baek y steve swanson, Bhaskar Chittoori y publicado en el año 2019.

### **Resumen**

La robótica se ha defendido como un enfoque emergente para involucrar a los estudiantes de K-12 en el aprendizaje de ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM). Este estudio examinó los impactos de un plan de estudios de robótica integrado STEM basado en proyectos en las actitudes de los estudiantes de primaria hacia STEM y el aprendizaje percibido en un entorno después de la escuela. Tres maestros de primaria y dieciocho estudiantes de cuarto a sexto grado participaron en un programa de ocho semanas de duración. Se identificaron tres áreas específicas de aprendizaje percibido, incluido el aprendizaje y la conexión del contenido STEM, el compromiso, la perseverancia, el desarrollo y el desafío en el trabajo en equipo. Los hallazgos también identificaron las oportunidades y los desafíos en el diseño de un plan de estudios extraescolar de robótica integrada STEM para estudiantes de escuela primaria superior. Se discuten las implicaciones para futuros estudios de investigación y diseño curricular (Ching, et al., 2019, p.1).

**Palabras clave:** Robótica educativa, STEM, Actitudes STEM, STEM integrado, estudiantes de primaria.

### **Análisis de la sesión**

Al iniciar la sesión se indica la estrecha relación de este artículo con la tecnología, teniendo dentro del plan a desarrollar a la robótica integrada con otras disciplinas que se encuentran

en el plan de estudios principal de los estudiantes (matemáticas y ciencias). Aclarando así, que la robótica brinda a los alumnos oportunidades de aplicar conocimientos y habilidades de múltiples ramas, siendo una materia no limitada en sus estándares curriculares. De esta forma, se concibe la idea de observar e interactuar con juegos físicos y virtuales, aportando nociones de aplicación en el entorno para fortalecer el trabajo en equipo por medio de interacciones sociales, es decir, brindar a los estudiantes ambientes abiertos a la comunicación, razonamiento y resolución de problemas.

Con lo anterior, se logra rescatar el propósito del proyecto propuesto, el cual es recrear un modelo de vehículo que pueda encontrar vida en marte, con el objetivo de que se comprenda la elaboración de un robot que cumpla con ciertas características como desplazamientos en la misma línea, diversas direcciones y giros, a partir del uso de sensores que mejoren las funciones del artefacto a crear. Las anteriores, expuestas en una maqueta como modelo del entorno a visitar. Para hacer más específico el panorama de los saberes implicados en el artículo, se muestran los conceptos y prácticas inmersas en el desarrollo del proyecto STEM propuesto en Tabla 7. En suma, se menciona que el proyecto transcurre a través de 16 sesiones, con tareas explícitas para cada una de ellas identificadas brevemente en Figura 4.

#### **Tabla D**

*Conceptos y prácticas involucradas en el plan de estudios de robótica integrada STEM.*

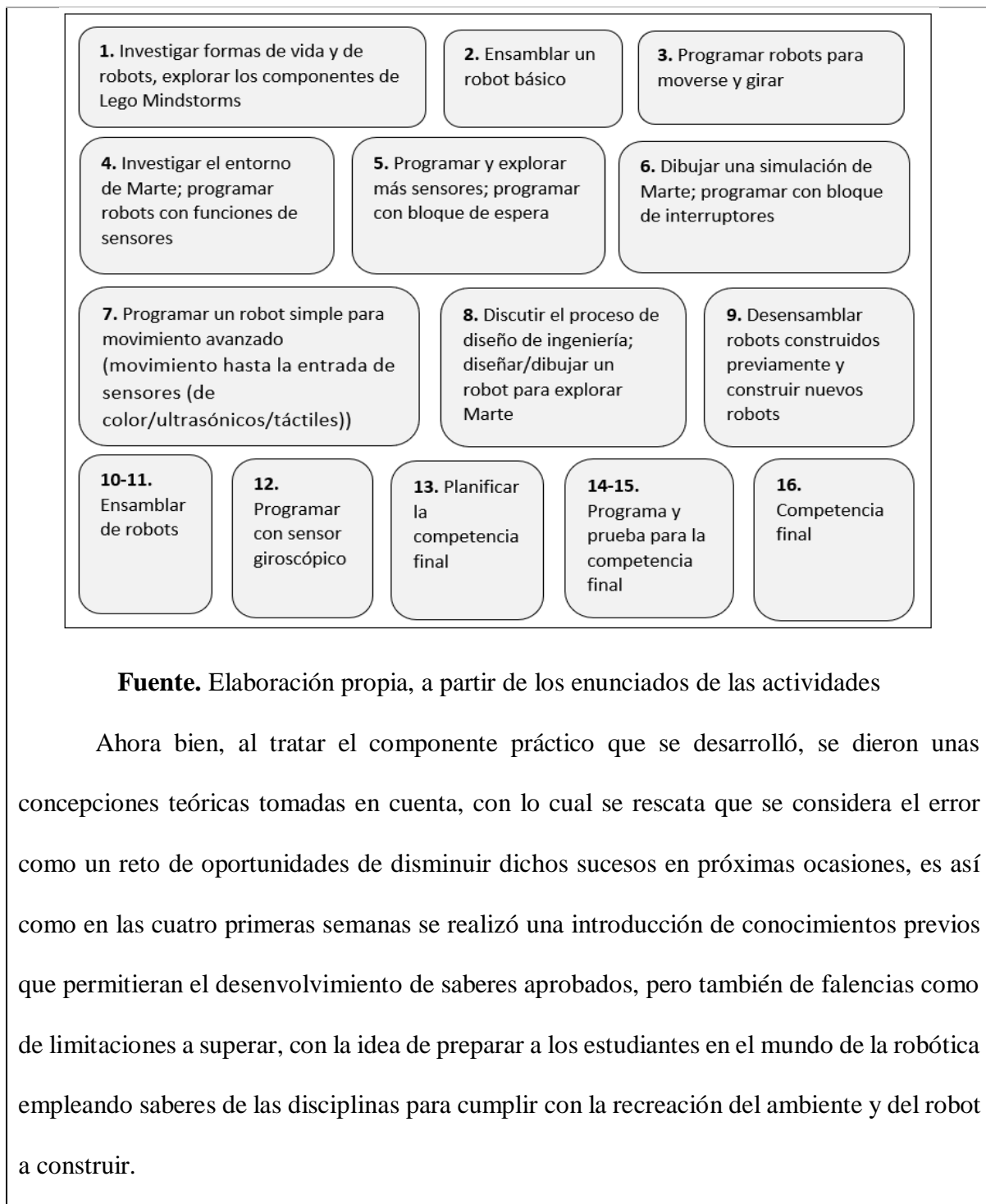
	<b>Ciencias</b>	<b>Tecnología</b>	<b>Ingeniería</b>	<b>Matemáticas</b>

<b>Conceptos</b>	Formas de vida, marte (ubicación, ambientes, paisajes, clima); indicaciones de vida en marte	Robots (propósitos; componentes; funciones), Conceptos de programación (secuencias, sensores, sentencias condicionales, bucles)	Proceso de diseño de ingeniería	de Ángulos, de distancias. multiplicaciones
<b>Prácticas</b>	Elaboración de hipótesis, datos reunidos a través de la lectura y la discusión	Uso de computadoras para programar robots, movimientos con entradas de sensor	Comenzando con un problema. Diseño y esbozo de robots; robots de construcción; pruebas programas.	Medición de distancias, estimación de ángulos (para torneado robotizado)

*Nota.* Conceptos y prácticas desarrollados para cada área STEM, con la idea de previsualizar las competencias que se involucran en las actividades de manera específica entre las disciplinas integradas.

**Figura A**

*Actividades propuestas en el desarrollo del artículo 8*



En ese orden de ideas, es importante aclarar dentro de la discusión del seminario que se debe indagar a profundidad para montar las maquetas y elaborarlas con un acercamiento de las condiciones y superficie del planeta a visitar para aclarar conocimientos científicos más precisos. Además, de permitir que el artefacto que se cree dimensione múltiples funciones de sus sensores y funciones a realizar, dando la oportunidad de abarcar su recorrido no solo fuera del planeta, sino también en lugares del mismo planeta Tierra, donde se pueden reconocer y acercar con mayor facilidad al alumno, por ejemplo, en el desplazamiento en un desierto en búsqueda de un oasis. Con lo mencionado, se posibilita al estudiante una percepción de un problema cada vez más real y no tan artificial, incrementando la motivación como el potencial de soluciones a emplear.

Además, dentro de las críticas percibidas en los documentos relacionados con robótica y STEM está que tienden a realizar un seguimiento de pasos como en una receta, coincidiendo con el artículo a la idea de permitirle al estudiante la exploración de sensores y de piezas de construcción, para determinar sus capacidades y análisis; con esto mismo, el docente puede incluirse como un orientador no solo de observación sino de apoyo al estudiante, lo cual lo conduce a cuestionarse sobre las construcciones que realiza.

### **Referencias Bibliográficas**

Ching, Y., Yang, D., Wang, S., Baek, Y., Swanson, S., & Chittoori, B. (2019). Elementary School Student Development of STEM Attitudes and Perceived Learning in a STEM Integrated Robotics Curriculum. *TechTrends*, 63(5), 590-601.  
<https://doi.org/10.1007/s11528-019-00388-0>



## Apéndice H

### Relatoría de la sesión 9

#### **Sesión 9: Aprendizaje STEM basado en diseño de aeronaves: una estrategia interdisciplinaria desarrollada para Clubes de Ciencia Colombia**

**Relator:** Yuli Pinzón

**Correlator:** Yurley González

**Protocolante:** Jaime Ardila

La sesión realizada el día 15 de diciembre de 2022 presenta como discusión el artículo *STEM Learning Based on Aircraft Design: An Interdisciplinary Strategy Developed to Science Clubs Colombia*, en español denominado Aprendizaje STEM basado en diseño de aeronaves: una estrategia interdisciplinaria desarrollada para Clubes de Ciencia Colombia, elaborado por Pedro David Bravo-Mosquera, Nelson David Cisneros-Insuasti, Bryann Avendaño-Uribe y Fabiola Mosquera-Rivadeneira, publicado en el año 2019.

#### **Resumen**

En este artículo se presenta una estrategia de aprendizaje STEM basada en diseño de aeronaves, con el objetivo de fomentar el desarrollo de la ciencia aeronáutica en Colombia. Esta estrategia de enseñanza fue desarrollada por instructores especializados del programa Clubes de Ciencia Colombia, buscando estimular en los jóvenes estudiantes colombianos su pasión por la ciencia, la tecnología y la innovación, y en el proceso, crear una red internacional de colaboraciones académicas. Fue utilizada la taxonomía de Bloom para clasificar y seleccionar tanto los objetivos educativos, así como el plan de enseñanza para

el club de ciencias. Actividades STEM que alientan a los estudiantes a realizar experiencias de aprendizaje práctico que fueron la base de esta estructura de trabajo. Esencialmente, actividades interdisciplinarias relacionadas con la aeronáutica, la electrónica, las simulaciones computacionales y el dibujo técnico; caracterizaron este club de ciencias. Como resultado, los estudiantes pudieron diseñar, fabricar y probar su propio modelo aéreo lanzado a mano, aplicando todos los pasos del método científico: la concepción de ideas, el diseño y la ejecución de experimentos, y la comunicación de resultados. Después de las primeras pruebas de vuelo de los modelos aéreos, los estudiantes revelaron la capacidad de aplicar sus conocimientos de matemáticas junto con su aprendizaje de ciencias sobre las fuerzas de vuelo para mejorar su técnica de lanzamiento. Por lo tanto, fueron mejorados tanto el tiempo de vuelo como el alcance de los modelos aéreos. Finalmente, tanto estudiantes como instructores se beneficiaron a lo largo de la interacción de aprendizaje, ya que fue la primera vez que una comunidad rural es el escenario de un proceso de capacitación en ingeniería aeronáutica. Se espera que la divulgación de este material contribuya con la comunidad aeronáutica colombiana, ofreciendo perspectivas para nuevas propuestas de investigación y marcos de cooperación entre entidades gubernamentales y universidades. (Mosquera Rivadeneira et al., 2019)

**Palabras clave:** aprendizaje STEM, diseño de aeronaves, taxonomía de Bloom, aprendizaje práctico, método científico, Clubes de Ciencia Colombia.

### **Análisis de la sesión**

Se inicia la sesión con el resumen del documento, enfatizando que la estructura de la investigación anima a los estudiantes a interesarse por diferentes áreas del enfoque STEM, ya que, por medio de actividades hechas por el club de las ciencias se incentiva a los jóvenes a poseer y llenarse de actividades prácticas en donde se impliquen con cada área del conocimiento que manejan la interdisciplinariedad en relación con electrónica, aeronáutica, dibujo técnico y las simulaciones computacionales. Como consecuencia, se encuentra que los estudiantes pueden tener la experiencia propia con un modelo aéreo, pues diseñan, fabrican y prueban con la aplicación del método científico. Debido a que, poseen la concepción de idear, experimentar y comunicar los resultados que se puedan obtener. Debido a esto, en las primeras pruebas de vuelo, los estudiantes relacionaron y aprendieron de conocimientos matemáticos junto al aprendizaje de ciencias. Esta en relación con el método de vuelo y la mejora de técnica de lanzamiento. Además, es de notar que es la primera vez que una comunidad rural es el lugar y contexto de un proceso de capacitación en ingeniería aeronáutica. Por lo tanto, los estudiantes y los instructores que lideran el proyecto se beneficiaron tanto del mismo contexto como de la comunidad educativa.

De acuerdo con lo anterior, los estudiantes al sumergirse en la investigación aeronáutica también aprendían de dibujo técnico y electrónica al mismo tiempo que se investigaba. Entonces, surgieron interrogantes tales como: ¿Qué pasa con la turbina eólica y por qué puede funcionar de manera eléctrica? ¿Cuál es la función de las alas y qué implicación tienen estas en el funcionamiento del vuelo? Estas preguntas fueron el eje inicial para el desarrollo de la investigación como tal durante los primeros dos días, junto con el

empalme en un modelo computacional utilizado. De forma análoga, por medio de simulaciones en 2D y 3D los estudiantes podían comprender y relacionar el contexto investigativo con la realidad. Por ende, se procuró retar al estudiante en relación con la investigación que iniciaron. De la misma forma, en el día tres se llevó a cabo una introducción a la electrónica, con el fin de observar qué caracteres se pueden utilizar.

Asimismo, en el cuarto día se lleva a cabo la fabricación del modelo por parte de los estudiantes, con el objetivo de llevar esa investigación a la práctica. Para el quinto día, se hizo una prueba de vuelo con la fabricación hecha anteriormente. Para el día sexto, se lleva a cabo una feria de ciencias, con el fin de la presentación y síntesis del proyecto.

De la misma forma, la investigación llevada a cabo posee aspectos sociales y culturales, y esto, permitirá que los veinte estudiantes se beneficiaran en su diario vivir. Debido a que, dentro del aprendizaje STEM es sumamente importante tener en cuenta el aprendizaje activo, por ello los investigadores tenían la función de acompañar activamente al desarrollo del aprendizaje de los estudiantes mismos. Se priorizó dar un acompañamiento al tiempo que se disipa cualquier limitación que se pueden llegar a encontrar.

Se hace referencia en la sesión del seminario que la estrategia que se tuvo en cuenta desde el enfoque STEM en la investigación, se ejemplifica con el método de ataque que posiblemente tendría un avión. Para lo anterior, el ángulo en que el avión debería estar para lanzar un misil podría medirse por medio de sus ángulos, ya sea este último uno obtuso, agudo, etc. De esta manera, se retó al estudiante para que se involucre y analice el ángulo que mejor le funciona, desde la investigación misma. Se convirtió al estudiante en un

pequeño científico que indaga y relaciona conocimientos. Pues, la investigación referente a la velocidad, ángulo de ataque y aterrizaje de un avión es esencial para relacionar las matemáticas con el comportamiento de un objeto de estudio. Así pues, se evidencia lo dicente que son las matemáticas referentes a la realidad.

Seguidamente, se menciona en el seminario la pertinencia de esta investigación en torno al enfoque STEM. Y es que sí es STEM, en primera medida, porque se reta al estudiante en el diseño académico de aeronaves. Además, desde el inicio de la investigación se tiene en cuenta los conocimientos matemáticos que tienen los estudiantes junto con la relación de conocimientos científicos. Añadido a lo anterior, es de resaltar, que dentro de la actividad se hace énfasis en el trabajo activo y en equipo que se pueda profundizar como herramienta clave. Por otro lado, se evidencia que los procesos y competencias a las áreas STEM están implicadas en la investigación, pues ingeniería y tecnología se relacionan de principio a fin con investigaciones matemáticas previas como se evidencia en la Tabla 8.

### **Tabla E**

*Procesos según las áreas STEM*

<b>Ciencia</b>	Reciclar; verificar; interpretar; reconocer.
<b>Tecnología</b>	Crear; construir; diseñar; planificar.
<b>Ingeniería</b>	Simular; construir; ensamblar; inventar; experimentar.
<b>Matemáticas</b>	Resolver; investigar; priorizar; justificar; analizar.

*Nota.* En la tabla se exponen los procesos trabajados en las lecciones de STEM de acuerdo con Bybee (2010).

Adicionalmente, se enfatiza en la sesión que, en cada actividad de la investigación llevada a cabo en el artículo (en referencia con el enfoque STEM) se hace énfasis en un área del conocimiento como tal y la integración de estas. Es decir, en algunas actividades se resalta la tecnología, en otros la ingeniería, en diferentes actividades se destacaron la física, correspondiente a las ciencias, etc. Entonces, se concluye que sí existe una integración de las áreas como tal.

En la sesión final del seminario se concluye que, la integración de la escuela y la comunidad se resalta de manera plausible dentro de la investigación hecha en el artículo utilizado, pues se tiene en cuenta a la hora de llevar a cabo la investigación el contexto en que se está y el aprendizaje que se quiere desarrollar. Además, de las herramientas importantes para el desarrollo de las actividades como son la aeronáutica y la importancia de ésta para el trabajo activo y en equipo. De la misma manera, se resalta la integración de las áreas del conocimiento, estas que enmarcan al enfoque STEM.

### **Referencias Bibliográficas**

Mosquera, R. F., Cisneros, N. D., Bravo, P. D., & Avendaño, U. B. (2019). STEM Learning Based on Aircraft Design: An Interdisciplinary Strategy Developed to Science Clubs Colombia. *Ciencia Y Poder Aéreo*, 14(1), 204-227. <https://orcid.org/0000-0001-5666-9465>