



**Contribuciones de la modelación matemática con enfoque interdisciplinario a la indagación
de situaciones contextualizadas**

Luz Elendy Ruiz Correa

Trabajo de grado presentado para optar al título de Licenciada en Matemáticas

Asesores

Paula Andrea Rendón-Mesa, Doctora en Educación

Jonathan Sánchez-Cardona, Magíster en Educación

Alexander Castrillón-Yepes, Doctor (C.) en Educación

Universidad de Antioquia

Facultad de Educación

Licenciatura en Matemáticas

Medellín, Antioquia, Colombia

2025

Cita	(Ruiz Correa, 2025)
Referencia	Ruiz Correa, L. E. (2025). <i>Contribuciones de la modelación matemática con enfoque interdisciplinario a la indagación de situaciones contextualizadas</i> [Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
Estilo APA 7 (2020)	



Grupo de Investigación Formación e Investigación en Educación Matemática (MATHEMA).

Centro de Investigaciones Educativas y Pedagógicas (CIEP).



Centro de Documentación Educación

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos

Agradecimientos

A mí por no rendirme.

A mis hermanas por ser siempre mi apoyo y compañía.

A la Universidad de Antioquia por enseñarme tanto y permitirme lograr este sueño.

A los profesores asesores Paula, Alexander y Jonathan por siempre brindarme su apoyo y comprensión y sobre todo por enseñarme con su ejemplo lo que es vocación y disciplina.

Contenido

Resumen	8
Abstract	10
Introducción	11
1. Planteamiento del problema	12
1.1. Contextualización	12
1.1.1. La institución y su entorno	12
1.1.2. El grupo de intervención	13
1.1.3. Observaciones de aula	13
1.2. Orientaciones de los documentos rectores en el área de Matemáticas	14
1.3. Delimitación del problema	15
1.4. Objetivos	16
2. Marco teórico	17
2.1. Modelación matemática	17
2.2. Enfoque interdisciplinario	19
3. Marco metodológico	24
3.1. Paradigma, enfoque y método de investigación	24
3.2. Contexto y participantes	25
3.3. Fases de la investigación	25
3.3.1. Fase de inmersión	25
3.3.2. Fase de diseño de la implementación.	26
3.3.3. Fase de intervención en el aula	26
3.3.4. Fase de reflexión	41
3.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de información	41

3.4.1.	Observación participante	41
3.4.2.	Cuestionario	41
3.4.3.	Diario de campo	42
3.4.4.	Guías de los estudiantes	42
3.4.5.	Registros audiovisuales	43
3.5.	Procedimiento de análisis	43
3.6.	Consideraciones éticas	43
4.	Resultados	45
4.1.	Identificación de los elementos y los procesos de la modelación matemática y el enfoque interdisciplinario aplicados en el diseño de la propuesta de aula	45
4.2.	Contribuciones de la modelación matemática con enfoque interdisciplinario a la indagación de situaciones contextualizadas	48
4.2.1.	Conexión de saberes	48
4.2.2.	Cooperación estratégica	49
4.2.3.	Comunicación activa	50
4.3.	Discusión	52
5.	Conclusiones	54
	Anexos	56
	Referencias	64

Lista de Figuras

Figura 1. Planteamiento del problema	16
Figura 2. Resumen referentes conceptuales	23
Figura 3. Evidencias equipo Mapa	27
Figura 4. Evidencia equipo Árbol	28
Figura 5. Evidencia equipo Libro	28
Figura 6. Evidencias de áreas de conocimiento Libro	29
Figura 7. Diagrama de Venn - Articulación de intereses Libro	30
Figura 8. Árbol de Conocimientos	31
Figura 9. Mapa de relaciones	32
Figura 10. Carta a los expertos	33
Figura 11. Carta de los expertos	35
Figura 12. Modelos	38
Figura 13. Esquema marco metodológico	44
Figura 14. Síntesis Conceptual de los resultados	51

Lista de Tablas

Tabla 1. Perspectivas de la Modelación Matemática. Kaiser (2014, p. 398)	17
Tabla 2. Características principales del Enfoque interdisciplinar	22
Tabla 3. Síntesis de la implementación	26
Tabla 4. Preguntas de Investigación	30
Tabla 5. Elementos clave para responder la pregunta de investigación	32
Tabla 6. Análisis de Gráficas	33
Tabla 7. Avances proceso a partir de Carta Experto	34
Tabla 8. Respuesta de Expertos	36
Tabla 9. Resumen de este proceso de intervención	40
Tabla 10. Elementos y procesos identificados en la propuesta de aula	47

Resumen

Esta investigación tuvo como objetivo analizar las contribuciones del modelado matemático con un enfoque interdisciplinario a la indagación de situaciones contextualizadas por parte de los alumnos de quinto grado de la Institución Educativa Javiera Londoño – Sevilla en Medellín, Colombia. El estudio surgió a partir de la identificación de una brecha pedagógica: a pesar de que los objetivos institucionales enfatizaban la indagación y la resolución de problemas, las prácticas en el aula mostraban una integración limitada de las matemáticas con los contextos cotidianos de los alumnos. Para abordar este problema, se diseñó y aplicó una propuesta de aula basada en el modelado matemático y la interdisciplinariedad a lo largo de siete sesiones, durante las cuales los alumnos formularon preguntas de investigación, recopilaron y organizaron datos, construyeron modelos matemáticos y comunicaron sus resultados.

La investigación se enmarcó en el paradigma interpretativo, utilizando un enfoque cualitativo y un método fenomenológico, con datos recopilados a través de diarios de campo, guías para los alumnos, cuestionarios, fotografías y grabaciones audiovisuales. El análisis reveló dos dimensiones centrales: (i) los elementos y procesos de modelización matemática y trabajo interdisciplinario integrados en el diseño del aula, y (ii) las contribuciones de la propuesta a la investigación de los alumnos sobre situaciones contextualizadas.

Los resultados indican que la propuesta fomentó la conexión del conocimiento, la cooperación estratégica y la comunicación activa, lo que permitió a los alumnos reconocer la utilidad de las matemáticas en contextos de la vida real y desarrollar competencias cognitivas, sociales y reflexivas. Estos resultados sugieren que el modelado matemático con un enfoque interdisciplinario constituye una valiosa vía pedagógica para reforzar el aprendizaje significativo en la educación básica.

Palabras clave: *modelación matemática, enfoque interdisciplinario, educación básica, indagación, situaciones contextualizadas.*

Abstract

This research aimed to analyze the contributions of mathematical modelling with an interdisciplinary approach to the inquiry of contextualized situations by fifth-grade students at *Institución Educativa Javiera Londoño – Sevilla* in Medellín, Colombia. The study emerged from the identification of a pedagogical gap: despite institutional objectives emphasizing inquiry and problem-solving, classroom practices showed limited integration of mathematics with students' everyday contexts. To address this problem, a classroom proposal based on mathematical modelling and interdisciplinarity was designed and implemented through seven sessions, during which students formulated research questions, collected and organized data, built mathematical models, and communicated their results.

The research was framed within the interpretive paradigm, using a qualitative approach and phenomenological method, with data collected through field diaries, student guides, questionnaires, photographs, and audio-visual records. Analysis revealed two central dimensions: (i) the elements and processes of mathematical modelling and interdisciplinary work embedded in the classroom design, and (ii) the contributions of the proposal to students' inquiry of contextualized situations.

Findings indicate that the proposal fostered **connection of knowledge**, **strategic cooperation**, and **active communication**, enabling students to recognize the usefulness of mathematics in real-life contexts and to develop cognitive, social, and reflective competences. These results suggest that mathematical modelling with an interdisciplinary approach constitutes a valuable pedagogical pathway for strengthening meaningful learning in basic education.

Keywords: *mathematical modelling, interdisciplinary approach, contextualized inquiry, basic education, mathematics education.*

Introducción

La enseñanza de las matemáticas enfrenta, en distintos contextos educativos, la tensión entre una instrucción centrada en la repetición de procedimientos algorítmicos y la necesidad de promover aprendizajes significativos conectados con la vida cotidiana. En el caso de la Institución Educativa Javiera Londoño – sede Sevilla, las observaciones de aula y la revisión de documentos institucionales mostraron la distancia entre los propósitos formativos —que declaran la importancia de la investigación y la resolución de problemas prácticos— y la realidad de clases con escasa vinculación a contextos reales. Esta situación se refleja en las percepciones de los estudiantes, quienes manifiestan dudas sobre la utilidad de la matemática en sus vidas.

Ante esta problemática, se planteó la necesidad de diseñar e implementar una propuesta de aula que integrara la **modelación matemática** y el **enfoque interdisciplinario**. La modelación permite a los estudiantes interpretar fenómenos de su entorno, traducirlos en representaciones matemáticas y retornar soluciones interpretadas al contexto original. El enfoque interdisciplinario, por su parte, propicia la articulación de saberes y la cooperación estratégica, reconociendo que los problemas reales son complejos y no pueden abordarse desde una única disciplina.

En este marco, la investigación se preguntó: **¿Cuáles son las contribuciones que puede ofrecer la modelación matemática con enfoque interdisciplinario a la indagación de situaciones contextualizadas por parte de los estudiantes de quinto grado de la IEJL-S?** Para responder a este interrogante se formularon dos objetivos: **(1)** identificar los elementos y procesos de la modelación matemática y el enfoque interdisciplinario aplicados en el diseño de una propuesta de aula, y **(2)** establecer las contribuciones que ofrece la modelación matemática con enfoque interdisciplinario a la indagación de situaciones contextualizadas en los estudiantes.

La relevancia del estudio radica en que ofrece evidencias sobre cómo la enseñanza de las matemáticas puede transformarse cuando se vincula con los intereses de los estudiantes y con la interacción de distintas áreas del conocimiento. En consecuencia, esta investigación busca aportar

tanto a la reflexión académica sobre la educación matemática en Colombia como a la práctica pedagógica en la escuela básica.

1. Planteamiento del problema

El presente capítulo desarrolla el planteamiento del problema que sustenta la investigación propuesta. En primer lugar, se expone la contextualización de la institución educativa y del grupo intervenido, haciendo énfasis en las particularidades encontradas durante la práctica pedagógica.

Posteriormente, se presentan los hallazgos derivados de la revisión de documentos institucionales y de las observaciones en el aula, para contrastarlos con las orientaciones nacionales en educación matemática. A continuación, se identifican las tensiones que dan origen a la investigación pretende abordar y, finalmente, se formulan la pregunta y los objetivos de investigación donde se plantea la necesidad de una propuesta que vincule la modelación y la interdisciplinariedad como alternativa para responder a dicho vacío.

1.1. Contextualización

1.1.1. La institución y su entorno

La Institución Educativa Javiera Londoño, sede Sevilla (IEJL-S), ubicada en la comuna 4 de Medellín, fue fundada en 1939 y actualmente cuenta con dos sedes: la principal, situada en el centro de la ciudad, y la sede Sevilla, localizada en el barrio del mismo nombre. Atiende una población mixta en los niveles de básica primaria, secundaria y media, en jornadas diurna y nocturna (Ciclos Lectivos Especiales Integrados). Uno de los aspectos que caracteriza a la IEJL-S es la presencia de estudiantes en condición de extraedad, por lo cual se implementa en algunos grados el Modelo de Aceleración.

El barrio Sevilla se configura como un espacio de contrastes: conviven allí familias que han residido en la zona por varias décadas con otras que han llegado en procesos de movilidad urbana. Estas dinámicas sociales, unidas a las condiciones económicas diversas, impactan

directamente en la experiencia escolar de los estudiantes, quienes traen consigo perspectivas heterogéneas sobre la utilidad de la educación y, particularmente, de las matemáticas.

En el **Proyecto Educativo Institucional (PEI)** se señala que la institución se fundamenta en un modelo pedagógico desarrollista con enfoque socio constructivista. Esto implica concebir al estudiante como un sujeto social y cultural que construye conocimiento de manera activa en interacción con su entorno. En coherencia con esta perspectiva, se promueve la dignidad humana como principio formativo, resaltando que la educación debe ser significativa y situada en contextos reales.

1.1.2. El grupo de intervención

La práctica pedagógica se llevó a cabo en un grupo de quinto grado conformado por 34 estudiantes, con edades entre 10 y 13 años, debido a la condición de extra-edad que presentan varios de ellos. Las observaciones iniciales evidenciaron dificultades en la comprensión de conceptos básicos y en la aplicación de procedimientos matemáticos a situaciones cotidianas.

En el plano actitudinal, los estudiantes expresaron con frecuencia una percepción limitada de la utilidad de la matemática. Frases registradas en el diario de campo, como: *“Profe, ¿y aprender eso para qué me sirve?”* o *“Profe, yo solo necesito saber negociar”* (2 de octubre de 2023), ilustran la distancia entre los contenidos escolares y las expectativas vitales de los estudiantes. Este desinterés repercute en la baja participación durante las clases y en la falta de disposición para la indagación autónoma.

1.1.3. Observaciones de aula

El acompañamiento pedagógico realizado en el segundo semestre de 2023 permitió identificar prácticas centradas en la enseñanza de procedimientos algorítmicos. Las actividades, en su mayoría, consistían en la repetición de ejercicios con escasa referencia a contextos reales. Aunque ocasionalmente se introducían problemas vinculados a la vida cotidiana, estos eran aislados y no se consolidaban como un eje de la propuesta pedagógica.

Por ejemplo, en una clase observada, los estudiantes debían calcular el valor de varias compras de frutas en una tienda, sin que se promoviera un análisis del mercado local ni un vínculo con otras asignaturas. El resultado fue una actividad reducida al reemplazo de datos en operaciones, con baja participación estudiantil. Solo 5 de los 34 estudiantes intentaron resolver los ejercicios, mientras que el resto permaneció inactivo.

Este panorama sugiere que la enseñanza de las matemáticas en la IEJL-S, carece de un componente de significatividad que permita a los estudiantes comprender la utilidad de la disciplina y conectar sus aprendizajes con la vida real y con otras áreas de conocimiento. La revisión de los documentos oficiales de la institución confirma que existe un desfase entre lo que se plantea en el papel y lo que ocurre en la práctica.

En el PEI (2017, p. 159) se plantea como objetivo institucional “formar estudiantes con habilidades en investigación y resolución de problemas de la vida práctica”. De igual manera, en el Plan de Área de Matemáticas (2016, p. 161) se establece que el área debe vincularse con otras asignaturas y con contextos de la vida cotidiana de los estudiantes. Sin embargo, en la práctica docente observada, la interdisciplinariedad y la contextualización aparecen como principios enunciados, pero no se traducen en actividades pedagógicas consistentes. Este hallazgo revela una brecha significativa entre las intenciones institucionales y las experiencias reales de aula.

1.2. Orientaciones de los documentos rectores en el área de Matemáticas

El problema identificado también se conecta con los lineamientos nacionales. Los Estándares Básicos de Competencias en Matemáticas (MEN, 2006) definen la competencia matemática como la capacidad de “formular, plantear, transformar y resolver problemas a partir de situaciones de la vida cotidiana, de las otras ciencias y de las matemáticas mismas” (p. 51).

De manera complementaria, los Lineamientos Curriculares de Matemáticas (MEN, 1998) señalan que el contexto tiene un papel determinante en la enseñanza, de modo que es indispensable generar situaciones problemáticas que permitan a los estudiantes indagar, plantear preguntas y reflexionar mediante modelos.

No obstante, en la IEJL-S el aula de matemáticas continúa centrada en prácticas procedimentales, alejándose del propósito nacional de promover un aprendizaje significativo que conecte con la vida cotidiana y con las demás áreas del conocimiento. Esta discrepancia reafirma la necesidad de investigar cómo estrategias innovadoras, como la modelación y la interdisciplinariedad, pueden contribuir a superar dicha brecha.

1.2.1 Revisión de la Literatura

En una investigación de Rendón-Mesa, Castrillón-Yepes, y Villa-Ochoa(2024), sobre las contribuciones de la modelación matemática a la realización de proyectos por parte de estudiantes de licenciatura, se evidenció como el desarrollo de proyectos de modelación posibilitó el diálogo del conocimiento matemático con otras disciplinas, exigiendo en este tipo de proyectos un “trabajo interdisciplinar”. Al respecto, una de las contribuciones de los proyectos realizados por los estudiantes fue que “la Modelación Matemática implicó la vinculación de conocimientos y de métodos de otras disciplinas como la economía, la ecología, la sociología”(Rendón-Mesa, Castrillón-Yepes, y Villa-Ochoa(2024, p.22).

En la investigación de Huincahue y Gaete-Peralta (2024) se detalla cómo el uso de modelos matemáticos pueden integrar la interdisciplinariedad; en este sentido, se muestra como la modelación matemática, al mismo tiempo que ayuda a resolver problemas de la vida real, rompe las barreras disciplinares e involucra un trabajo interdisciplinar en su objetivo de una comprensión de las matemáticas más amplia y significativa (Huincahue y Gaete-Peralta, 2024). Por otro lado, el estudio de revisión de literatura a nivel global sobre las investigaciones en modelación matemática, de la investigadora Guerrero-Ortiz(2024), expone algunas tendencias y perspectivas identificadas, entre estas la relación entre modelación matemática e interdisciplinariedad. Sobre este último punto, la investigadora concluye que uno de los retos para la enseñanza de la modelación matemática es la integración de un enfoque interdisciplinar en el aula de clases (Guerrero-Ortiz, 2024, p.19).

Por otra parte, en un estudio de Bakker, Cai y Zenger(2021), se encuestó a 229 investigadores de educación matemática de 44 países, sobre en qué debería enfocarse la educación matemática en la próxima década. Los resultados de la encuesta mostraron que los

investigadores indicaron que la interdisciplinariedad, desde el aprendizaje o la colaboración desde estos otros saberes, es relevante para avanzar en las futuras investigaciones en educación matemática; asimismo, se propone que las revistas científicas de educación matemática trabajen como centros de colaboración interdisciplinaria para el abordaje de la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas (Bakker, Cai y Zenger, 2021).

1.3. Delimitación del problema

La **modelación matemática** se entiende como el proceso mediante el cual los estudiantes interpretan fenómenos de la realidad, los traducen en representaciones matemáticas, los analizan y devuelven soluciones interpretadas al contexto original (Bassanezi, 2002; Blum & Borromeo, 2009). Este proceso no solo desarrolla competencias matemáticas, sino que también fomenta habilidades de investigación y sentido crítico.

Por otro lado, el **enfoque interdisciplinario** plantea la necesidad de articular la matemática con otras áreas del saber, reconociendo que los problemas del mundo real son complejos y no se restringen a una sola disciplina (Stillman, 2015). La combinación de ambos enfoques ofrece la posibilidad de diseñar experiencias de aula en las que los estudiantes perciban la utilidad de las matemáticas y logren aprendizajes significativos.

Las observaciones de aula, los documentos institucionales, las orientaciones nacionales y la fundamentación conceptual permite concluir que existe una brecha entre lo que debería ser la enseñanza de las matemáticas y lo que realmente ocurre en el aula de quinto grado de la IEJL-S.

Frente a los argumentos expuestos, se reconoce que la institución plantea la importancia de la investigación y la resolución de problemas contextualizados, pero no ofrece mecanismos claros para su implementación. Al mismo tiempo, los lineamientos del MEN enfatizan la necesidad de trabajar con contextos reales e interdisciplinariedad, pero estos no se materializan en la práctica observada, asunto que tiene su reflejo en la manifestación de los estudiantes de desinterés por la matemática al no percibir su utilidad en la vida cotidiana.

Este vacío justifica la pertinencia de la investigación y orienta la necesidad de diseñar e implementar una propuesta de aula basada en la modelación matemática con enfoque interdisciplinario que se pregunte por las contribuciones que ofrece la modelación matemática con enfoque interdisciplinario e intente responder, **¿Cuáles son las contribuciones que puede ofrecer la modelación matemática con enfoque interdisciplinario a la indagación de situaciones contextualizadas por parte de los estudiantes de quinto grado de la IEJL-S?** La Figura 1 muestra un resumen del planteamiento del problema de esta investigación

Figura 1

Planteamiento del problema



1.4. Objetivos

Identificar los elementos y los procesos de la modelación matemática y el enfoque interdisciplinario aplicados en el diseño de una propuesta de aula.

Establecer las contribuciones que ofrece la modelación matemática con enfoque interdisciplinario a la indagación de situaciones contextualizadas por parte de los estudiantes de quinto grado de la IEJL-S.

2. Marco teórico

Este capítulo desarrolla los conceptos centrales que sustentan la investigación: la **modelación matemática** y el **enfoque interdisciplinario**. Ambos constituyen las bases pedagógicas de la propuesta y permiten comprender cómo la enseñanza de las matemáticas puede vincularse a situaciones reales y significativas para los estudiantes.

2.1. Modelación matemática

La incorporación de la modelación matemática en la educación escolar ha sido ampliamente reconocida a nivel internacional, aunque persisten debates acerca de los enfoques más adecuados para su implementación y sobre los efectos que realmente tiene en el aprendizaje (Kaiser, 2014). Existen distintas **perspectivas de la modelación**, cada una con objetivos y tradiciones específicas (Kaiser, 2014, p. 398). En la Tabla 1 se presentan los elementos expuestos por los autores.

Tabla 1

Perspectivas de la Modelización Matemática. Kaiser (2014, p. 398)

Perspectiva	Objetivos	Tradición Enfoque del conocimiento
Modelización realista o aplicada	Pragmático-utilitarios	Pragmatismo
Modelización epistemológica o teórica	Teóricos	Humanismo
Modelización educativa	Pedagógicos	Realista/aplicado y epistemológico/teórico

De estas perspectivas, la **modelización educativa** se ajusta mejor a los intereses de esta investigación, pues enfatiza objetivos como la estructuración de los procesos de aprendizaje, el fomento de la motivación y la mejora de las actitudes hacia las matemáticas (Kaiser et al., 2007).

La modelación suele concebirse como un **proceso cíclico dividido en fases**. La primera fase es la del Desarrollo del modelo del mundo real, es decir, es la comprensión de la situación real que se quiere analizar. En este caso de Blum, el objetivo de esta primera etapa fue comprender el problema del Faro de Westerhever: qué datos generales conocemos sobre el Faro, cuál es la pregunta que necesitamos resolver, a qué información numérica tenemos acceso, entre otros. El objetivo de esta etapa fue “simplificar la situación, idealizarla y estructurarla” (Kaiser, 2014, p. 401).

La segunda fase es la del desarrollo de un modelo matemático que consiste en la aplicación de conocimientos matemáticos al entendimiento del problema. En esta etapa, para la creación del modelo matemático del problema se usó el teorema de Pitágoras en el cálculo de la distancia entre el barco y el faro, también se intentó usar el concepto de coseno, así, en general, el objetivo en esta etapa fue “la traducción del modelo del mundo real a un modelo matemático” (Kaiser, 2014, p. 401).

La tercera fase es la de Interpretación y validación del modelo, es el momento en el que “los resultados deben interpretarse y validarse utilizando conocimientos de otras fuentes” (Kaiser, 2014, p. 401), es decir, los resultados, así como el modelo creado, se debe interpretar y después cuestionar e indagar si realmente se logró la resolución del problema del mundo real. Si se identifican errores o insuficiencias en la información final arrojada por la modelización matemática, se deberá revisar y ajustar las actividades involucradas en las fallas o, si es necesario, repetir alguna parte del proceso (Kaiser, 2014, p. 399). Por último, en este caso sencillo de modelación de Blum, la fase final es la presentación de los resultados de la modelación.

Por otra parte, de acuerdo con Blum y Borromeo (2009), la modelación matemática tiene tres objetivos específicos: contribuir al aprendizaje del conocimiento matemático, a la mejora de competencias matemáticas y a un mayor significado de las matemáticas (Blum & Borromeo, 2009, p.47). Además, según Kaiser (2014), uno de los objetivos esenciales de la modelación es la promoción de competencias de modelación, y basándose en estudios de los investigadores Maaß y Haines, distingue una serie de subcompetencias de la competencia de modelación:

“Competencia para resolver, al menos en parte, un problema del mundo real”; “Comprensión de las conexiones entre las matemáticas y la realidad”; “Comprensión de la percepción de las matemáticas como proceso y no solo como producto”; “Competencias sociales, como la capacidad de trabajar en grupo”, entre otras (Kaiser, 2014, p. 402).

Para el logro de estas competencias cognitivas, las actividades de modelación deben realizarse “en un equilibrio permanente entre una orientación mínima del profesor y la máxima independencia de los alumnos” (Kaiser, 2014, p. 403). Así, el trabajo independiente del estudiante en el proceso de modelación es fundamental para entrenar las habilidades necesarias para las exigencias cognitivas de la modelación.

Por otra parte, en América Latina, Villa-Ochoa et al. (2017) y Trigueros (2009) advierten sobre la **complejidad de aplicar la modelación en el aula** debido a las diferentes interpretaciones del concepto. No obstante, coinciden en que el valor de la modelación radica más en los procesos de razonamiento que emergen durante la actividad que en la obtención de un único resultado correcto. Desde esta perspectiva, la modelación matemática es un **método de enseñanza y aprendizaje funcional en todos los niveles escolares** (Capacho & Mahecha, 2021). Permite a los estudiantes leer, interpretar y resolver problemas de su entorno, al tiempo que construyen y refinan sus propios constructos matemáticos (Kaiser & Sriraman, 2006).

2.2. Enfoque interdisciplinario

La importancia, dificultades y limitaciones del enfoque interdisciplinario se comprende con mayor claridad cuando se entiende el auge del trabajo disciplinario. El surgimiento de los gremios organizacionales, después la creciente división del trabajo y la aparición de las disciplinas académicas fueron progresos sociales significativos que contribuyeron al posicionamiento predominante del trabajo disciplinario en el siglo XX (Doig, B., et al., 2019). La función social de una disciplina es que funciona como: “«un sistema de control en la producción del discurso, fijando sus límites mediante la acción de una identidad que toma la forma de una reactivación permanente de las reglas»” (Foucault, 1972, p. 224 citado en Doig, B., et al., 2019, p.8). Históricamente, las disciplinas intelectuales para delimitar sus diferentes campos

disciplinares definieron “principios de verificación de la conformidad con lo «real», los métodos comunes para validar tesis e hipótesis” entre otros (Bourdieu 2000, p. 113, citado en Doig, B., et al., 2019, p.8). En síntesis, cada disciplina determina los discursos, las prácticas, la especificidad de su conocimiento, procedimientos y validez científica con el fin de regular y garantizar el orden, la rigurosidad y confiabilidad del área disciplinar a nivel social (Doig, B., et al., 2019).

En la segunda mitad del siglo XX, esta tendencia estricta de la especialización del conocimiento condujo a una división de los saberes disciplinares y a un rechazo a la colaboración investigativa entre las disciplinas científicas, eliminando la posibilidad de trabajar en la unidad del conocimiento para resolver diferentes problemas de la ciencia y la sociedad (Neira, 1997). Así, la interdisciplinariedad es un fenómeno que nació de los debates filosóficos de la ciencia del siglo XX, y que se ha desarrollado con auge en las últimas décadas (López, 2012). En este contexto académico, con el fin de lograr “una comprensión más profunda” de los fenómenos en estudio, surge la interdisciplinariedad como un enfoque para “superar aquella fragmentación del saber que la especialización parece hacer inevitable, permitiéndonos conseguir una cierta unidad del saber, no como “reducción a la identidad” sino como toma de conciencia de la complejidad de las realidades que nos rodean” (Agazzi, E., 2002, p. 241-244).

Por tanto, la diferencia con el trabajo disciplinario es que el enfoque interdisciplinario: “comprende la interacción entre dos o más disciplinas diferentes y ocurre en la intersección entre disciplinas. Esto puede observarse desde el compartir de ideas hasta la integración total de conceptos, metodología, procedimientos, teorías, terminología, datos, organización de la investigación y entrenamiento” (Henaó et al., 2017, citado en Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada - NSERC, 2004, p. 183). De acuerdo con lo anterior, Capone (2022) indica que:

“un enfoque interdisciplinario en la enseñanza de las distintas disciplinas no significa vaciarlas de sus especificidades, ni metodológicas ni de contenido, sino más bien favorecer una colaboración entre ellas orientada a superar la fragmentación de los conocimientos y proyectada hacia la puesta en común, cuando sea posible, incluso de las mismas metodologías de enseñanza (p. 20).

Por todo esto, el enfoque interdisciplinario es un método de aprendizaje, enseñanza y construcción de conocimiento que hace posible el trabajo colaborativo entre diferentes disciplinas o saberes, es, en general, “una aproximación a la realidad a través de las disciplinas y sus relaciones que pueden concernir tanto a formas como a grados de conocimiento” (Capone, 2022, p. 20). Este método supone un “intercambio y cooperación” entre disciplinas (Morin, 2010, p.15) y, en este sentido, debería investigarse “las nociones claras que están implicadas(...) la cooperación, articulación, objeto común, y mejor, proyecto común” (Morin, 2010, p.15).

Además de esta cooperación estratégica en función de cumplir un objetivo común, la comunicación activa, es decir, la comunicación como un proceso vivo, también es esencial para el desarrollo de un enfoque interdisciplinar. En relación con esto, Torres Santomé (1998) expresó que uno de los pasos para cualquier intervención interdisciplinar es “construir y mantener la comunicación a través de las técnicas integradas (encuentros y puestas en común, interacciones frecuentes, etc.) (Torres Santomé, 1998). En todas las etapas de la intervención interdisciplinar la comunicación es clave para el adecuado desarrollo de cada actividad (Torres Santomé, 1998). En la primera etapa sin una buena comunicación no podría definirse el problema a investigar ni los conocimientos y cuestionamientos necesarios a abordar; en la segunda etapa la búsqueda de información e integración de los saberes exige un lenguaje común que sólo puede ser construido a través de una excelente comunicación y, finalmente, en la tercera etapa, la evaluación de resultados y validación de respuestas o soluciones identificadas es posible solo si el equipo para este análisis se comunica de una manera óptima.

Por otra parte, la carencia del enfoque interdisciplinario en la enseñanza impide a los estudiantes “dar significado a las ideas, conceptos matemáticos y no matemáticos” (Aravena et al., 2008, p.51), es decir, no favorece el proceso de aprendizaje. Además, investigaciones indican que las aplicaciones de tareas, con enfoque interdisciplinario, en el aula de clases genera motivación por el aprendizaje en los estudiantes (Doig, B., y Williams, J., 2019; Ruiz, 2020). El enfoque interdisciplinario le permite al docente tener una mayor cantidad y diversidad de conocimiento disponible para la planeación de sus clases, a su vez el estudiante puede adquirir

“un conocimiento crítico, integral y que pueda llevar este saber a la práctica, conllevándolo a un conocimiento científico e investigativo” (Ruiz, 2020, p. 7).

Acorde a los beneficios indicados en estos hallazgos, en la actualidad, en el sector educativo colombiano la interdisciplinariedad ha sido incluida por el MEN en los Estándares Básicos de Competencias de Matemáticas (EBCM), los cuales constituyen un referente normativo y pedagógico para la orientación de los procesos de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas en los diferentes niveles de formación (MEN, 2006). Además, para la educación básica y media, en Colombia, el MEN plantea que “el pensamiento matemático puede desarrollarse a partir de problemas externos a las matemáticas, los cuales brindan contextos interdisciplinarios de interés” (Castrillón-Yepes et al., 2023, p.462), de esta manera, es y ha sido relevante la inclusión del enfoque interdisciplinario en los procesos de aprendizaje en Colombia. En la Tabla 2 se presentan las principales características del Enfoque interdisciplinar.

Tabla 2

Características principales del Enfoque interdisciplinar

Característica	Significado	Referencia
Conexión de saberes	Es la integración de diferentes saberes en función de indagar sobre un interés específico de investigación. Se observa cuando se vinculan conceptos, metodologías o perspectivas de diferentes áreas de conocimientos, sin perder la singularidad disciplinar.	(Agazzi, E., 2002) (Henao et al., 2017) (Capone, 2022)
Cooperación estratégica	Indica el trabajo colaborativo que moviliza esa «conexión de saberes». Implica que esas búsquedas de respuestas y soluciones de problemáticas específicas se lleven a cabo como «meta común».	(Morin, 2010)
Comunicación activa	Representa la escucha activa y el diálogo entre saberes que no necesariamente está presente en los proyectos para	(Torres Santomé, 1998)

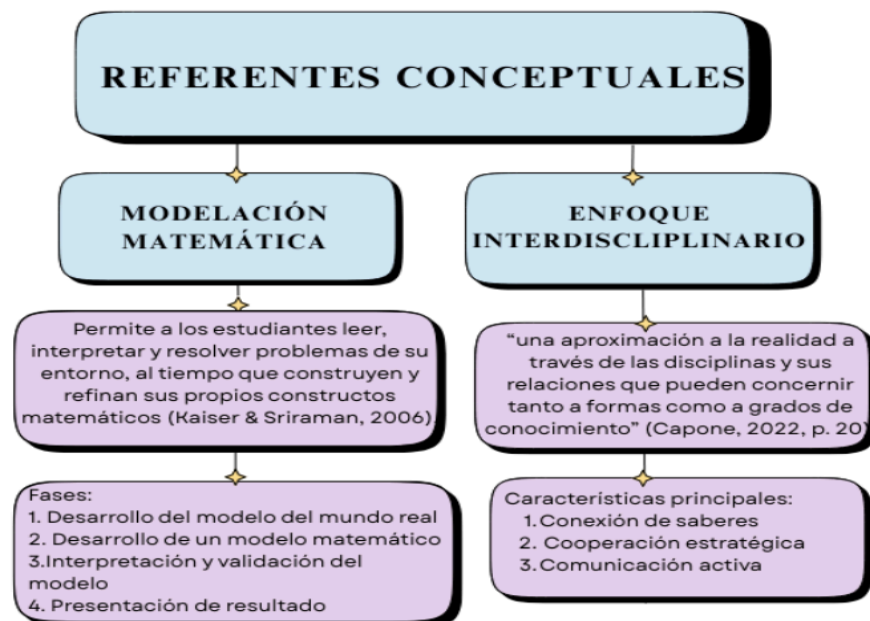
conseguir una «meta común».
 Involucra conversaciones,
 escucha, comunicación
 escrita, que genere consensos,
 acuerdos y otros.

Nota. Elaboración propia. Construcción basada en los referentes conceptuales.

En conclusión, tanto la **modelación matemática** como el **enfoque interdisciplinario** constituyen los pilares conceptuales que sustentan esta investigación. La modelación, entendida como un proceso cíclico de construcción, validación y comunicación de modelos, promueve en los estudiantes no solo la aplicación del conocimiento matemático, sino también el desarrollo de competencias cognitivas, sociales y reflexivas. Por su parte, el enfoque interdisciplinario posibilita la integración de saberes, la cooperación estratégica y la comunicación activa, elementos que fortalecen la indagación de situaciones contextualizadas. De esta manera, la articulación de ambos conceptos ofrece un marco pedagógico que resignifica la enseñanza de las matemáticas al situarla en contextos auténticos y relevantes. Con el fin de sintetizar estos aportes teóricos y facilitar su comprensión, a continuación, se presenta la **Figura 2**, en la que se integran las principales perspectivas y características abordadas en este capítulo.

Figura 2

Resumen referentes conceptuales



2.3. Situaciones contextualizadas

El concepto de Situaciones contextualizadas hace referencia al conjunto de problemas de la vida cotidiana que los estudiantes desean resolver, lo que en el proceso de aprendizaje y enseñanza facilita el interés, motivación y pertinencia de los contenidos educativos (Acosta Gutiérrez, Córdoba Maestre, Pacheco Fernández, 2021). En el desarrollo de este artículo académico, los investigadores muestran como una actividad tan sencilla como encender un fogón se constituyó como una situación contextualizada a investigar al ser considerada como un problema significativo para el análisis por parte de los estudiantes. Por otra parte, Torres Merchán presenta una investigación en la que usó situaciones cotidianas como estrategia didáctica para la enseñanza de conceptos químicos, logrando estimular no solo el interés genuino por el aprendizaje sino también habilidades de solución de problemas y toma de decisiones en los estudiantes (Torres Merchán, 2011).

Según la investigadora, las situaciones contextuales o cotidianas se refieren a problemáticas reales que atraen la atención de los participantes, evidenciándose en sus resultados investigativos una mayor participación y reflexión por parte de los estudiantes (Torres Merchán, 2011). En síntesis, en esta investigación, el concepto de Situaciones contextualizadas se refiere a esos temas o problemas de indagación creados desde el interés genuino y relevancia dada por parte de los estudiantes y no únicamente por considerarse problemas o temas sobre sus contextos reales cercanos. De esta manera, las Situaciones contextualizadas son actividades o problemas educativos que se sitúan en contextos reales o significativos para los estudiantes, permitiendo conectar los contenidos académicos con la vida cotidiana del alumno, facilitando un aprendizaje significativo y auténtico. Esta contextualización atiende al entorno social, cultural, histórico y personal del estudiante para hacer el aprendizaje relevante y ligado a su realidad.

3. Marco metodológico

El presente capítulo expone los elementos metodológicos que orientaron el desarrollo de la investigación. En coherencia con el planteamiento del problema, el marco teórico y los objetivos, se explicitan el paradigma, el enfoque y el método de investigación; el contexto y los

participantes; las fases de la investigación; las técnicas e instrumentos de recolección de datos; el procedimiento de análisis de la información; y las consideraciones éticas. Cada uno de estos apartados se construye con el fin de responder a la pregunta central: **¿Cuáles son las contribuciones que puede ofrecer la modelación matemática con enfoque interdisciplinario a la indagación de situaciones contextualizadas por parte de los estudiantes de quinto grado de la IEJL-S?**

3.1. Paradigma, enfoque y método de investigación

La investigación se inscribe en el **paradigma interpretativo**, cuyo interés radica en comprender la realidad desde las perspectivas y significados de los actores involucrados. Este paradigma se fundamenta en la premisa de que el conocimiento es contextual y se construye socialmente en la interacción. Como lo indica Pérez Serrano (citado en Ricoy Lorenzo, 2006), el interpretativismo “intenta comprender la realidad y considera que el conocimiento no es neutral, sino relativo a los significados de los sujetos en interacción mutua, teniendo pleno sentido en la cultura y en las peculiaridades de la cotidianidad del fenómeno educativo” (p. 17).

El estudio se aborda desde un **enfoque cualitativo**, el cual resulta pertinente porque permite captar la riqueza de las experiencias formativas de los estudiantes, reconociendo que la indagación de situaciones contextualizadas no puede reducirse a datos numéricos, sino que debe interpretarse a partir de los discursos, reflexiones y prácticas de los participantes. Este enfoque se caracteriza por la flexibilidad metodológica, la atención al contexto y la interpretación inductiva (Hernández, 2018).

El **método fenomenológico** fue elegido como el más adecuado, dado que la investigación busca comprender las contribuciones formativas de una experiencia educativa desde la vivencia de los estudiantes. El énfasis está en describir cómo los participantes experimentan, interpretan y resignifican las matemáticas en conexión con situaciones de su realidad. Hernández (2018) explica que este método pretende “describir y entender los fenómenos desde el punto de vista de cada participante y desde la perspectiva construida colectivamente” (p. 494).

En conjunto, el paradigma interpretativo, el enfoque cualitativo y el método fenomenológico posibilitan explorar y describir en profundidad las contribuciones que la modelación matemática con enfoque interdisciplinario ofrece a los estudiantes en su proceso de indagación de situaciones contextualizadas.

3.2. Contexto y participantes

La investigación se desarrolló en la **Institución Educativa Javiera Londoño – sede Sevilla (IEJL-S)**, ubicada en la comuna 4 de Medellín. Se trata de una institución de carácter oficial, con población mixta y jornada diurna y nocturna. Su Proyecto Educativo Institucional (PEI) declara objetivo central formar estudiantes con habilidades para la investigación y la resolución de problemas de la vida práctica, en coherencia con un modelo pedagógico desarrollista y un enfoque socioconstructivista.

El grupo participante estuvo compuesto por **36 estudiantes de quinto grado**, cuyas edades oscilan entre 10 y 12 años. La diversidad etaria y social de este grupo representó una oportunidad para comprender cómo los estudiantes, en sus diferencias, se aproximan a la indagación de situaciones contextualizadas.

La propuesta de aula fue implementada durante los semestres **2023-2 y 2024-1**, en un total de **siete sesiones de dos horas cada una**. Estas se llevaron a cabo dentro del horario regular de matemáticas y fueron planificadas como proyectos de modelación que partían de intereses y preguntas formuladas por los propios estudiantes.

3.3. Fases de la investigación

El estudio se organizó en cuatro fases, que constituyen un ciclo progresivo: **inmersión, diseño de implementación, intervención en el aula y reflexión**.

3.3.1. Fase de inmersión

Se desarrolló en el semestre 2023-2 e incluyó observaciones de clase, acompañamiento pedagógico y primeras interacciones con los estudiantes. Esta etapa permitió identificar la distancia entre la matemática escolar y la vida cotidiana, formulándose así la pregunta de

investigación. También se revisaron documentos institucionales y se consolidó el marco teórico y metodológico.

3.3.2. Fase de diseño de la implementación.

En el semestre 2024-1 se diseñaron las guías de aula y actividades. Este diseño contempló siete sesiones que progresaron desde la exploración de percepciones iniciales hasta la elaboración e interpretación de modelos. Ejemplos de estas actividades fueron: *Huellas matemáticas*, *Árbol de conocimientos* y *Creación del modelo*. Cada guía se estructuró con objetivos claros, orientaciones didácticas y espacios para registrar las producciones de los estudiantes. En la Tabla 3 se presenta el nombre de cada una de las Sesiones de la Implementación, con el tiempo que se necesitó para la elaboración de cada conjunto de actividades.

Tabla 3

Síntesis de la implementación

Sesión	Actividad	Tiempo
1	Huellas matemáticas Preguntas para explorar	2 horas
2	Caminando en compañía Creando una ruta común - Un destino en común	2 horas
3	Árbol de conocimientos: nuestro mapa Reconocimiento de gráficas: nuestra lupa Búsqueda de información	4 horas
4	Creación del modelo, recorriendo el camino Buzón del guía: nuestra brújula	4 horas
5	Círculo de reconocimiento, entrelazando caminos Interpretación del modelo	4 horas
6	Un vistazo al paisaje Mirando atrás	4 horas
7	Apreciando el camino recorrido	2 horas

3.3.3. Fase de intervención en el aula

La intervención se ejecutó en el semestre 2024-1. Los estudiantes, organizados en equipos, formularon preguntas de investigación a partir de objetos o situaciones de su interés, identificaron variables, recolectaron datos, construyeron modelos matemáticos y comunicaron sus

resultados. En este proceso se buscó indagar cómo la modelación con enfoque interdisciplinario favorecía la reflexión sobre problemas de su entorno.

La primera sesión, denominada *Huellas matemáticas*, estuvo orientada a reconocer las percepciones que los estudiantes tenían acerca de las matemáticas y su relación con situaciones del mundo real. En un primer momento, la docente en formación presentó el proyecto de investigación, explicando sus objetivos, la metodología y el papel que desempeñarían tanto ella como los estudiantes. Este espacio de introducción buscó generar claridad y confianza frente a la experiencia que se iniciaba. Posteriormente, se aplicó una actividad diagnóstica individual, guiada por un instrumento diseñado con este fin, que permitió identificar el conocimiento previo de los estudiantes y las formas en que vinculaban las matemáticas con su contexto sociocultural. A continuación, se desarrolló la actividad denominada *Preguntas para explorar*, en la que los estudiantes fueron agrupados a través de un juego de adivinanzas. Una vez conformados los equipos, cada grupo debía identificar un objeto, dibujarlo y formular preguntas sobre él.

El equipo Mapa dibujó un mapa y formularon una pregunta acerca de este objeto, por ejemplo ¿Por qué y cómo se crearon los mapas? ¿Quién fue la primera persona en crear un mapa? ¿Qué tipos de mapas existen? Evidencias de este equipo se presenta en la Figura 3.

Figura 3

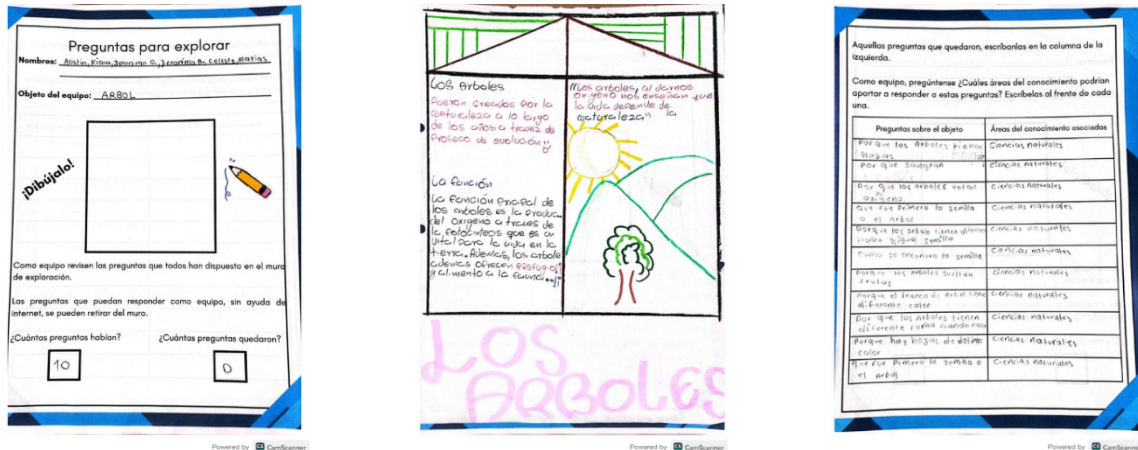
Evidencia equipo Mapa



El equipo Árbol creó las siguientes preguntas: ¿Por qué los árboles tienen hojas?, ¿Por qué los árboles tienen diferentes troncos y semillas?, ¿Por qué hay hojas de distinto color? ¿Por qué los árboles tienen frutos? En la Figura 4 se presenta el trabajo que desarrolló este equipo.

Figura 4

Evidencia equipo Árbol



Por su parte el equipo Libro planteó: ¿Un libro tiene enseñanza? ¿Qué libros son para leer? ¿Los libros pueden tener historias falsas? ¿Cuál es el libro más viejo del mundo? En la Figura 5 se muestra el trabajo que este equipo desarrolló.

Figura 5

Evidencia equipo Libro



Las preguntas de todos los equipos se consignaron en notas adhesivas y se dispusieron en un mural colectivo. En este ejercicio, los equipos distinguieron cuáles de esas preguntas podían responder inmediatamente y cuáles requerían mayor indagación, registrando ambas en sus guías de trabajo. El ejercicio culminó con la reflexión acerca de las áreas del conocimiento que podían aportar a la resolución de tales preguntas, lo que constituyó una primera aproximación al enfoque interdisciplinario de la propuesta tal y como lo demuestran los mismos tres equipos donde el equipo Mapa relacionó que las preguntas se podrían vincular con áreas como Español, Ciencias Naturales y Religión. Por su parte, el equipo Árbol indicó que solo se podría vincular con Ciencias Naturales y, por último, el equipo Libro relacionó las pregunta con Español, Literatura y Bibliotecología.

Figura 6

Evidencia de áreas de conocimiento

¿Cuáles áreas del conocimiento asocian a las preguntas?
Español, ciencia, religión, geografía

¿Cuáles fueron las áreas del conocimiento más presentes?
Español, matemáticas

¿Apreciaron las matemáticas en algunos de estos preguntas? ¿En cuántas?
2

¿Creen que las matemáticas podrían relacionarse con otras áreas para dar respuesta a algunos de estas preguntas? ¿De qué manera?
Sí

Equipo Mapa

¿Cuáles áreas del conocimiento asocian a las preguntas?
Español, ciencia, religión, geografía

¿Cuáles fueron las áreas del conocimiento más presentes?
Español, matemáticas

¿Apreciaron las matemáticas en algunos de estos preguntas? ¿En cuántas?
2

¿Creen que las matemáticas podrían relacionarse con otras áreas para dar respuesta a algunos de estas preguntas? ¿De qué manera?
Sí

Equipo Árbol

¿Cuáles áreas del conocimiento asocian a las preguntas?
Español, literatura, Bibliotecología

¿Cuáles fueron las áreas del conocimiento más presentes?
Español y un poco de literatura, matemáticas, Bibliotecología

¿Apreciaron las matemáticas en algunos de estos preguntas? ¿En cuántas?
Un poco no estamos seguros

¿Creen que las matemáticas podrían relacionarse con otras áreas para dar respuesta a algunos de estas preguntas? ¿De qué manera?
Sí, de manera con operaciones básicas y para conseguir respuestas

Equipo Libro

En la segunda sesión, denominada *Caminando en compañía*, el objetivo principal fue conformar equipos de trabajo estables e identificar los intereses investigativos individuales y colectivos. Los estudiantes se organizaron a partir de palabras previamente seleccionadas y se les presentó la bitácora de investigación que les serviría como herramienta de registro durante todo el proyecto. Cada grupo eligió un nombre y un logo, reforzando así su identidad y cohesión como equipo de trabajo. Posteriormente, se introdujeron los roles que cada miembro asumiría dentro del equipo: mediador, guardián de materiales, ilustrador, gestor del tiempo y comunicador. Con este paso se buscó fomentar la corresponsabilidad y la organización colaborativa. La segunda

Los exploradores

¿De dónde vienen los negros?

La tercera sesión llevó por nombre *Árbol de conocimientos* y estuvo orientada a identificar la información relevante para el desarrollo de la investigación en torno al tema escogido por cada equipo. En un primer momento, la docente explicó la metáfora del árbol como organizador conceptual y cada grupo construyó su propio árbol de conocimientos, ubicando en las raíces los fundamentos previos, en el tronco los elementos centrales y en las ramas las posibles líneas de indagación tal como se muestra en la Figura 8 que evidencia el trabajo investigativo que se llevó a cabo.

Figura 8*Árbol de Conocimientos*

Equipo Los Exploradores



Equipo Los Mostros



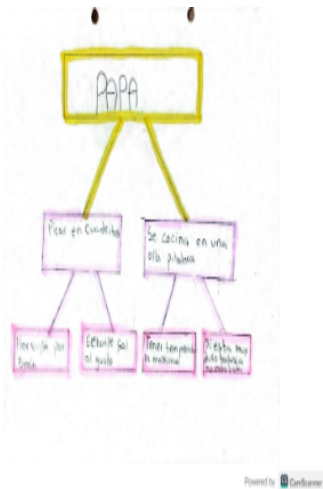
Equipo Los Increíbles

A partir de este ejercicio, los estudiantes elaboraron mapas de relaciones y seleccionaron posibles variables que podrían ayudar a responder su pregunta de investigación para su proyecto. El equipo Los Montañeros, a partir de su pregunta sobre las condiciones más óptimas de la cocción de una papa, generaron relaciones entre las formas que puede adquirir el tubérculo y el utensilio que puede usarse para la cocción. El equipo JM generó relaciones entre la mortalidad, la natalidad, los migrantes y la población actual, esto debido a que su pregunta se relacionó con el crecimiento poblacional en Roma en los últimos 30 años. Por último, el equipo de Los Investigadores relacionó la altura de la marea con el transcurrir del día y el cambio en ella de tal manera que pudieran responder por aquellas horas en las que se generan las olas más grandes en

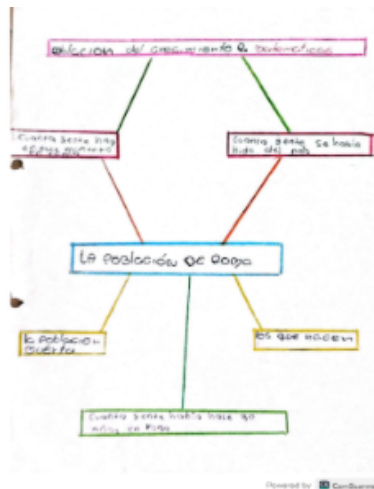
las playas de Colombia. Este desarrollo se evidencia en la Figura 9 que se presenta a continuación.

Figura 9

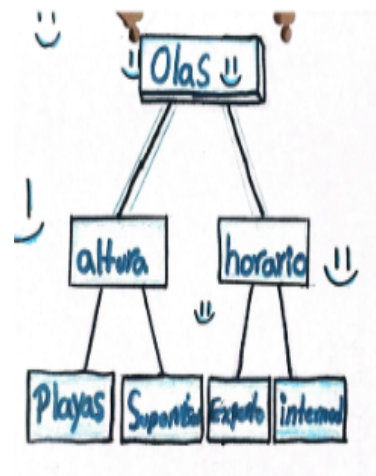
Mapa de relaciones



Equipo Los Montañeros



Equipo JM



Equipo Los Investigadores

Con este mapa de relaciones, los diferentes equipos definieron elementos clave para responder a su pregunta de investigación y reflexionaron acerca de qué conocimientos matemáticos, otras áreas y variables serían necesarios para su estudio. En la Tabla 5 se presentan los insumos de los equipos que participaron de la implementación.

Tabla 5




Elementos clave para responder la pregunta de investigación

Equipo	Elementos	Variables asociadas
JM	La población que ha muerto en Roma, ¿Cuánta gente se ha ido de Roma?, ¿Cuánta gente hay en este momento en Roma?	2024, 2014, 2004, 1994.
Los increíbles	Basura y desechos, plásticos y bolsas, cartón y papel, cosas que no tienen utilidad.	Años.
Los investigadores	Altura, horario, playas.	Metros, horas, tipos de playas.

Equipo	Elementos	VARIABLES asociadas
Los montañeros	Temperatura máxima, picar en cuadritos, echarle sal al gusto, hervir por 5 min	grados, cantidad de cuadritos, con modalidad, revisar cada 30 segundos.
Los mostros	Estrellas, capas del sol, temperaturas del sol en las capas de la atmósfera.	Km, tipos de capas, la temperatura del sol.
Los exploradores	Anyeli, Dayvers.	Color de piel.

En esta misma sesión se desarrolló la actividad *Reconocimiento de gráficas: nuestra lupa*, en la que los grupos analizaron diferentes representaciones gráficas asignadas al azar. Las gráficas que analizaron se relacionaron con proyectos y su pago en euros, la extracción de agua en el tiempo y la producción académica en torno a la enseñanza de la astronomía en Colombia. La Gráfica 1 la analizaron los equipos JM, Los Montañeros y Los Exploradores; la Gráfica 2 los Investigadores y Los increíbles y la Gráfica 3 la analizaron Los Mostros. Como se muestra en la Tabla 6, este ejercicio permitió a los diferentes equipos familiarizarse con la lectura y la interpretación de gráficos como una herramienta esencial en la construcción de modelos.

Tabla 6
Análisis de Gráficas

Gráfica 1	Gráfica 2	Gráfica 3
		
JM Los Montañeros Los Exploradores	Los Investigadores Los Increíbles	Los mostros
Identificaron que al aumentar la cantidad de proyectos aumenta el sueldo	Al pasar los años aumenta la extracción y consumo el agua	La maestría en Astronomía en Colombia en el período de 2010 a 2020 baja en un 70%

Finalmente, en la actividad *Buzón del guía: nuestra brújula*, los equipos redactaron una carta dirigida a un experto, en la que presentaron quiénes eran, cuál era su pregunta de investigación y qué avances habían realizado hasta ese momento. En la Figura 10 se presentan las elaboraciones de los diferentes equipos.

Figura 10

Carta a los expertos

<p>primero creamos el nombre, leamos los roles y a cada persona del equipo escogió su rol, luego cada persona propone una idea para investigar luego elegimos una idea y hicimos 10 preguntas y las respondimos. la profesora nos puso a investigar algo de la astronomía y las respondimos haciendo un orbal y las pondimos luego nos puseten a investigar las estrellas y las capas del sol hicimos preguntas sobre las estrellas y el sol y luego investigamos las capas de la tierra con sus kilometros. luego nos pusieron 10 preguntas como hicieron la investigación.</p>	<p>Mi equipo y yo estamos investigando sobre las matemáticas y la geometría, buscamos la información en internet google y hicimos la búsqueda preguntando sobre nuestro tema solo nos queda la pregunta de la cantidad de personas en roma a partir de la que también investigamos sobre los signos de pregunta, los números de roma en el año 2024 había una cantidad de 20 millones de personas también investigamos sobre la historia de las matemáticas y la geometría y la definición de sus problemas matemáticos</p>	<p>CARTA... Hola gente, les quiero contar como he progresado con mi equipo, bueno la palabra que dio al equipo fue Galas, Nosotros nos llamamos los matemáticos y a lo largo de la investigación de ciertos temas investigamos sobre las cartas. Hemos estado investigando sobre cosas sobre la cocina como, cual es el ingrediente más rápido para cocinar un papá como hacer las cocinas antes y como el otro día la cocina y también hicimos unas preguntas sobre la cocina.</p>
<p>Equipo Los Mostros</p>	<p>Equipo JM</p>	<p>Equipo Los Investigadores</p>
<p>Hola queridos compañeros hoy venimos a hacerles unas preguntas sobre biología marina y la contaminación del agua del mar. Mis compañeros y yo pensamos que la primera pregunta es la más importante. ¿Qué contribuyen a la contaminación del mar? Te preguntamos esto porque el tema que mis compañeros y yo escogimos es sobre el mar por que es algo que nos gusta mucho por que tiene que ver con los animales y como salvamos a los animales de la contaminación.</p>	<p>Carta: anonimo Hola anonimo te buscamos esto Carta para contarte nuestra historia estamos haciendo una investigación sobre el origen del magisterio hecho en el siglo XVIII y necesitamos tu ayuda para avanzar un poco más. Esperamos que sea de tu interés.</p>	<p>Carta... hola personita te vamos todo lo que averiguamos o símos con el trabajo de vez nosotros decidimos y escogimos hablar sobre la familia isímos todo y luego y símos una pregunta que era si, adán y eva eran blancos de donde salieron negros luego y símos un árbol donde pusimos como podríamos buscar e investigar sobre eso</p>
<p>Equipo Los Increíbles</p>	<p>Equipo Los Investigadores</p>	<p>Equipo Los Exploradores</p>

La escritura de las cartas a los expertos permitió a los estudiantes comunicar sus procesos proyectando su investigación hacia una validación externa y reconocer avances para el proceso. En la Tabla 7 se compilan los aportes de esta actividad a cada equipo.

Tabla 7

Avances proceso a partir de Carta Experto

Equipo	Experto	Preguntas	Avances investigativos
JM	Julieth Ruiz, investigadora	¿Cómo ha variado el crecimiento poblacional en Roma en los últimos 30 años?	Describen cómo buscaron la información en internet. Y dicen que les quedó faltando información sobre la cantidad de personas en el período a partir de 1994.
Los increíbles	Luis Mariano, Ing. ambiental	¿Qué contribuye a la contaminación del agua del mar?	Manifiestan sus intereses de investigación. Indican la pregunta de investigación y escriben por qué eligieron esta pregunta. Piden ayuda al experto.
Los investigadores	Luis Mariano, Ing. Ambiental	¿En qué horas se generan las olas más grandes en las playas de Colombia?	Expresan su tema de investigación y describen que han hecho gráficas, mapas y más en el proceso. Piden ayuda al experto.
Los montañeros	Andrea Jiménez, Estudiante Gastronomía	¿Cuál es el método más rápido para cocinar una papa?	Describen actividades que han realizado para resolver su pregunta de investigación.
Los mostros	Juan David Giraldo, Lic. en ciencias naturales UdeA	¿Cuánto km que tiene las capas de la tierra, ¿Cuáles son?	Indican varias actividades realizadas que se hicieron varias preguntas antes de llegar a su pregunta final de investigación.
Los exploradores	Juan David Giraldo, Lic. en Ciencias naturales UdeA	¿De dónde vienen los negros?	En la carta hacen una descripción de las tareas realizadas. Expresan su interés en el tema de la familia y después cómo llegaron a esa pregunta de investigación.

La quinta sesión se estructuró alrededor de la actividad *Círculo de reconocimiento*, en la cual los equipos compartieron sus avances y leyeron las respuestas recibidas de los expertos a quienes habían dirigido sus cartas como se muestra en la Figura 11.

Figura 11

Carta de los expertos

<p>Queridos estudiantes,</p> <p>Debo empezar diciendo que estoy sorprendido de que hayan estado realizando estas investigaciones acerca de la temperatura del sol y su distancia con la tierra. ¡Es increíble! Honestamente no sé si por dónde empezaron, cuando no se imaginan la cantidad de secretos del cosmos que se esconden detrás de una cuestión tan sencilla como lo es la distancia del sol y la temperatura. Para empezar, ¿se han puesto a pensar en la increíble coincidencia que tuvo que pasar para que nuestra planeta estuviera a la distancia correcta del sol para desarrollar la vida?</p> <p>Imagínese. Si nuestro planeta hubiera estado un poquito más lejos del sol, estaríamos muy congelados. Pero si nuestro planeta estuviera más cerca del sol, estaríamos asado! Pero eso no es todo. Todos sabemos que las plantas se alimentan de la luz del sol y las gracias a esto procesan que la vida en nuestro planeta existe. ¿Qué sería de nosotros sin las plantas? Esto es todavía más increíble si nos ponemos a pensar en el hecho de que estamos gracias a una "bola de fuego" que está a kilómetros de distancia, en la distancia perfecta para tener la temperatura perfecta en un planeta que constantemente está recibiendo rayos de luz que atraviesan millones de kilómetros de distancia en el vacío... ¡en tan solo 8 minutos!</p> <p>Es una locura. Pero gracias a esto podemos vivir. ¡Pero todavía hay más!</p> <p>Resulta que nuestro planeta, y en general el universo, es un sistema de temperaturas distintas que viven en equilibrio. Empezamos por el sol, ¿sabían que hay estrellas mucho más calientes que el sol? ¿Existen estrellas de otros colores? Hay estrellas que desde nuestra superficie parecen ser de color rojo, que tienen a ser más frías que el Sol. ¿Pero no se confundían, para nosotros siguen siendo demasiado calientes), existen estrellas de colores azules que indican que son muchísimo más ardientes que nuestro sol. (Imagina la gran temperatura que deben tener!</p> <p>Por otro lado, nuestro planeta también tiene sus mecanismos para almacenar temperatura. Resulta que en nuestra atmósfera existen unos gases llamados GASES DE EFECTO INVERNADERO. Estos gases atrapan los rayos de luz que viene del sol y los atrapan en la atmósfera. De esta manera, el planeta logra guardar calor para que la vida exista. Si no existieran estos gases, aunque el sol nos enviara demasiado calor, no habría forma de almacenar este calor y nuestro planeta sería una bola de nieve. ¿Pero te puedes imaginar lo que pasaría si produciéramos muchos más gases de efecto invernadero en nuestra atmósfera? Claro está, haría mucho más calor. Por eso hay que mantenerlos en equilibrio: No tan frío ni tan caliente... Pero eso no es así, ¿verdad? ¿has escuchado que cada vez hace más calor y cada vez hay más sequías?</p> <p>Le contaré un secreto. Hay un gas de efecto invernadero que recibe el nombre de DÍÓXIDO DE CARBONO pero no te confundas, es el humo que ves saliendo de las fábricas, de los carros y también cuando quemamos algo y ves humo, eso es dióxido de carbono. Y esto nos lleva</p>	<p>¡Hola pequeños cocineros e investigadores!</p> <p>¡Qué emocionante saber que están investigando sobre los métodos más rápidos para cocinar una papa frita! Les pongo fin de la comida que más nos gusta y aprender a cocinarla es todo un reto</p> <p>Cuando cocinamos una papa frita, lo que están haciendo es usar calor para que el interior quede suave y suya bien, y el exterior, la parte de afuera, quede dorado. Pero ¿a qué temperatura es mejor cocinarla para que quede perfecta y rápida?</p> <p>A fuego alto: La papa se cocinará más rápido, pero hay que tener cuidado, porque podría quemarse demasiado por falta de estar lista por dentro y engañarnos, haciendo que nos la comamos cruda.</p> <p>A fuego medio: Puede ser un buen equilibrio. La papa se cocina de manera uniforme, durándose por fuera y cocinándose bien por dentro más o menos al mismo tiempo.</p> <p>A fuego bajo: Aquí la papa tardará más tiempo en cocinarse, pero será menos probable que se quem.</p> <p>Ahora, ¿sabían que la matemática puede ayudarnos a resolver este misterio? ¡Así es! La matemática está en todas partes, incluso en la cocina.</p> <p>Pueden medir cuánto tiempo tarda en cocinarse la papa a diferentes temperaturas. Luego, usando esa información, podrían calcular cuál es el tiempo promedio y decir qué temperatura es la mejor para hacer las papas fritas más rápidas. Si cocinan más de una papa, pueden pensar en cómo repartir el calor para que todas se cocinen igual de rápido. Aquí las fracciones son muy útiles.</p> <p>¡Siguen probando, midiendo, y descubriendo! La cocina es como un laboratorio y cada experimento que hacen los acercará un poquito más a encontrar la mejor forma de hacer esas papas fritas deliciosas.</p> <p>Con mucho cariño, una chica que disfruta mucho cocinar.</p>	<p>¡Hola, investigadores!</p> <p>Esta carta es para felicitarlos por su gran trabajo sobre el crecimiento poblacional de Roma. Realmente hicieron un buen trabajo en equipo y lograron los objetivos de cada una de las actividades. Cada rol que se asignaron fue fundamental para cumplir con los propósitos del trabajo. ¡Felicitaciones!</p> <p>Solo debo recomendarles que nunca olviden que la guía principal del trabajo será siempre la pregunta de investigación y que de ahí partirá toda la búsqueda de información, elección de fuentes y análisis de los datos recolectados. Han hecho un excelente trabajo y ojalá emprendan nuevas actividades de investigación en el futuro y no dejen de hacerse preguntas sobre el mundo.</p> <p>No tengan miedo de asumir nuevos roles y fortalecer sus habilidades de investigación como escuchar, observar, leer, analizar y más. Este tipo de investigaciones son muy importantes para descubrir nuevas respuestas sobre la ciencia, sigan explorando su curiosidad, una vez más: ¡felicitaciones!</p>
<p>Hola, jóvenes investigadores. Mi nombre es Luis Mariano, y soy ingeniero ambiental.</p> <p>La contaminación del mar se debe en una parte a esos materiales que son plásticos y tiramos al mar, y la dificultad de estos plásticos para descomponerse. Algunos son capaces de descomponerse en partículas muy muy pequeñas entonces los peces del mar y otros animales pueden comerse esas micropartículas de plástico y se pueden intoxicar e incluso morir.</p> <p>La contaminación del mar implica desde cada una de las casas y desde cada una de las ciudades en las que no se para y que no dispone bien el plástico, es decir, no bota por ejemplo las botellas de plástico en los depósitos para reciclables sino que las bota a la calle, entonces cuando llueve la lluvia arrastra esos plásticos hasta las alcantarillas, luego esos plásticos van al río y los ríos al finalizar su recorrido llegan al mar a través de las corrientes. Entonces gran parte de la contaminación es porque no depositamos bien los residuos plásticos y utilizamos muchos plásticos para una sola vez como las botellas plásticas.</p> <p>Es importante decir que no todos los plásticos tardan la misma en descomponerse, por eso es mejor que cuando usamos plásticos, los reciclamos y echamos en los lugares correspondientes, y que estos sean de los más rápidos en descomponerse, así cuidaremos el mar y los animales que habitan en él.</p> <p>Muchas felicitaciones por su investigación mifos, ojalá puedan seguir preocupándose por la naturaleza y como la matemática ayuda a tomar decisiones sobre su cuidado.</p>	<p>Hola, jóvenes investigadores. Mi nombre es Luis Mariano, y soy ingeniero ambiental.</p> <p>Muy buena pregunta y muy buena investigación asociada. Las olas del mar y la marea se generan por la atracción gravitatoria entre la luna y el mar. Entonces la luna, que está muy cerca de la Tierra y en la noche un poco más, a toda esa agua, lo que hace es atraerla, entonces genera un abultamiento, como que se abultara parte del mar y luego la libera y eso genera las olas del mar. El sol también hace lo mismo, pero no es tan marcado como la luna como tal, por eso es que es normal que en las horas de la noche haya olas más altas, como lo muestra su construcción.</p> <p>La matemática está presente en todos los procesos, por ejemplo, en ese proceso de las olas del mar se puede cuantificar cómo va a ser de alta la ola dependiendo de la cercanía de la luna con la masa de agua, es decir, con el océano. Entonces podemos cuantificar que a una distancia menor entre la luna y el mar las olas van a ser mucho más grandes.</p> <p>¡Muchos ánimos! Sigán investigando, este es un camino muy bonito</p>	<p>Queridos estudiantes,</p> <p>Estuve revisando sus trabajos que me han enviado acerca de la genética y eso que lo primero que debo hacer es felicitarlos por esa espíritu investigativo que los ha llevado a realizar estos trabajos genéticos. ¿Tienen una buena pregunta de investigación?</p> <p>Muchas personas podrían preguntarnos cómo es posible que aparezcan seres humanos de piel oscura si Adán y Eva eran blancos. Pues les cuento un secreto: ¡Según las investigaciones en ciencia, es muy posible que los primeros seres humanos hayan sido negros y no blancos!</p> <p>Así es, como lo hea. Según los registros fósiles y las pruebas de laboratorio, hemos logrado encontrar pruebas que nos cuentan que muy probablemente los primeros seres humanos aparecieron en África y poseían altas cantidades de un componente llamado Melanina. Se están preguntando: ¿Por qué en el ecuador que hace que los seres humanos nos volvamos más oscuros, para protegernos del sol intenso. Sin embargo, cuando los seres humanos empezaron a migrar hacia otras regiones altas de África, encontraron otros climas. ¿Y aparecieron seres humanos con otras tonalidades de la piel?</p> <p>Por alguna razón, algunos seres humanos empezaron a tener plenas de otras tonalidades que fueron transmitiendo a sus hijos, así como pasa con nuestros abuelos, nuestros papás y con nosotros. Lo que sucedió es que todos sabemos de nuestro cuerpo tenemos algo llamado Genes. Los genes contienen toda la información de nuestro cuerpo: Nuestro color de piel, el color de nuestros ojos, la forma de nuestro cabello, nuestra estatura, si tenemos lampiños o más peludos, la forma de nuestro rostro, todo está incluido en nuestros genes!</p> <p>Pero estos genes no vienen de la gallina, nuestros abuelos y padres ofrecen sus genes y estos se mezclan en nosotros para darnos una apariencia única en el mundo. Pero ponga atención en lo siguiente: Resulta que hay dos tipos de genes, uno recesivo y uno dominante. Esto significa que habrá siempre un gen más fuerte que el otro: el recesivo es el más débil y el dominante es el más fuerte.</p> <p>Imagino que una pareja va a tener un hijo que llamarán Pablito, y que el padre tiene cabello liso y la madre tiene cabello crespo. Si Pablito aparece con cabello crespo, entonces significa que el gen de cabello crespo es dominante, porque fue el que se expresó. ¿Pero no crees que el gen débil desaparece?</p> <p>Esas gen débil queda guardado en los genes de Pablito, aunque no se exprese. Ahora imaginemos que Pablito crece, se vuelve adulto, se enamora, se casa y está a punto de tener un hijo. Imaginemos que su esposa también es de cabello crespo. En este punto podríamos pensar fácilmente que si tanto Pablito como su esposa tienen el cabello crespo, entonces el hijo que tendrán también es de cabello crespo... ¿Y así! ¡Aparece un hijo de cabello liso!</p> <p>¿Qué pudo haber pasado? Pues efectivamente, ese gen débil de cabello liso que Pablito tenía guardado y que le dio su mamá, se expresó. En este caso, el gen de cabello liso que estaba</p>

En correspondencia con las respuestas dadas por cada experto, en la Tabla 8 se reconocen los elementos relevantes que potenciaron el trabajo para cada equipo a partir de las observaciones que ellos dieron.

Tabla 8
Respuesta de Expertos

Equipo	Experto	Respuesta del experto
JM	Julieth Ruiz Investigadora	El experto felicita a los estudiantes por el proyecto. Recomienda que no olviden de la guía principal es la pregunta de investigación: para la búsqueda de información, elección de fuentes y análisis de datos. Motiva a seguir explorando la curiosidad.

Equipo	Experto	Respuesta del experto
Los increíbles	Luis Mariano Ing. Ambiental	El experto muestra sus conocimientos sobre cómo se genera el proceso de contaminación y el reciclaje. Felicita a los estudiantes por el proyecto.
Los investigadores	Luis Mariano Ing. Ambiental	El experto comparte sus conocimientos sobre la pregunta de investigación. Muestra el aporte de las matemáticas al tema de investigación. Anima a los estudiantes a seguir investigando.
Los montañeros	Andrea Jiménez Estudiante Gastronomía	El experto da indicaciones a los estudiantes sobre cómo los diferentes grados de temperatura influyen en la cantidad de tiempo requerido para cocinar. Muestra cómo las matemáticas están presentes en el proyecto realizado y motiva a los estudiantes a seguir aprendiendo.
Los mostros	Juan David Giraldo Lic. en Ciencias Naturales UdeA	El experto brinda información general relacionada con el tema investigado. Realiza varias preguntas relacionadas para abrir otros cuestionamientos sobre el tema.
Los exploradores	Juan David Giraldo Lic. en Ciencias Naturales UdeA	El experto muestra cómo la pregunta puede pensarse, a partir de aportes científicos, desde otra formulación diferente. También expone cómo ese tema de investigación se vincula con la vida cotidiana. Nombra nuevos conceptos y relaciones con el mundo real. Finaliza con una nueva pregunta al equipo de estudiantes.

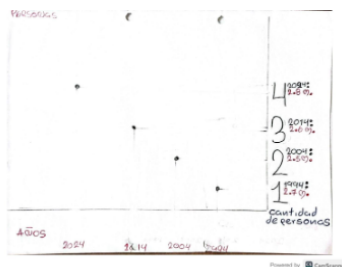
Este espacio de retroalimentación fomentó el diálogo y la valoración de la opinión externa. Posteriormente, en un carrusel de presentaciones, los grupos expusieron sus modelos y conclusiones preliminares ante sus compañeros, mientras recibían preguntas y observaciones de los demás equipos. El equipo JM al presentar su modelo relacionaron la cantidad de personas con los años 1994, 2004, 2014 y 2024 con esta herramienta pudieron responder su pregunta: ¿Cómo ha variado el crecimiento poblacional en Roma en los últimos 30 años? Además, reconocieron la importancia de incluir en su modelo elementos asociados a sus intereses, así que notaron que a lo largo de esos últimos años la población ha aumentado y el crecimiento es proporcional al aumento de años.

Por su parte el equipo Los Exploradores inicialmente se preguntaron sobre la descendencia de las poblaciones y el origen de las familias, y posteriormente se hicieron la pregunta: ¿De dónde vienen los negros? Con esta idea escogieron a dos compañeros con distinto color de piel y lo relacionaron con su familia (madre, padre, abuelo y abuela materna y paterna) y llegaron a conclusiones como que el color de piel puede variar en las diferentes generaciones.

Por último, el equipo Los increíbles en su modelo relacionaron el tipo de plástico con el tiempo en que tarda cada uno de estos en descomponerse, su pregunta fue: ¿Qué contribuye a la contaminación del agua del mar? Con los resultados del modelo descubrieron que depende del tipo de material contaminante el tiempo de contaminación que haya en el mar.

Figura 12

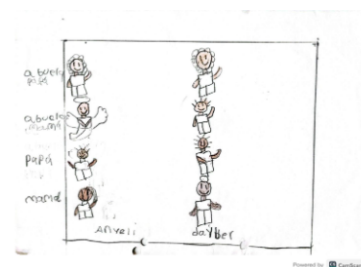
Modelos



Equipo JM



Equipo Los Increíbles



Equipo Los Exploradores

Con la actividad *Entrelazando caminos*, registraron las interacciones con otros grupos y discutieron de qué manera las preguntas externas enriquecían su investigación. La sesión concluyó con la *Interpretación del modelo*, ejercicio en el cual los estudiantes analizaron críticamente sus propias representaciones gráficas respondiendo a interrogantes sobre tendencias, relaciones entre variables y posibles predicciones, lo que les permitió fortalecer la comprensión del valor explicativo de los modelos matemáticos.

La sexta sesión, denominada *Un vistazo al paisaje: mirando atrás*, se centró en la reflexión sobre el proceso de investigación. Las preguntas orientadoras planteadas por la docente, tales como *¿Qué les hubiera gustado hacer diferente?*, *¿Cómo responderían ahora su pregunta de investigación?*, *¿Qué dificultades encontraron en el proceso?* promovieron la autoevaluación

y la revisión crítica de la experiencia, consolidando la capacidad de análisis metacognitivo frente a su propio aprendizaje.

Finalmente, la séptima sesión, bajo el título *Apreciando el camino recorrido*, constituyó la actividad de cierre de la intervención. De manera individual, los estudiantes respondieron un cuestionario reflexivo que buscaba identificar cómo se transformaron sus percepciones sobre las matemáticas después del desarrollo del proyecto. Ellos dieron cuenta que los conocimientos matemáticos que aplicaron se relacionaron con elementos y variables de las preguntas elaboradas sobre sus intereses personales. Así mismo, expresaron que gracias a las matemáticas observaron sus temas de investigación de una manera mucho más amplia y profunda y que en dicho sentido las relaciones que encontraron para su investigación se establecen a partir de procedimientos y conceptos matemáticos, al mismo tiempo que se asociaban con conocimientos de otras áreas disciplinares.

Las preguntas indagaban por los conocimientos matemáticos aplicados, las relaciones encontradas entre las matemáticas y el tema de investigación, y las posibles conexiones con otros contextos. Con este ejercicio, se pudo reconocer el grado en que la experiencia permitió movilizar el conocimiento matemático hacia la indagación de situaciones contextualizadas, así como el impacto de la modelación con enfoque interdisciplinario en la percepción y actitud de los estudiantes frente a la disciplina. La Tabla 9 presenta un resumen de este proceso de intervención.

Tabla 9

Sesión	Actividad	Objetivo	Momentos	Producto esperado
1	Huellas matemáticas / Preguntas para explorar	Reconocer percepciones iniciales sobre las matemáticas y su relación con el mundo real; formular preguntas investigativas.	Presentación del proyecto; diagnóstico individual; conformación de grupos; formulación y depuración de preguntas; reflexión sobre áreas del conocimiento implicadas.	Registro de percepciones iniciales y mural de preguntas interdisciplinarias.
2	Caminando en compañía / Creando una ruta común	Conformar equipos de trabajo, asumir roles y construir intereses investigativos colectivos.	Organización de equipos con nombre y logo; distribución de roles; identificación de temas de interés con diagrama de Venn; lluvia y depuración de preguntas.	Selección de dos preguntas de investigación por equipo y bitácora de investigación iniciada.
3	Árbol de conocimientos / Reconocimiento de gráficas / Buzón del guía	Identificar información relevante, definir variables y proyectar el trabajo a expertos.	Construcción de árboles de conocimiento; elaboración de mapas de relaciones; análisis de gráficas asignadas; redacción de carta a un experto.	Selección de variables a indagar y cartas enviadas a expertos.
5	Círculo de reconocimiento / Entrelazando caminos / Interpretación del modelo	Compartir avances, recibir retroalimentación y analizar críticamente modelos matemáticos.	Lectura de respuestas de expertos; carrusel de presentaciones entre grupos; registro de aportes de otros equipos; análisis de modelos con preguntas orientadoras.	Modelos matemáticos interpretados y ajustados con base en retroalimentación.
6	Un vistazo al paisaje: mirando atrás	Reflexionar sobre el proceso investigativo y evaluar la pertinencia de los modelos construidos.	Lectura de nuevas cartas de retroalimentación externa; discusión grupal sobre aciertos, dificultades y posibles cambios en el modelo.	Autoevaluaciones y reflexiones críticas escritas sobre el proceso investigativo.
7	Apreciando el camino recorrido	Indagar percepciones finales sobre las matemáticas y su conexión con el mundo real.	Aplicación de cuestionario individual de cierre; análisis personal de aprendizajes, dificultades y conexiones con el entorno.	Evidencias de transformación en la percepción del papel de las matemáticas.

3.3.4. Fase de reflexión

Posterior a la intervención, se desarrolló una etapa de análisis y discusión de la experiencia. Se revisaron los resultados de las actividades, las producciones de los estudiantes y los registros de campo. Esta fase permitió elaborar una descripción de las contribuciones formativas de la propuesta, en coherencia con los objetivos de la investigación.

3.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de información

En la investigación cualitativa el papel del investigador es fundamental, como lo menciona Hernández (2018, p.197): “el investigador es quien, mediante diversos métodos o técnicas, recoge los datos (él es quien observa, entrevista, revisa documentos, conduce sesiones, etc.)”, así mismo, es quién los selecciona y define en correspondencia con la investigación, pregunta de investigación y objetivos. En este sentido, la recolección de datos se realiza para reunir información sobre un tema, situación o fenómeno de estudio específico. En esta investigación se usaron las siguientes técnicas para la recolección de la información: observación participante, cuestionario, diario de campo, guías de los estudiantes, grabaciones y fotografías.

3.4.1. Observación participante

Esta técnica se entiende como un proceso de interacción social, flexible, con participación del investigador, en la que se trata de conocer los significados y sentidos que otorgan los sujetos a sus acciones y prácticas. Sin embargo, no es una tarea fácil, puesto que significa efectuar una labor detallada, minuciosa y disciplinada, para lograr una comprensión adecuada de los fenómenos sociales y de sus significados (Sánchez, 2013). Así mismo, el investigador es quien controla con qué profundidad es su participación y la de los estudiantes en el contexto investigado. Esta técnica se usó para observar estructuradamente las experiencias, participaciones y discursos de los estudiantes durante las sesiones de implementación.

3.4.2. Cuestionario

Este instrumento está “compuesto de preguntas, espacio para registrar las respuestas” (Padua, 1979) e información como fecha, nombre, tiempo de duración, entre otros.

Los datos obtenidos en un cuestionario se basan en declaraciones verbales, en este caso fueron de los estudiantes. Las preguntas formuladas en los cuestionarios se orientan en función de los objetivos de la investigación y el contexto, como lo menciona Viaytes (2004) cuando recurrimos a cuestionarios suponemos que queremos saber qué piensan, sienten o esperan los sujetos, nada sería mejor que preguntárselo a ellos mismos. En esta investigación se usó el cuestionario con el propósito de indagar sobre el «sentido de la realidad» de los estudiantes, específicamente se usó en la primera sesión y en la sesión final de la implementación. De esta manera se formularon y aplicaron una lista de preguntas abiertas con el fin de realizar un diagnóstico inicial y un diagnóstico final del «sentido de la realidad» de los estudiantes.

3.4.3. Diario de campo

Estos instrumentos son similares a un diario personal: registran comportamientos, diálogos, interacciones y situaciones que se dieron en el avance del día o de eventos particulares. En esta investigación, el diario de campo se usó para registrar información observada en el aula durante la práctica educativa: se anotó el paso a paso de las clases, preguntas de los estudiantes y observaciones adicionales. Según Taylor y Bogdan (1984) cada investigador desarrolla su propio modo de redactar las notas de campo, es decir, la forma de escribir, así como la mirada analítica, varía de observador a observador. En los diarios de campo se registraron notas que permitieron la recuperación fácil de los datos y fueron útiles en la construcción del diseño de implementación.

3.4.4. Guías de los estudiantes

Las guías de los estudiantes fueron un instrumento de recolección de información para determinar las contribuciones formativas que aporta una propuesta de aula de modelación matemática con enfoque interdisciplinario a los estudiantes de quinto grado de la IEJL-S. Estas guías describen las actividades y las orientaciones necesarias para la adecuada ejecución de cada sesión. Se realizaron de manera organizada, sintética, y estratégicamente fueron diseñadas para cumplir con los objetivos de la investigación. Las guías se clasificaron por sesiones (con colores diferentes) y con un objetivo específico en correspondencia directa con la solución del interrogante de investigación. Las guías fueron una herramienta fundamental para desarrollar

actividades que lograran crear espacios de reflexión, discusión y expresión de ideas de los estudiantes. Ellas se presentan para el conocimiento del lector en el Anexo 1.

3.4.5. Registros audiovisuales

Son herramientas visuales y auditivas que permiten volver a situaciones o momentos puntuales de la práctica educativa durante el proceso de investigación. Las grabaciones y fotografías se realizaron por medio de teléfonos celulares. En la investigación fueron necesarios estos instrumentos pues permitieron también captar detalladamente las expresiones y percepciones que tuvo cada uno de los grupos frente a su respectivo proyecto. Este registro fotográfico se realizó a las actividades realizadas, en todas las sesiones.

Cada instrumento fue seleccionado y diseñado de acuerdo con los objetivos de la investigación y con las características del grupo participante, asegurando pertinencia y coherencia metodológica.

3.5. Procedimiento de análisis

El análisis de datos se realizó en varias etapas:

1. **Organización y limpieza:** transcripción de audios, sistematización de guías y diarios de campo.
2. **Codificación abierta y emergente:** identificación de categorías nuevas que surgieron del discurso y las producciones de los estudiantes.
3. **Análisis e interpretación:** integración de categorías, triangulación entre fuentes (cuestionarios, observaciones, guías) y elaboración de descripciones interpretativas.

Para este proceso se utilizó el software **MaxQda 24**, que permitió organizar, codificar y analizar la información con mayor sistematicidad. Este procedimiento aseguró un análisis riguroso, coherente con el enfoque fenomenológico de la investigación.

3.6. Consideraciones éticas

La investigación se desarrolló bajo principios de respeto, confidencialidad y voluntariedad. Se elaboró un **consentimiento informado** (Anexo 2) firmado por los estudiantes y

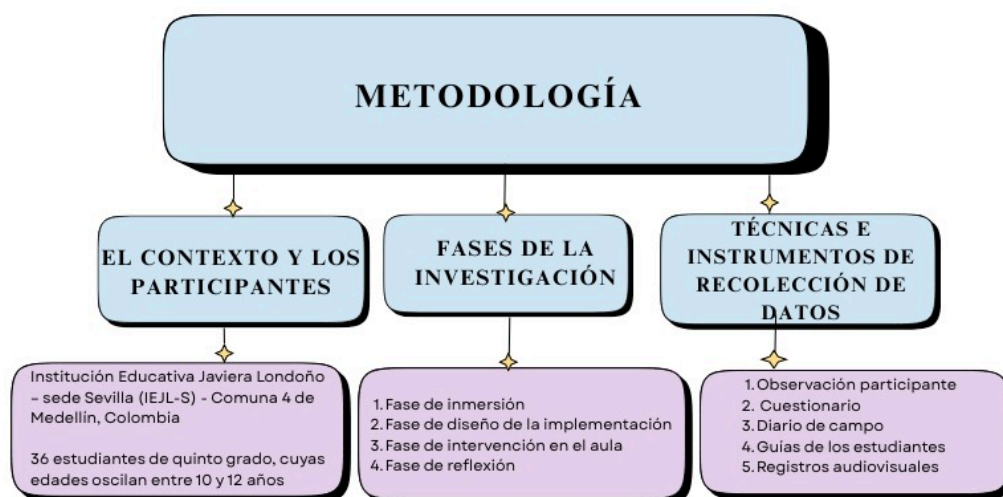
sus acudientes, en el que se explicó la finalidad académica del estudio, la naturaleza voluntaria de la participación, y el uso de registros audiovisuales únicamente con fines investigativos.

Para proteger la identidad de los participantes, en las transcripciones se emplearon seudónimos y no se incluyó información personal. Los relatos y producciones de los estudiantes se presentaron en los resultados únicamente cuando fueron relevantes y con autorización explícita. En suma, la investigación garantizó el bienestar de los estudiantes y la integridad ética del proceso investigativo.

En síntesis, la metodología definida garantizó la coherencia entre los objetivos de investigación y las decisiones tomadas en cada fase del estudio, articulando el paradigma interpretativo, el enfoque cualitativo y el método fenomenológico con los instrumentos de recolección de información y las consideraciones éticas. Este engranaje permitió comprender las experiencias de los estudiantes en torno a la modelación matemática con enfoque interdisciplinario. Para sintetizar visualmente estos componentes y su relación, se presenta a continuación un diagrama que resume la estructura metodológica adoptada.

Figura 13

Esquema marco metodológico



4. Resultados

El capítulo de resultados presenta los hallazgos obtenidos a partir de la implementación de la propuesta de aula de modelación matemática con enfoque interdisciplinario en el grado quinto de la Institución Educativa Javiera Londoño – sede Sevilla. La organización de este apartado responde directamente a los objetivos de la investigación: en un primer momento se identifican los elementos y procesos que caracterizaron la modelación matemática y la interdisciplinariedad en el diseño y desarrollo de la propuesta; en un segundo momento se establecen las contribuciones que dicho proceso ofreció a la indagación de situaciones contextualizadas por parte de los estudiantes. La exposición de los resultados se acompaña de una discusión con referentes teóricos relevantes, lo cual permite contrastar la experiencia empírica con los planteamientos de la literatura especializada y, de este modo, fundamentar de manera rigurosa las interpretaciones que aquí se presentan.

4.1. Identificación de los elementos y los procesos de la modelación matemática y el enfoque interdisciplinario aplicados en el diseño de la propuesta de aula

El diseño de la propuesta de aula implementada en los estudiantes de quinto grado de la Institución Educativa Javiera Londoño – sede Sevilla se estructuró en torno a la integración de la modelación matemática y el enfoque interdisciplinario como ejes complementarios. Ambos permitieron configurar un proceso de aprendizaje situado en el que los estudiantes no solo aplicaron conocimientos matemáticos, sino que articularon saberes de diferentes áreas para indagar sobre fenómenos de su contexto inmediato.

En primer lugar, respecto a la modelación matemática, los resultados evidencian que los estudiantes atravesaron fases semejantes a las propuestas por Kaiser (2014) y Blum y Borromeo (2009): (i) comprensión y simplificación de la situación real, (ii) traducción a un modelo matemático, (iii) interpretación y validación del modelo, y (iv) comunicación de resultados. Por ejemplo, en las primeras sesiones, cuando se invitó a los grupos a formular preguntas investigativas, los estudiantes identificaron variables relevantes de fenómenos cotidianos como el consumo de agua, la alimentación escolar o el tiempo destinado a la recreación. Esta selección de

situaciones refleja la primera fase del ciclo: construir un modelo del mundo real a partir de la observación y problematización de su entorno.

Posteriormente, en las actividades relacionadas con la organización de datos y elaboración de gráficas, los estudiantes avanzaron hacia la traducción de la situación contextualizada en representaciones matemáticas, usando operaciones aritméticas básicas, porcentajes y diagramas. Este momento coincide con lo señalado por Maaß (2006) sobre la importancia de que los estudiantes desarrollen subcompetencias específicas de la modelación, como la capacidad de representar cuantitativamente fenómenos y reconocer relaciones entre variables.

La tercera fase, correspondiente a la interpretación y validación de los modelos construidos, se evidenció en la socialización de resultados y el diálogo con pares y expertos externos. En este espacio los estudiantes pusieron en cuestión sus propias conclusiones, evaluaron la pertinencia de los datos recolectados y reformularon algunos aspectos de su investigación. Así, se cumplió con la exigencia planteada por Kaiser (2014) de que la modelación no puede reducirse a un producto final, sino que requiere un proceso reflexivo y crítico de validación.

Finalmente, la comunicación de los resultados mediante cartas, murales de preguntas y exposiciones en carrusel permitió consolidar el ciclo de modelación, a la vez que fortaleció las competencias comunicativas de los estudiantes. De esta manera, la propuesta de aula evidenció que la modelación matemática, más allá de su carácter instrumental, puede constituirse en una estrategia para el desarrollo de competencias integrales que incluyen la argumentación y la reflexión crítica.

En segundo lugar, respecto al enfoque interdisciplinario, los hallazgos muestran que este se expresó en tres dimensiones principales: conexión de saberes, cooperación estratégica y comunicación activa (Capone, 2022; Morin, 2010; Torres Santomé, 1998). La identificación de áreas de conocimiento vinculadas a las preguntas formuladas fue una constante a lo largo del proceso: los estudiantes articularon contenidos de biología, geografía, historia, educación física y artística, reconociendo que los fenómenos reales no pueden comprenderse desde una única

disciplina. Tal articulación responde a lo que Morin (2010) describe como la ruptura de fronteras disciplinares para abordar problemas complejos.

De igual modo, la organización de roles en los equipos de trabajo (mediador, comunicador, ilustrador, guardián de materiales y gestor del tiempo) permitió que los estudiantes ejercieran la cooperación estratégica, elemento clave en la interdisciplinariedad. Según Lenoir (2013), la meta común de un proyecto interdisciplinario solo se alcanza cuando los participantes reconocen sus aportes individuales como parte de una construcción colectiva. Este hallazgo se reflejó en la disposición de los estudiantes para asumir responsabilidades y negociar sus funciones dentro de los equipos.

La tercera dimensión, la comunicación activa, se manifestó en los múltiples espacios de diálogo generados: murales de preguntas, discusiones en grupo, retroalimentación de expertos y exposiciones. Como sostiene Torres Santomé (1998), la comunicación en proyectos interdisciplinares no se limita al intercambio de información, sino que implica la transformación de conceptos y metodologías a partir del diálogo entre saberes. En este sentido, la propuesta de aula se constituyó en un escenario de intercomunicación y construcción colectiva de significados. En síntesis, los resultados muestran que la identificación de los elementos y los procesos de la modelación matemática y el enfoque interdisciplinario en el diseño de la propuesta de aula no solo permitió el aprendizaje de conceptos matemáticos, sino también la resignificación de estos en diálogo con otras áreas del conocimiento. En la Tabla 10 se sintetiza este resultado.

Tabla 10

Elementos y procesos identificados en la propuesta de aula

Fase	Evidencia en la implementación	Relación con la teoría
Comprensión del mundo real	Formulación de preguntas sobre consumo de agua, alimentación, recreación escolar	Kaiser (2014): simplificación e idealización de situaciones reales
Construcción del modelo matemático	Identificación de variables, elaboración de tablas y gráficas	Maaß (2006): desarrollo de subcompetencias de modelación
Interpretación y validación	Socialización de modelos, retroalimentación de expertos	Kaiser (2014): reflexión crítica y validación de resultados

Fase	Evidencia en la implementación	Relación con la teoría
Comunicación de resultados	Exposiciones en carrusel, murales, cartas a expertos	Blum y Borromeo (2009): importancia de la comunicación en modelación
Conexión de saberes	Vinculación de biología, geografía, historia, artística	Morin (2010), Capone (2022): ruptura de fronteras disciplinares
Cooperación estratégica	Asignación de roles en equipos de trabajo	Lenoir (2013): proyecto común como construcción colectiva
Comunicación activa	Diálogos entre pares y con expertos externos	Torres Santomé (1998): transformación a través del diálogo interdisciplinar

4.2. Contribuciones de la modelación matemática con enfoque interdisciplinario a la indagación de situaciones contextualizadas

En el marco de esta investigación se entiende por *contribuciones* aquellos aprendizajes, transformaciones y disposiciones que los estudiantes desarrollaron a lo largo de la implementación y que trascendieron el plano conceptual para situarse en el terreno de las prácticas sociales, comunicativas y reflexivas. Más que resultados instrumentales, las contribuciones dan cuenta de cómo la propuesta de aula de modelación matemática con enfoque interdisciplinario abrió posibilidades para que los estudiantes indagaran sobre fenómenos contextualizados, otorgándoles significado y sentido desde la interacción con sus pares y con otras disciplinas.

Del análisis emergieron tres contribuciones centrales: la **conexión de saberes**, que permitió a los estudiantes articular conocimientos matemáticos y extra-matemáticos en la comprensión de problemas de su entorno; la **cooperación estratégica**, que se expresó en el reconocimiento de roles y en la construcción de metas compartidas en los equipos de trabajo; y la **comunicación activa**, que favoreció el diálogo, la argumentación y la transformación de las ideas iniciales a través de la interacción social y académica. Estas tres categorías constituyen el núcleo de los aportes de la propuesta y se desarrollan a continuación en diálogo con la literatura especializada.

4.2.1. Conexión de saberes

La conexión de saberes se entiende como la integración de conceptos, metodologías o perspectivas de diferentes disciplinas en función de abordar un interés de investigación común. Como lo plantea Fragoso (2016), no se trata de una sumatoria de conocimientos aislados, sino de un encuentro cercano entre campos que posibilita nuevas comprensiones. En el mismo sentido, Morin (2010) recuerda que el avance del conocimiento ha estado marcado por la ruptura de fronteras disciplinarias y la circulación de conceptos entre diferentes campos.

En el marco de la implementación, esta conexión se evidenció cuando los estudiantes, además de emplear nociones matemáticas, recurrieron a conocimientos de ciencias naturales, historia, educación artística y educación física para formular preguntas y dar sentido a sus modelos. Por ejemplo, un grupo que investigó sobre el consumo de agua en la institución articuló nociones de geografía y biología para comprender las fuentes de abastecimiento y los efectos del desperdicio; otro equipo que trabajó sobre la alimentación escolar recurrió a información de ciencias naturales y educación física para analizar la relación entre hábitos de alimentación y actividad física.

De esta manera, la modelación matemática permitió a los estudiantes descubrir que sus preguntas no podían resolverse desde una sola disciplina, sino que requerían integrar conocimientos diversos. Este hallazgo confirma lo señalado por Morin (2010) sobre la riqueza que emerge cuando se produce un diálogo orgánico entre disciplinas.

4.2.2. Cooperación estratégica

La cooperación estratégica se refiere al trabajo colaborativo orientado a la construcción de una meta común, en la cual se movilizan saberes individuales y colectivos. Lenoir (2013) señala que la interdisciplinariedad exige la búsqueda compartida de respuestas, en tanto las distintas individualidades se integran en un objetivo único.

En el proyecto, esta cooperación se hizo visible desde el momento en que los equipos definieron intereses comunes a partir de sus curiosidades individuales. En la actividad *Creando una ruta común*, cada grupo discutió sobre temas posibles, seleccionó uno que fuera significativo

para todos y formuló una lista de preguntas de investigación. Estas conversaciones no siempre fueron fáciles, pues implicaron negociar intereses, valorar propuestas y tomar decisiones consensuadas. Sin embargo, la construcción de una meta común fortaleció el sentido de pertenencia y el compromiso con el trabajo.

La cooperación estratégica también se promovió a través de la asignación de roles dentro de cada equipo: mediador, guardián de materiales, ilustrador, gestor del tiempo y comunicador. Este ejercicio permitió reconocer las habilidades individuales y ponerlas al servicio del colectivo. Algunos equipos incluso crearon roles adicionales, como el de investigador, lo que evidencia la apropiación de la dinámica y la capacidad propositiva de los estudiantes. Como lo señala Morin (2010), la interdisciplinariedad no consiste únicamente en sentar distintas disciplinas en la misma mesa, sino en generar intercambios y procesos de cooperación que produzcan algo nuevo y orgánico.

4.2.3. Comunicación activa

La tercera categoría identificada es la comunicación activa, entendida como la escucha, el diálogo y la interacción constante entre saberes, indispensable para la construcción interdisciplinaria. Torres Santomé (1998) advierte que en la interdisciplinariedad la comunicación no se limita a transmitir información, sino que genera consensos, acuerdos y transformaciones conceptuales.

Durante la implementación se observaron múltiples momentos de comunicación activa. En la primera sesión, cuando los estudiantes elaboraron murales con preguntas sobre distintos objetos, surgieron discusiones sobre la pertinencia y claridad de los interrogantes, lo que obligó a los equipos a justificar y replantear sus formulaciones. En las sesiones de socialización, los estudiantes presentaron sus modelos a otros equipos y recibieron retroalimentación tanto de compañeros como de expertos externos, lo que enriqueció sus perspectivas y amplió la comprensión de sus temas.

La comunicación activa permitió que los estudiantes asumieran una actitud reflexiva frente a sus procesos. En lugar de limitarse a exponer resultados, se vieron en la necesidad de

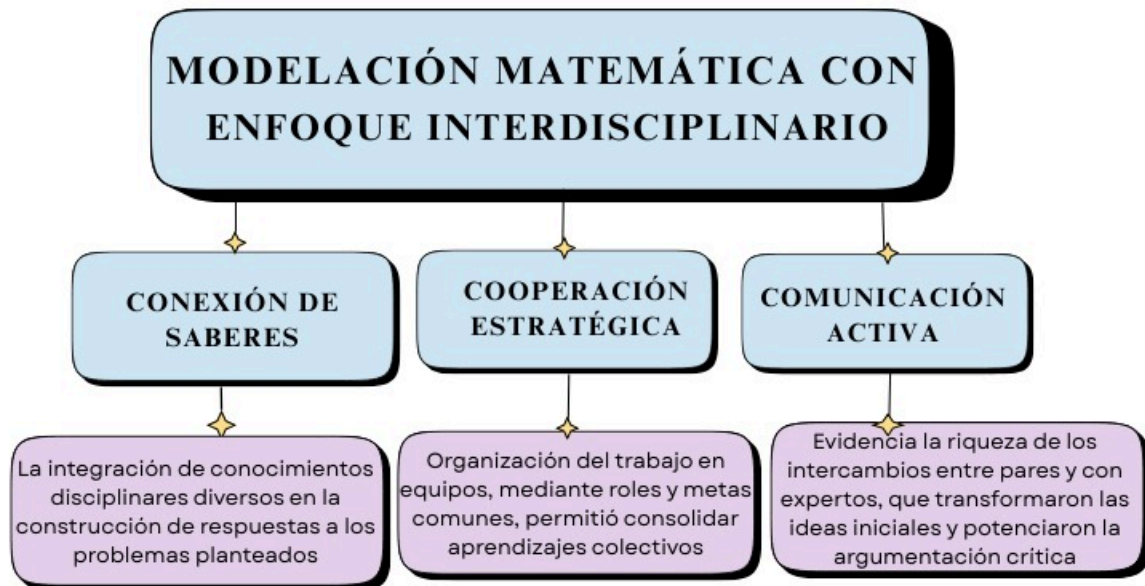
escuchar, ajustar y reelaborar sus modelos. Este hallazgo coincide con lo planteado por Torres Santomé (1998), quien afirma que la intercomunicación entre disciplinas transforma metodologías y conceptos, generando aprendizajes más complejos y significativos.

Con el fin de sintetizar los hallazgos del segundo apartado de resultados, se elaboró un diagrama (Figura) que integra las tres categorías analíticas emergentes: conexión de saberes, cooperación estratégica y comunicación activa. La figura representa visualmente cómo estas dimensiones, aunque diferenciadas, se articulan en torno a la modelación matemática con enfoque interdisciplinario, configurando un entramado de procesos formativos que fortalecieron la indagación de situaciones contextualizadas por parte de los estudiantes.

El esquema ubica en el centro la modelación matemática con enfoque interdisciplinario como eje articulador de la propuesta, mientras que alrededor se sitúan las tres categorías que explican sus contribuciones. La **conexión de saberes** refleja la integración de conocimientos disciplinares diversos en la construcción de respuestas a los problemas planteados. La **cooperación estratégica** muestra cómo la organización del trabajo en equipos, mediante roles y metas comunes, permitió consolidar aprendizajes colectivos. Finalmente, la **comunicación activa** evidencia la riqueza de los intercambios entre pares y con expertos, que transformaron las ideas iniciales y potenciaron la argumentación crítica.

De esta manera, el esquema no solo cumple un propósito ilustrativo, sino que constituye una síntesis conceptual de los resultados, al evidenciar que las contribuciones de la propuesta no pueden comprenderse de manera aislada, sino en la interacción entre categorías que, de forma complementaria, fortalecieron los procesos de indagación en el aula.

Figura 14

Síntesis Conceptual de los resultados**4.3. Discusión**

Los hallazgos obtenidos permiten establecer una relación directa entre los elementos y procesos que estructuraron la propuesta de aula y las contribuciones que esta generó en los estudiantes. En primer lugar, la identificación de las fases de la modelación matemática —comprensión del mundo real, construcción del modelo, interpretación y comunicación de resultados— evidenció que los estudiantes lograron movilizar competencias que van más allá del dominio de procedimientos matemáticos. Tal como lo señalan Blum y Borromeo (2009) y Kaiser (2014), la modelación matemática debe concebirse como un ciclo en el que la exploración de fenómenos reales se convierte en punto de partida para la abstracción y la formalización, pero también en oportunidad para el análisis crítico y la validación de los modelos creados. Este ciclo se reprodujo en la experiencia de aula, donde los estudiantes no solo organizaron información y elaboraron gráficas, sino que también confrontaron sus resultados en espacios de discusión colectiva y de retroalimentación externa.

De manera paralela, los procesos propios del enfoque interdisciplinario —conexión de saberes, cooperación estratégica y comunicación activa— complementaron la dinámica de modelación y la enriquecieron al situar a los estudiantes en un escenario de aprendizaje colectivo. La conexión de saberes, como lo plantea Morin (2010), implicó reconocer que las matemáticas solo adquieren sentido cuando se relacionan con otras disciplinas; la cooperación estratégica, siguiendo a Lenoir (2013), se materializó en la construcción de metas comunes y en la distribución de roles que favorecieron la corresponsabilidad; y la comunicación activa, en línea con Torres Santomé (1998), fue el motor que sostuvo la interacción y la transformación de las ideas iniciales.

La relación entre estos elementos del diseño y las contribuciones observadas en la práctica resulta evidente: la fase inicial de comprensión del mundo real se potenció gracias a la conexión de saberes, pues los estudiantes pudieron formular preguntas significativas apoyándose en diferentes áreas de conocimiento. La construcción de modelos se fortaleció con la cooperación estratégica, ya que la división de roles y la organización del trabajo colectivo facilitaron la sistematización de datos y la elaboración de representaciones matemáticas. Finalmente, la interpretación y comunicación de resultados se vio enriquecida por la comunicación activa, al propiciar la argumentación, la validación entre pares y la reformulación de conclusiones.

En conjunto, la discusión permite sostener que los elementos y procesos de la modelación matemática, al articularse con el enfoque interdisciplinario, derivaron en contribuciones significativas para la indagación de situaciones contextualizadas por parte de los estudiantes. Así, los aprendizajes no se limitaron al plano cognitivo, sino que se extendieron al desarrollo de competencias sociales, comunicativas y reflexivas, confirmando que la educación matemática, cuando se vincula con problemas del contexto y con saberes diversos, favorece la formación de un sentido de la realidad en la educación básica.

5. Conclusiones

La investigación permitió constatar que la modelación matemática, articulada con un enfoque interdisciplinario, constituye una estrategia pedagógica altamente pertinente para favorecer procesos de indagación contextualizada en la educación básica. La propuesta de aula implementada en el grado quinto de la Institución Educativa Javiera Londoño – sede Sevilla evidenció que, cuando los estudiantes se enfrentan a problemas significativos de su entorno escolar y social, logran no solo aplicar contenidos matemáticos, sino también dotarlos de sentido, resignificándolos como herramientas útiles para comprender la realidad.

En primer lugar, se identificó que los elementos y procesos de la modelación matemática –la comprensión del mundo real, la construcción de modelos, la interpretación de resultados y la comunicación de hallazgos– se hicieron presentes en las experiencias de aula y se articularon de manera coherente con los principios del enfoque interdisciplinario. Esto se tradujo en prácticas pedagógicas donde las matemáticas dejaron de presentarse como un saber abstracto y aislado, para convertirse en un campo de interacción con otras disciplinas y con la vida cotidiana de los estudiantes.

En segundo lugar, se estableció que la modelación matemática con enfoque interdisciplinario generó contribuciones concretas a la indagación escolar: la conexión de saberes, que permitió integrar distintas áreas de conocimiento; la cooperación estratégica, que fortaleció el trabajo en equipo y la corresponsabilidad; y la comunicación activa, que posibilitó el diálogo, la argumentación y la transformación de las ideas iniciales en comprensiones más profundas. Estas categorías reflejan que los aprendizajes promovidos por la propuesta excedieron el ámbito cognitivo, extendiéndose hacia competencias sociales, comunicativas y reflexivas necesarias para la formación integral.

Asimismo, la experiencia significó un proceso de crecimiento para la maestra en formación, quien no solo diseñó y aplicó un proyecto de aula, sino que también desarrolló habilidades investigativas, analíticas y reflexivas en torno a la práctica pedagógica. El ejercicio de articular referentes teóricos con la realidad del aula le permitió reconocer la importancia de concebir la

enseñanza de las matemáticas como un espacio abierto a la problematización, la interdisciplinariedad y la construcción colectiva de conocimiento.

Finalmente, los resultados y discusiones de esta investigación permiten concluir que la modelación matemática con enfoque interdisciplinario es un camino viable para fortalecer la pertinencia de la enseñanza de las matemáticas en la escuela. Al favorecer la indagación de situaciones contextualizadas, la propuesta contribuyó a la formación de un sentido de la realidad en los estudiantes, mostrando que la matemática, más allá de fórmulas y procedimientos, puede convertirse en una herramienta para interpretar, cuestionar y transformar el mundo en el que viven.

6. Recomendaciones para futuras investigaciones

Los hallazgos de investigación muestran contribuciones relevantes de la implementación de proyectos de modelación matemática con enfoque interdisciplinario a las indagaciones de situaciones contextualizadas realizadas por los estudiantes de la IEJL-S. En términos generales, se logró el cumplimiento de los objetivos del trabajo de investigación, no obstante, son necesarias las reflexiones sobre las limitaciones y alcances de este tipo de investigaciones a la luz de las futuras investigaciones en este área. Un primer punto es sobre las mejoras en la enseñanza y aprendizaje para la creación de proyectos de modelación matemática. Si bien se hizo una lectura y aplicación de los aportes conceptuales de Blum y Borromeo (2009) y Kaiser (2014) en la creación de la propuesta de aula, y aunque se hizo un fuerte trabajo de acompañamiento docente constante, los modelos matemáticos creados por los estudiantes no fueron diseñados en su totalidad cumpliendo con la profundidad requerida en cada una de las actividades de las sesiones de implementación, lo que podría mejorarse en futuras investigaciones si se evalúa desde el inicio como minimizar este riesgo en la realización de los proyectos de aula. En este punto se plantea una pregunta clave para futuros investigadores: ¿cómo lograr que en los ciclos de modelación los estudiantes realicen todas las actividades con la profundidad y rigurosidad suficiente para alcanzar un proyecto de modelación matemática significativo?

En este sentido, resalta la advertencia de la complejidad en la aplicación de este tipo de proyectos realizada por Villa-Ochoa et al. (2017) y Trigueros (2009), en la que aconsejan centrarse más en el proceso de razonamiento y no tanto en la búsqueda de resultados idénticos de modelación matemática. También se identificó que los conocimientos matemáticos adquiridos por los estudiantes se concentraron en las actividades de representación visual de las variables clave de sus proyectos, en este punto, como se observa en los hallazgos, eligieron el tipo de variables (categóricas o numéricas), organizaron los intervalos, realizaron los cálculos correspondientes, en general, usaron la matemática y la estadística para agrupar sus tendencias y poder interpretar los datos, sin embargo, este acercamiento a conocimientos matemáticos pudo tener un mayor nivel de complejidad y amplitud a otro tipo de saberes matemáticos. En este punto, la recomendación es realizar una exploración exhaustiva de cómo estimular la integración de las matemáticas en los proyectos de modelación de los estudiantes. Otra pregunta clave para futuros investigadores: ¿cómo alcanzar el mayor nivel posible de entendimiento y apropiación real de los conocimientos matemáticos adquiridos por los estudiantes en los proyectos de modelación con enfoque interdisciplinar?

Por otra parte, si bien en la creación de los proyectos de modelación se usaron herramientas tecnológicas para la búsqueda de información (Chat GPT, internet) así como el saber de expertos del área de indagación de estudiantes, y en esas búsquedas los estudiantes lograron acercarse a miradas de diferentes disciplinas para reformular preguntas o ajustar sus modelos, no se alcanzó una integración suficientemente sólida de esos otros saberes disciplinares. Lo que significa un reto para futuras investigaciones, dado que el beneficio más relevante del enfoque interdisciplinar es que posibilita un conocimiento integral (Ruiz, 2020). En este sentido, una de las preguntas clave para futuros investigadores de este campo es: ¿cómo incluir los conocimientos teóricos, metodológicos o prácticos de otras disciplinas en proyectos de modelación matemática sin que implique extender mucho el tiempo de implementación de este tipo de proyectos?

Segunda sesión

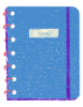
Caminando en compañía

Hola, soy su diario de viaje.

Seré su compañero a lo largo del camino de descubrimiento y aprendizaje que están por recorrer, conmigo podrán registrar sus pensamientos, observaciones, cuestiones y hallazgos.

Este es su espacio para explorar y crecer como investigadores. Usen gráficos, dibujos, números, palabras, ¡lo que les ayude a expresar sus ideas! Recuerden que no hay respuestas correctas o incorrectas en el proceso de aprendizaje, sólo nuevas oportunidades para aprender.

Como primera parte de este viaje, los invito a que se constituyan como equipo, piensen un nombre, una imagen y los roles que tomará cada participante.



Dejemos una huella: ¿Cuál fue la palabra que unió al equipo?

Roles del equipo

Gestor del tiempo



Guardián de materiales



Mediador



Comunicador



Ilustrador



¿Otro? ¿Cuál?



Mediador: se encarga de propiciar el diálogo entre personas en conflicto.

Guardián de materiales: se encarga de cuidar los materiales.

Ilustrador: se encarga de ilustrar las ideas del equipo.


Gestor del tiempo: se encarga de apoyar en el control.

Comunicador: se encarga de establecer enlaces de comunicación con otros equipos y la profesora.

Otro, ¿cuál?: _____

Los roles no son estáticos, ni únicos. En el transcurso de este viaje se espera que todos puedan construir juntos el caminar de su equipo.

¿Quién/es asumirán que rol/es?



Gestor del tiempo: _____




Guardián de los materiales: _____




Mediador: _____



Ilustrador: _____



Comunicador: _____



¿Otro?, ¿Cuál? _____

Un destino en común

Para empezar a recorrer este viaje de la investigación, necesitarán definir un destino como equipo.

Para esto será necesario:

Compartir intereses: empezarán por contar cuáles son los temas que más les interesan. Puede ser algo que les guste, algo sobre lo que quieran saber más, o algo que siempre les ha dado curiosidad.

Dialogar y escuchar: escucharán los intereses y las ideas de todos los compañeros, deberán ser abiertos a sus propuestas y respetuosos con los comentarios.

Concertar una temática común: una vez que todos hayan compartido, discutirán juntos para encontrar una temática que integre los intereses de todos, para esto podrán ayudarse de una herramienta que se encuentra en la página siguiente, está buscará que puedan encontrar que hay en común entre sus ideas.

Cada integrante irá escribiendo sus temas de interés en el diagrama y discutiendo que tienen en común con los de sus compañeros. Estos temas en común se ubicarán en los puntos de intersección. Al llegar a la intersección central, se tendrá el tema de interés investigativo para el equipo.

¿Que queremos investigar?

Como equipo hemos decidido investigar acerca de...

Ahora que se ha definido la temática a investigar, se hará una lluvia de preguntas. ¿Qué les gustaría investigar sobre esta temática? Construyan las preguntas como equipo.

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____
6. _____
7. _____
8. _____
9. _____
10. _____

Para ayudarlos a obtener una pregunta que guíe el viaje de la investigación, se propone una tabla con algunos aspectos a tener en cuenta para escoger la pregunta que investigarán.

Revisen estos aspectos con cada pregunta.
 Marquen con X si la pregunta no cumple con lo indicado.
 Marquen con si la pregunta cumple con lo indicado.

Pregunta	La pregunta no se puede responder con si o no	La pregunta no se puede responder con una sola búsqueda en Internet	La pregunta es interesante o curiosa para el equipo
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Revisen las preguntas que tienen mas y escribanlas:

Tercera sesión

Árbol de conocimientos


Nuestra pregunta es:

¿Qué necesitamos para dar respuesta a nuestra pregunta?

La información es una de las herramientas más poderosas que tenemos para esto. Será necesario buscarla.

Para orientar la búsqueda de información, vamos a crear un árbol de conocimientos. Este tendrá las siguientes partes:

Raíces: ¿Qué pregunta fundamenta la investigación?
 Tronco: ¿Qué información permite desarrollar la investigación?
 Ramas: ¿Dónde podemos encontrar esta información (internet, libros, personas, entre otras)?
 Hojas: ¿Qué resultó de nuestra búsqueda?



Ahora es su turno de construir un árbol de conocimientos propio. Para esto, se debe seguir la siguiente orientación:

Construyan la parte de la raíz, el tronco y las ramas del árbol, pero aún **no** construyas las hojas. Así, tendrán una idea inicial para buscar la información que necesitan.

Teniendo en cuenta la información que está en el tronco del árbol, hagan una lista de los elementos centrales de la información, es decir, ¿por cuáles elementos nos estamos preguntando?:

Ahora que ya han identificado la información y los elementos centrales que la componen, deben responder la siguiente pregunta: ¿Cómo se relacionan estos elementos? Para esto, se propone hacer un mapa de relaciones.

Escriban los elementos que identificaron en la columna de la izquierda. En la columna de la derecha pueden escribir variables que se puedan medir o contar respecto a ese elemento por el que nos estamos preguntando.

Elementos por los que nos estamos preguntando	Variable asociada

De los elementos relacionados en el mapa, escoge aquellos que se relacionen y que les ayuden a responder la pregunta de investigación.

Elemento 1: Elemento 2:

Elemento 3:

Estos serán los elementos que tomaremos en cuenta para responder a nuestra pregunta de investigación, habrán elementos que no podremos tomar, pero que no debemos olvidar, escribanlos abajo:

¿Qué conocimientos matemáticos creen que aparecerán y aportarán a la investigación?

¿Qué áreas del conocimiento pueden aportar a su investigación?

Quinta sesión

Entrelazando caminos

Han emprendido un viaje investigativo, al igual que sus compañeros. Es momento de reconocer y valorar las trayectorias que cada equipo ha recorrido en sus investigaciones.

Los equipos se dividirán a la mitad. Dos integrantes se quedaran en su base, y dos integrantes rotaran por las bases de los demás equipos. Aquellos que se queden deberán contar sobre su investigación a quienes lleguen a su base, mientras que quienes roten, deberán escuchar sobre las investigaciones de sus compañeros y hacer una pregunta sobre cada una de ellas.

Equipo que los visitó	Pregunta que les hicieron en la base

Equipo que los visitó	Pregunta que se les hicieron en la base

Finalizada la rotación, todo el equipo debe mirar las preguntas que les han hecho. ¿Pueden responderlas? Busquen la información que crean necesaria para hacerlo.

Interpretación del modelo

Tomando en cuenta el modelo o los modelos creados previamente, es momento de dar cuenta de los modelos que hemos creado:

¿Qué información muestra este modelo?

¿Cuáles son los ejes de este modelo y qué representan?

¿Cómo es la relación que muestran las variables en tu modelo?

¿Se observa alguna tendencia en el modelo?

Si una de las variables cambia ¿Es posible predecir que pasará con la otra variable?

¿Hay algún punto o sección del modelo que te llame la atención? ¿Por qué?

¿De qué manera el modelo matemático te ayuda a responder la pregunta de investigación planteada?

Sexta sesión

Mirando atrás

Ahora que están finalizando su camino, es momento de detenerse y pensar en lo que se ha construido como equipo.

¿Qué les hubiera gustado hacer diferente en su investigación?

Después de leer la carta de su guía ¿Creen que su modelo fue adecuado? ¿Le cambiarían algo?

¿Cómo responderían ahora su pregunta de investigación?

¿Qué dificultades tuvieron al hacer el proyecto?

Séptima sesión

Apreciando el camino recorrido

Nombre: _____

¿Qué conocimientos matemáticos pudiste aplicar en tu investigación?

¿Hubo algún aspecto de la investigación que entendieras mejor gracias a las matemáticas?

¿Encontraste alguna relación entre las matemáticas y el tema de tu investigación?

¿Crees que hayan otros temas donde las matemáticas podría relacionarse?

¿Crees que a veces es difícil ver la relación de las matemáticas con el mundo? en caso de que sí ¿Por qué?

Anexo 2. Consentimiento Informado de Participación



Consentimiento Informado de Participación

Yo, _____, identificado (a) con CC _____, y como acudiente responsable de (el/la) estudiante _____, del grado _____, autorizo su participación en la investigación la cual está adscrita a la Universidad de Antioquia como Trabajo de Grado, bajo la responsabilidad de Luz Elendy Ruiz Correa como investigadora. Su participación es voluntaria y puede decidir no participar o dejar de participar en cualquier momento sin dar ninguna razón y sin sufrir ninguna penalización. En caso de haber iniciado participación y decidir dejar de participar, puedo pedir que la información relacionada conmigo no sea tenida en cuenta para la investigación.

La participación en esta investigación implica el permitir la toma de registro fotográfico, documental y de audio de las actividades realizadas en torno a esta, además, de la difusión, publicación y uso de este material con fines académicos.

Toda la información producida en esta investigación será confidencial por lo que se usarán seudónimos para cualquier publicación derivada de esta (a no ser que el participante decida lo contrario).

Las investigadoras responderán a los participantes cualquier pregunta relacionada con elementos que no le sean claros ahora mismo o en el transcurso del desarrollo de la investigación, a través de correo electrónico o personalmente.

Al firmar esta autorización, se manifiesta estar de acuerdo en que el estudiante participe de esta investigación y que esta decisión se toma en pleno uso de mis facultades mentales, de forma consciente y libre.

Nombre del [de la] participante:
Documento de identidad:
Firma:

Nombre del acudiente:
Cedula de Ciudadanía:
Numero de contacto:
Firma:

Referencias

- Agazzi, E. (2002). El desafío de la interdisciplinariedad: dificultades y logros. *Revista empresa y humanismo*, 241-252.
- Almenares López, M., Marín Uribe, R., Soto Valenzuela, C., & Guzmán Ibarra, I. (2019). Interdisciplinariedad: la necesidad de unificar un concepto. *TECNOCIENCIA Chihuahua*, 13(3), 140–148. <https://doi.org/https://doi.org/10.54167/tecnociencia.v13i3.477>
- Aravena, M. Caamaño, C. & Giménez, J. (2008). Modelos matemáticos a través de proyectos. *Revista latinoamericana de investigación en matemática educativa*. 11(1), 49-92.
- Barbosa, J. (2006). Mathematical modelling in classroom: a socio-critical and discursive perspective. *ZDM*, 38(3), 293-301.
- Biembengut, M., Hein, Nelson. (2004). Modelación matemática y los desafíos para enseñar matemática. *Educación Matemática*, 16 (2), pp. 105-125
- Blum, W., & Borromeo Ferri, R. (2009). Mathematical modelling: Can it be taught and learnt. *Journal of mathematical modelling and application*, 1(1), 45-58.
- Blum, W., Galbraith, P. L., Henn, H. W., & Niss, M. (Eds.). (2007). *Modelling and applications in mathematics education: The 14th ICMI study*. Boston, MA: Springer US.
- Blomhøj, M., & Carreira, S. (2009). *Mathematical applications and modelling in the teaching and learning of mathematics* (461). Dinamarca: IMFUFA.
- Capacho Pineda, L. A., & Mahecha Martínez, I. C. (2021). *Modelación Matemática: "Una apuesta educativa interdisciplinar desde el ambientes de aprendizaje STEM MD robotics hacia la toma de decisiones para la vida"* (Doctoral dissertation, Corporación Universitaria Minuto de Dios).
- Capone, R. (2022). Interdisciplinarity in Mathematics Education: From Semiotic to Educational Processes. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 18(2).
- Castrillón-Yepes, A., Rendón-Mesa, P. A., & Villa-Ochoa, J. A. (2023). Interdisciplinariedad en un programa de formación inicial de profesores de matemáticas: Un estudio documental. *Ciencia Transdisciplinar en la Nueva Era*, 461-479.
- Doig, B., y Williams, J. (2019). Introduction to Interdisciplinary Mathematics Education. In *Interdisciplinary Mathematics Education*. (pp. 1-6).
- Doig, B., Williams, J., Swanson, D., Borromeo Ferri, R., & Drake, P. (2019). *Interdisciplinary mathematics education: The state of the art and beyond*.
- Espinoza-Freire, E. E. (2018). La planeación interdisciplinar en la formación del profesional en educación. *Maestro y Sociedad*, 15(1), 77–91.
- Fragoso, J., Garcés, B., Molina Gómez, A., Caminero Chávez, V., Roque, L., & Espinosa Requesens, I. (2017). Una aproximación a la interdisciplinariedad desde la Filosofía. *MediSur*, 15(1), 56-62.
- Henao, C. F., García, D. A., Aguirre, E. D., González, A., Bracho, R., Solorzano, J. G., y Arboleda, A. P. (2017). *Multidisciplinariedad, interdisciplinariedad y*

- transdisciplinariedad en la formación para la investigación en ingeniería. *Revista Lasallista de investigación*, 14(1), 179-197.
- Institución Educativa Javiera Londoño (2017). Proyecto Educativo Institucional (PEI). Medellín-Antioquia.
- Ministerio de Educación Nacional. (MEN). (1998b). Lineamientos Curriculares de Matemáticas.
- Ministerio de Educación Nacional. (MEN). (2006). Estándares Básicos de Competencias en Matemáticas.
- Morin, E. (2010). Sobre la interdisciplinariedad. Publicaciones Icesi.
- Kaiser, G., & Sriraman, B. (2006). A global survey of international perspectives on modelling in mathematics education. *ZDM*, 38(3), 302-310.
- Kaiser, G., & Schwarz, B. (2006). Mathematical modelling is a bridge between school and university. *ZDM*, 38(2), 196-208.
- Kaiser, G., Sriraman, B., Blomhøj, M., & Garcia, F. J. (2007). Report from the working group modelling and applications-Differentiating perspectives and delineating commonalities. In *Proceedings of the fifth congress of the European society for research in mathematics education* (pp. 2035-2041). Nicosia, Republic of Cyprus: University of Cyprus.
- Kaiser, G. (2014). Mathematical Modelling and Applications in Education. In S. Lerman (Ed). *Encyclopedia of Mathematics Education* (p.396-404). Dordrecht: Springer.
- López, L. (2012). La importancia de la interdisciplinariedad en la construcción del conocimiento desde la filosofía de la educación. *Sophia: Colección de Filosofía de la Educación*, (13), 368-377. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5973114>
- Rendón-Mesa, P. A., Castrillón-Yepes, A., & Villa-Ochoa, J. A. (2024). Componentes de la modelación matemática y sus contribuciones en la realización de proyectos por parte de futuros profesores de matemáticas. *Revista Venezolana de Investigación en Educación Matemática*, 4(3), 1-41. <https://reviem.com.ve/index.php/REVIEM/article/view/115/70>
- Ricoy Lorenzo, C., (2006). Contribución sobre los paradigmas de investigación. *Educação* (Santa María. En línea) , 31 (1), 11-22.
- Ruiz, O. (2020). Matemática en educación básica apoyada en la interdisciplinariedad. [Maestría en didáctica de la matemática], Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

- Ruiz Quintero, O. (2020). *Matemática en educación básica apoyada en la interdisciplinaridad* (Doctoral dissertation, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia).
- Universidad de Antioquia. (2012). *Reglamento de prácticas académicas facultad de educación*. Medellín-Antioquia.
- Villa-Ochoa, J., Castrillón-Yepes, A., & Sánchez-Cardona, J. (2017). Tipos de tareas de Modelación para la clase de matemáticas. *Espaço Plural*, 18(36), 219-251
- Acosta Gutiérrez, J., Córdoba Maestre, Y. & Pacheco Fernández, J. (2021). Identificación de situaciones contextualizadas para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Boletín REDIPE*, 10(6), 274-288. ISSN 2256-1536.
- Torres Merchán, N. Y. (2011). El abordaje de situaciones contextuales para la solución de problemas y la toma de decisiones. *Zona próxima: revista del Instituto de Idiomas de la Universidad del Norte (Barranquilla, Colombia)*, 14, 126-141.
- Bakker, A., Cai, J., & Zenger, L. (2021). Future themes of mathematics education research: An international survey before and during the pandemic. *Educational Studies in Mathematics*, 107, 1-24. <https://doi.org/10.1007/s10649-021-10049-w>
- Huincahue, J., & Gaete-Peralta, C. (2024). Mathematical modeling in interdisciplinary academic scenarios: components fortask construction. En H.-S.Siller, G. Kaiser, & V. Geiger(Eds.), *Researching mathematical modelling education in disruptive/challenging times*(pp. 583-593). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-53322-8_48
- Guerrero-Ortiz, C. (2024). Modelización en la educación matemática. Tendencias, perspectivas e implicancias en la formación de profesores. *Revista Venezolana de Investigación en Educación Matemática (REVIEM)*, 4(3), e202414. <https://doi.org/10.54541/reviem.v4i3.117>