

**Integración de la astronomía muisca y el software Stellarium como estrategia pedagógica
para fortalecer la enseñanza de la trigonometría en estudiantes de grado 1001 del Colegio**

Benedicto XVI

Miguel Angel Neira Ramirez

Asesor

Smith Ibeth Guerrero Rodriguez

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias de la Educación ECEDU

Licenciatura en Matemáticas

2025

Resumen

Este informe de investigación es el resultado de un ejercicio de investigación formativa desarrollado como opción de grado, orientado a reflexionar sobre la práctica pedagógica y la investigación educativa en contextos interculturales. El estudio se llevó a cabo en el Colegio Benedicto XVI del municipio de Soacha, trabajando con estudiantes del grado 1001, quienes constituyeron la unidad de análisis. El objetivo general fue analizar cómo la integración de la astronomía muisca y el uso del software Stellarium contribuyen a mejorar la comprensión y aplicación de la trigonometría en los estudiantes, utilizando un enfoque mixto con predominio cualitativo y componentes experimentales, en el que se puso en juego la variable didáctica intercultural–tecnológica.

Palabras clave: Trigonometría, astronomía muisca, Stellarium, aprendizaje significativo, interculturalidad.

Abstract

This research report is the result of a formative research exercise carried out as a degree requirement, aimed at reflecting on pedagogical practice and educational research in intercultural contexts. The study was conducted at Colegio Benedicto XVI in the municipality of Soacha, working with students from grade 1001, who constituted the unit of analysis. The general objective was to analyze how the integration of Muisca astronomy and the use of Stellarium software contribute to improving students' understanding and application of trigonometry, using a mixed-methods approach with a qualitative predominance and experimental components, in which the intercultural–technological didactic variable was implemented.

Keywords: Trigonometry, Muisca astronomy, Stellarium, meaningful learning, interculturality.

Tabla de Contenido

Introducción	7
Caracterización	9
Planteamiento del Problema	11
Pregunta de Investigación	13
Objetivos	14
Objetivo General	14
Objetivos Específicos	14
Marcos de Referencia	15
Referentes Conceptuales	15
Referentes Teóricos	17
Referentes Técnicos	20
Referentes Éticos	22
Herramientas y Métodos	23
Enfoque y Tipo de Estudio	23
Unidad de Análisis	23
Técnicas para la Recolección de Datos	24
Triangulación Metodológica	25
Categorías de Análisis	25
Resultados	27
Acercamiento de la Población a la Variable	27
Discusión sobre el Efecto de la Variable en la Unidad de Análisis	28
Cambios Observados después de la Intervención	28

Análisis y Discusión	30
Limitaciones del Estudio	31
Implicaciones Prácticas de los Hallazgos	32
Conclusión del Análisis y Propuesta de Investigación Futura.....	32
Conclusiones y Recomendaciones	34
Referencias Bibliográficas	36
Apéndices.....	39

Lista de Apéndices

Apéndice A <i>Cuestionario Diagnóstico sobre Comprensión Trigonométrica, Astronomía Muisca y Uso de Herramientas Digitales</i>	39
Apéndice B <i>Guía de Entrevista Semiestructurada</i>	40
Apéndice C <i>Ejercicio de Medición de Sombras y Cálculo del Ángulo de Elevación Solar</i>	41

Introducción

La enseñanza de la trigonometría continúa siendo un desafío en contextos escolares donde los estudiantes perciben esta área como abstracta y poco vinculada a su realidad. En municipios como Soacha, con una fuerte tradición cultural muisca, se hace necesario explorar estrategias pedagógicas que conecten los saberes locales con el aprendizaje matemático. La astronomía, al integrar observación, medición y cultura, ofrece un escenario pertinente para contextualizar la trigonometría y promover un aprendizaje más significativo.

En el Colegio Benedicto XVI, los estudiantes del grado 1001 evidencian dificultades conceptuales y desmotivación hacia la trigonometría, situación coherente con estudios previos que señalan la persistencia de brechas en la comprensión y aplicabilidad de este contenido (Godino et al., 2003; MEN, 2016). Además, existe poca integración entre el conocimiento matemático escolar y el patrimonio cultural muisca del territorio. Investigaciones recientes destacan que el uso de herramientas digitales y saberes ancestrales puede favorecer aprendizajes más contextualizados y culturalmente relevantes (López & Ramírez, 2020; Usme Restrepo, 2023), lo cual justifica la necesidad de abordar este problema.

El objetivo general fue analizar cómo la integración de la astronomía muisca y el software Stellarium contribuye a mejorar la comprensión y aplicación de la trigonometría en los estudiantes del grado 1001. Para ello, se adoptó un enfoque mixto con predominio cualitativo y componentes experimentales, empleando cuestionarios, observaciones, entrevistas y diarios reflexivos. El análisis se realizó mediante triangulación metodológica, permitiendo identificar variaciones conceptuales, actitudinales y culturales.

El hallazgo central muestra que la combinación entre saberes ancestrales, observación astronómica y recursos digitales fortaleció la comprensión trigonométrica y aumentó

notablemente la motivación hacia las matemáticas. También permitió que los estudiantes resignificaran el aprendizaje desde su identidad cultural. El lector es invitado a revisar el desarrollo del informe para comprender cómo se alcanzaron estos resultados y cuál es su aporte para la enseñanza contextualizada de la matemática.

Caracterización

La investigación se desarrolla en la Institución Educativa Colegio Benedicto XVI, ubicada en el municipio de Soacha, Cundinamarca, territorio históricamente reconocido como parte del área de asentamiento muisca en el altiplano cundiboyacense. El nombre Soacha proviene del muisca “Sua-čhá”, que significa “hombre del Sol”, reflejando la profunda conexión simbólica de este pueblo con la astronomía y el cosmos (Izquierdo Peña, 2008). Además, excavaciones arqueológicas en el área rural (sitio Nueva Esperanza) han revelado un asentamiento muisca ocupado entre 400 y 1600 d.C., considerado uno de los más completos del centro de Colombia (ICANH, 2018). En la actualidad, la institución atiende a estudiantes de estratos socioeconómicos medios y bajos, en un entorno marcado por el crecimiento urbano, la migración y la diversidad cultural. Un elemento distintivo es el Club de Astronomía Andrómeda, que articula proyectos de ciencias y humanidades para vincular los saberes ancestrales con la enseñanza.

El grupo de referencia corresponde a estudiantes de grado décimo, con edades entre 14 y 16 años, quienes cursan la educación media en jornada diurna. La mayoría proviene de hogares de estratos 1, 2 y 3, con dinámicas familiares en las que algunos estudiantes deben alternar responsabilidades académicas con apoyo en actividades del hogar o laborales. Estos jóvenes se encuentran en un proceso de consolidación de competencias lógico-matemáticas y pensamiento científico. La unidad de análisis se centra en este grupo de estudiantes del Colegio Benedicto XVI, en quienes se busca analizar el impacto de estrategias pedagógicas innovadoras basadas en la astronomía como contexto didáctico para la enseñanza de la trigonometría.

Los estudiantes presentan dificultades en la comprensión y aplicación de la trigonometría, particularmente al conectar los conceptos abstractos con situaciones concretas. Este desfase

genera baja motivación y limita la apropiación significativa del conocimiento matemático. Sin embargo, se observa un interés creciente hacia la astronomía y los fenómenos del espacio, lo que representa una oportunidad pedagógica. Por tanto, la demanda de aprendizaje consiste en diseñar estrategias didácticas innovadoras que vinculen la trigonometría con la astronomía muisca, fortaleciendo la motivación, la comprensión conceptual y la capacidad de aplicar la matemática en contextos reales y culturalmente significativos (Izquierdo Peña, 2008; Bedregal-Alpaca et al., 2019).

El proceso de aprendizaje está condicionado por diversos factores del contexto de Soacha. En el plano socioeconómico, muchas familias tienen recursos limitados, lo que restringe el acceso a dispositivos tecnológicos y conectividad estable, necesarios para fortalecer el aprendizaje autónomo. En el plano social, las dinámicas de urbanización y movilidad laboral de los padres afectan la disponibilidad de acompañamiento escolar. No obstante, la fuerte herencia cultural muisca del territorio y el interés institucional por integrar proyectos interdisciplinarios como el Club de Astronomía constituyendo factores potenciadores. Estos elementos permiten repensar la enseñanza de las matemáticas desde un enfoque intercultural, reconociendo la cosmovisión muisca del Sol (Sué) y la Luna (Chía) como referentes educativos que pueden propiciar nuevas metodologías en especial en su propio contexto (Ministerio de Cultura, 2018).

Planteamiento del Problema

Los estudiantes de grado décimo del Colegio Benedicto XVI en Soacha muestran interés en proyectos interdisciplinarios como el Club de Astronomía Andrómeda, donde articulan ciencias, matemáticas y cultura. Este tipo de iniciativas despierta curiosidad y motivación, además de fortalecer el trabajo colaborativo. De acuerdo con Valderrama et al. (2021), las experiencias escolares que integran la astronomía en Colombia han demostrado incrementar la participación y el compromiso estudiantil, al brindar un espacio innovador y atractivo para el aprendizaje. Dicho interés constituye una fortaleza que puede aprovecharse para enriquecer la enseñanza de la trigonometría mediante estrategias contextualizadas.

La enseñanza de la trigonometría en el colegio sigue estando mediada por metodologías tradicionales centradas en la repetición y el cálculo mecánico. Aunque algunos estudiantes logran desempeños básicos, persisten dificultades conceptuales que limitan la comprensión profunda. Zubieta (2018), en un estudio realizado en la Universidad Pedagógica Nacional, identificó errores recurrentes en estudiantes de grado décimo, tales como confundir las funciones trigonométricas y sus gráficas, no comprender el círculo unitario y tener dificultades con las transformaciones de funciones. Estos hallazgos evidencian que las metodologías actuales no logran vincular los conceptos abstractos con situaciones significativas para los estudiantes, lo que, a su vez, genera desmotivación y perpetúa un aprendizaje superficial y desconectado de su potencial aplicativo, especialmente en un contexto culturalmente rico como el de Soacha.

Ante esta situación, se propone incorporar la astronomía muisca y contemporánea como contexto didáctico para la enseñanza de la trigonometría. El territorio de Soacha, antiguo asentamiento muisca, guarda una profunda relación cultural con la observación del cielo (Peña, 2008). De acuerdo con Bedregal-Alpaca et al. (2019), el uso de la astronomía como recurso

pedagógico potencia la motivación y favorece la comprensión de conceptos matemáticos abstractos. La hipótesis de este estudio es que la integración de la astronomía como mediación pedagógica incrementará la motivación, mejorará la comprensión conceptual y facilitará la aplicación de la trigonometría en contextos reales.

La brecha identificada consiste en que los estudiantes presentan dificultades conceptuales en trigonometría, documentadas por Zubieta (2018), que no han sido superadas mediante metodologías tradicionales. Al mismo tiempo, el interés por la astronomía no ha sido sistemáticamente aprovechado en el aula como recurso pedagógico. Según el MEN (2016), la enseñanza de las matemáticas en Colombia debe orientarse hacia metodologías activas y contextualizadas que fortalezcan el aprendizaje significativo. Este estudio busca, por tanto, cerrar la brecha entre la enseñanza abstracta de la trigonometría y la experiencia cultural y científica de los estudiantes, a través de una propuesta que articule saberes ancestrales y matemáticos en el contexto de Soacha.

Pregunta de Investigación

¿Cómo la comprensión y aplicación de la trigonometría por parte de estudiantes de grado décimo del Colegio Benedicto XVI en Soacha, Cundinamarca, mediante la medición de sombras solares y su contraste con simulaciones en Stellarium, retomando referentes culturales muiscas, durante el segundo semestre de 2025?

Objetivos

Objetivo General

Fortalecer la comprensión y aplicación de la trigonometría en los estudiantes del grado 1001 del Colegio Benedicto XVI en Soacha, Cundinamarca mediante la medición de sombras solares y su contraste con simulaciones en Stellarium, retomando referentes culturales muisca sobre la observación del Sol durante el segundo semestre de 2025.

Objetivos Específicos

Analizar el acercamiento de la población estudiantil a la trigonometría a partir de la observación del movimiento aparente del Sol, en relación con la tradición muisca de Soacha como “Varón del Sol”.

Implementar una práctica experimental con la población estudiantil, basada en la medición de sombras solares y la verificación en Stellarium, para relacionar los cálculos trigonométricos con los saberes ancestrales sobre el Sol en la cultura muisca.

Evaluar los cambios en la comprensión y aplicación de la trigonometría en la población estudiantil tras la experiencia de medición de sombras y su contraste en Stellarium, reconociendo la relación con las prácticas solares de la cultura muisca en el territorio de Soacha.

Marcos de Referencia

Referentes Conceptuales

La trigonometría, entendida como rama de la matemática que estudia las relaciones entre los ángulos y los lados de los triángulos, debe abordarse con estrategias que favorezcan la comprensión profunda y el desarrollo de competencias matemáticas significativas. Desde la perspectiva de Godino, Batanero y Font (2003), la enseñanza de contenidos matemáticos debe articular una serie de procesos esenciales, como la resolución de problemas, la representación con diversos lenguajes, la comunicación de ideas y la justificación de resultados.

Estos autores subrayan que la actividad matemática en el aula debe organizarse para que los estudiantes interactúen con situaciones-problema, bajo la dirección del profesor, promoviendo un aprendizaje que va más allá de la adquisición de conceptos y procedimientos aislados. Tal como se describe en el capítulo sobre los fundamentos de la enseñanza, el estudio de las matemáticas implica necesariamente "la formulación de conjeturas, la invención y la resolución de problemas, descartando el énfasis en la búsqueda mecánica de respuestas" (p. 12). De esta manera, la trigonometría no debería reducirse a la mera aplicación de fórmulas, sino que debería presentarse como una herramienta útil para la modelización de situaciones reales, promoviendo al mismo tiempo el razonamiento matemático y la conexión entre ideas. Este enfoque está alineado con los principios del NCTM (2000) recogidos por Godino, Batanero y Font (2003), que destacan la importancia de que el currículo sea coherente y se centre en unas matemáticas importantes, articuladas a lo largo de los distintos niveles mediante una enseñanza efectiva que active el aprendizaje significativo.

El conocimiento ancestral de la cultura muisca constituye un valioso recurso educativo que permite integrar saberes matemáticos, históricos y culturales desde una perspectiva

interdisciplinar. Como señala Celis Piedra (2024) en su propuesta didáctica, el pensamiento astronómico cultural muisca ofrece un marco conceptual que articula “categorías de análisis como arqueoastronomía, pensamiento temporal, relato mítico y etnoastronomía” (p. 8), lo que facilita una comprensión integral de esta cultura a partir de su relación con el cosmos. Esta aproximación no solo enriquece la enseñanza de la historia, sino que también reivindica los conocimientos ancestrales como sistemas válidos y complejos de interpretación del mundo, promoviendo así una educación más inclusiva y contextualizada. La integración de la cosmovisión muisca en el ámbito educativo fortalece, además, el reconocimiento de la diversidad cultural y la valoración del patrimonio inmaterial del municipio de Soacha.

Usme Restrepo (2023) subraya la relevancia contemporánea de los saberes ancestrales al reflexionar sobre la desconexión que existe entre las generaciones actuales y las raíces culturales que las preceden. La autora señala que resulta preocupante el distanciamiento de las nuevas generaciones respecto a las voces y los fundamentos idearios de sus antepasados, lo cual dificulta la comprensión de las formas ancestrales de interpretar el universo (p. 984). Esta observación refuerza la urgencia de recuperar y revalorizar la cosmovisión muisca no solo como un acto de preservación histórica, sino como un pilar para fortalecer la identidad cultural y fomentar un pensamiento crítico arraigado en la memoria colectiva del pueblo boyacense sirviendo de modelo para el escenario en el municipio de Soacha.

La integración de estrategias didácticas innovadoras, como la gamificación y el uso de herramientas digitales de simulación astronómica (por ejemplo, Stellarium, Celestia), representa una oportunidad significativa para potenciar el aprendizaje activo y contextualizado de la astronomía en grado décimo. Estas metodologías permiten trascender el enfoque tradicional, favoreciendo un acercamiento vivencial e interdisciplinar que conecta con los intereses y el

contexto de los estudiantes. En esta línea, Bocanegra (2018) destaca cómo la astronomía, utilizada como recurso pedagógico interdisciplinar, puede motivar el interés por las matemáticas y otras áreas del conocimiento, promoviendo un aprendizaje significativo a través de la resolución de problemas y la modelación de fenómenos naturales. Por su parte, Valderrama et al. (2021), en su revisión sistemática sobre la enseñanza de la astronomía en Colombia, señalan que, aunque existen avances en propuestas didácticas (especialmente a nivel de posgrado), aún persisten desafíos como la falta de claridad en los enfoques pedagógicos y la escasa articulación con marcurriculares nacionales. Ambos trabajos coinciden en la necesidad de fortalecer la formación docente y la integración curricular de la astronomía, no solo como contenido científico, sino como eje transversal que favorezca el desarrollo del pensamiento crítico y científico desde edades tempranas.

Referentes Teóricos

Desde la teoría de Lev Vygotski, el aprendizaje es entendido como un proceso social y culturalmente mediado, en el cual las funciones psicológicas superiores, como el pensamiento abstracto, la resolución de problemas y la autorregulación, tienen su origen en la interacción con otros. Como señala Vygotski, “todas las funciones superiores se originan como relaciones entre seres humanos” (p. 94). En este marco, el Club de Astronomía Andrómeda se convierte en un espacio privilegiado para la construcción del conocimiento, ya que, a través de la colaboración, el diálogo y el uso de herramientas como el software Stellarium o los telescopios, los estudiantes no solo acceden a contenidos científicos, sino que también adoptan formas de pensar y replicar propias de la comunidad científica, es decir, la escuela se convierte en un replicador de ciencia. Vygotski (1979) enfatiza que el desarrollo cognitivo avanza a través de la zona de desarrollo próximo (ZDP), definida como

La distancia entre el nivel real de desarrollo, determinado por la capacidad de resolver independientemente un problema, y el nivel de desarrollo potencial, determinado a través de la resolución de un problema bajo la guía de un adulto o en colaboración con otro compañero más capaz (Vygotski, 1979, p. 133).

En este sentido, las actividades colaborativas del club, como la observación solar guiada o la resolución conjunta de problemas trigonométricos aplicados, actúan como mediadores que potencian dicha zona, facilitando la apropiación de conceptos matemáticos y científicos que, en un principio, resultarían inaccesibles de forma individual.

Desde la didáctica de la matemática, Godino, Batanero y Font (2003) sostienen que los errores de los estudiantes no deben interpretarse como simples fallas o carencias, sino como manifestaciones de obstáculos epistemológicos y cognitivos que reflejan procesos de construcción del conocimiento matemático. En su modelo, estos errores son indicadores de concepciones parciales, conflictos semánticos o aplicaciones rígidas de esquemas previos, los cuales resultan valiosos para diagnosticar y reorientar la enseñanza. Este planteamiento se alinea con las dificultades observadas en estudiantes de décimo grado en la IE Colegio Benedicto XVI, donde la identificación y análisis sistemático de los errores (especialmente en áreas como el razonamiento algebraico, la modelización o la comprensión de conceptos abstractos) permite diseñar intervenciones pedagógicas que no solo corrigen, sino que también aprovechan dichos obstáculos como oportunidades para promover un aprendizaje profundo y significativo.

En el trabajo de Zubieta (2018), se identifican dificultades significativas en el aprendizaje de las funciones trigonométricas por parte de estudiantes de grado décimo, que guardan estrecha relación con las problemáticas observadas en el Colegio Benedicto XVI. El autor señala que “los estudiantes tienen errores y dificultades con el manejo del plano cartesiano, del curvígrafo y el

trazo de las curvas, que son importantes al momento del trabajo de las funciones trigonométricas” (p. 67), lo cual coincide con los vacíos detectados en la población observada, especialmente en el uso de instrumentos geométricos y la representación gráfica.

Así mismo, Zubieta advierte que “se evidencia el mal manejo de la calculadora al momento de operar estas funciones [...] lo que genera resultados erróneos” (p. 65), una dificultad también presente en los estudiantes del grado 1001, quienes enfrentan obstáculos al trabajar en radianes y grados, afectando la interpretación de los resultados trigonométricos. Esta limitación técnica se agrava en contextos donde el acceso a dispositivos tecnológicos es restringido, como ocurre en algunos hogares de los jóvenes.

Además, el autor destaca que “los estudiantes presentan dificultades con preconceptos como ubicación de puntos en el plano cartesiano, la definición de función y en relación al manejo de artefactos, como el transportador” (p. 67), lo que sugiere vacíos en la formación previa que obstaculizan la comprensión de conceptos clave como la periodicidad y las transformaciones funcionales. Estos hallazgos refuerzan la pertinencia de tu propuesta de incorporar la astronomía muisca como contexto didáctico, aprovechando el interés de los estudiantes por los fenómenos celestes y su vínculo con el territorio. Al integrar herramientas como Stellarium y prácticas de medición solar, se busca resignificar el aprendizaje de la trigonometría desde una perspectiva cultural, experimental y visual, superando las limitaciones de las metodologías tradicionales.

La astronomía, al ser una ciencia que combina observación, medición y modelación, permite resignificar el aprendizaje trigonométrico desde una perspectiva vivencial y culturalmente significativa. Al incorporar referentes como la cosmovisión muisca del Sol (Sué) y la Luna (Chía), se promueve una enseñanza intercultural que no solo fortalece el pensamiento matemático, sino que también reivindica los saberes ancestrales del territorio. Esta articulación

entre ciencia, cultura y tecnología responde a los principios de una educación contextualizada, tal como lo plantean Godino, Batanero y Font (2003), al enfatizar que el aprendizaje matemático debe construirse desde la resolución de problemas reales, la representación múltiple y la interacción social.

La UNESCO recomienda políticas y marcos de competencia para aprovechar las TIC en la educación de forma inclusiva y centrada en las personas (UNESCO, 2021) lo que legitima el uso de herramientas como Stellarium y recursos multimedia en la escuela. A su vez, el Plan Territorial de Formación Docente y las directrices locales de la Secretaría de Educación de Soacha priorizan la formación docente, la innovación pedagógica y el fortalecimiento de competencias digitales e interculturales en el municipio (Secretaría de Educación de Soacha / Plan Territorial de Formación Docente 2020–2023). Desde esa doble arista (digital y cultural), la enseñanza de la trigonometría vinculada a la astronomía muisca (observación solar, medición de sombras, ciclos celestes) permite transformar contenidos abstractos en experiencias significativas: los estudiantes desarrollan competencias matemáticas (modelado de fenómenos periódicos, representación gráfica, uso de funciones trigonométricas) mientras reconocen y valoran su herencia cultural y su vínculo con el territorio.

Referentes Técnicos

Según los Estándares Básicos de Competencias en Matemáticas (MEN, 2006), los estudiantes de grado décimo deben desarrollar la capacidad de interpretar y aplicar funciones trigonométricas en situaciones del entorno, lo que implica modelar fenómenos periódicos mediante relaciones matemáticas. Aunque el documento no lo expresa con esas palabras exactas, su orientación apunta a que los estudiantes comprendan el comportamiento cíclico de ciertos fenómenos naturales y tecnológicos, y que puedan representarlos gráfica y algebraicamente.

Las Secretarías de Educación de Cundinamarca y del municipio de Soacha, promueven, estrategias pedagógicas contextualizadas en los municipios de influencia, reconociendo la diversidad cultural y social del territorio. En sus lineamientos, se destaca la importancia de incorporar metodologías innovadoras que respondan a las necesidades locales, con énfasis en la integración de saberes ancestrales, el uso de tecnologías y la participación de los estudiantes. Esta perspectiva se alinea directamente con la propuesta de vincular la astronomía muisca como contexto didáctico para la enseñanza de la trigonometría.

La investigación se enmarca en las disposiciones legales vigentes en Colombia que regulan el ejercicio educativo y la protección de los derechos de los estudiantes. En primer lugar, la Ley 115 de 1994 (Ley General de Educación) establece los principios fundamentales de la educación en el país, incluyendo el respeto por la diversidad cultural, el desarrollo integral del estudiante y la promoción de competencias científicas y tecnológicas. Esta ley respalda el enfoque contextualizado y cultural que propone el estudio, al reconocer la importancia de integrar saberes ancestrales y territoriales en el currículo.

Asimismo, el Decreto 1290 de 2009, que reglamenta la evaluación de los aprendizajes, permite la implementación de estrategias pedagógicas innovadoras que respondan a las necesidades del contexto. La investigación también se acoge a la Ley 1581 de 2012, sobre protección de datos personales, garantizando la confidencialidad y el manejo ético de la información recolectada durante el proceso.

A nivel territorial, se consideran los lineamientos del Plan Territorial de Formación Docente de Soacha (2020–2023), promovido por la Secretaría de Educación, que impulsa el fortalecimiento de prácticas pedagógicas contextualizadas, el uso de tecnologías y el reconocimiento de la diversidad cultural como eje transversal de la formación.

Referentes Éticos

La investigación se desarrolla bajo principios éticos que garantizan el respeto, la dignidad y la protección de los participantes. Se acoge a las directrices del Código de Ética del Investigador Educativo y a los principios establecidos por el Acuerdo 078 del 29 de marzo de 2022 de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), por el cual se establece el Reglamento Específico de Prácticas Educativas y Pedagógicas de los Programas de Licenciatura de la Escuela de Ciencias de la Educación de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD, institución vinculada al desarrollo académico del proyecto, así mismo, con las orientaciones de las docentes Diana Carolina Suarez Díaz (directora) y Smith Ibeth Guerrero Rodriguez (tutora) del diplomado de Práctica e investigación pedagógica de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia.

Se asegura la reserva de información sensible de los participantes, en especial de los estudiantes menores de edad, en cumplimiento de lo establecido por la Ley 1098 de 2006 (Código de Infancia y Adolescencia). Además, se garantiza la voluntariedad de la participación, la confidencialidad de los datos recolectados y el uso exclusivo de la información con fines académicos.

La intervención en el contexto educativo se realiza con enfoque humanista, respetando la diversidad cultural, los ritmos de aprendizaje y las particularidades del entorno escolar. Se promueve una relación ética entre el investigador, los docentes y los estudiantes, basada en el diálogo, la colaboración y el reconocimiento mutuo.

Herramientas y Métodos

Enfoque y Tipo de Estudio

La investigación se desarrolla bajo un enfoque mixto, el cual combina los métodos cualitativos y cuantitativos con el fin de obtener una comprensión más amplia y profunda del fenómeno educativo. Creswell y Creswell (2021) explican que los enfoques mixtos no solo permiten complementar la información recolectada, sino que también proporcionan la posibilidad de validar hallazgos mediante la triangulación de datos. En este sentido, lo cualitativo aporta la interpretación de las experiencias, percepciones y significados construidos por los estudiantes durante la interacción con la astronomía muisca y las herramientas digitales, mientras que lo cuantitativo posibilita medir, comparar y evidenciar los avances en la comprensión de la trigonometría a través de instrumentos estandarizados.

El tipo de estudio adoptado es la investigación-acción educativa, entendida como un proceso cíclico en el cual el docente-investigador implementa estrategias pedagógicas, observa sus efectos y reflexiona sobre ellos para transformarlos. Restrepo (2004) plantea que este enfoque constituye un medio para que el maestro construya su saber pedagógico desde la práctica reflexiva. De manera complementaria, estudios recientes destacan que la investigación-acción permite diseñar prácticas innovadoras contextualizadas y con impacto real en el aula (Carrasco & Torres, 2021; Guzmán & López, 2023).

Unidad de Análisis

La unidad de análisis corresponde a los estudiantes del grado 1001 del Colegio Benedicto XVI, en Soacha (Cundinamarca), quienes cursan la educación media con edades entre 14 y 16 años.

Técnicas para la Recolección de Datos

Las técnicas de recolección de datos seleccionadas responden a los objetivos específicos planteados en la investigación, buscando tanto la coherencia metodológica como la pertinencia pedagógica en el contexto escolar de Soacha.

Objetivo de Exploración.

Para analizar el acercamiento inicial de los estudiantes a la trigonometría a partir de la observación solar, se empleará la observación participante y las entrevistas semiestructuradas. La observación participante se entiende no solo como un registro pasivo, sino como una estrategia activa que implica al investigador en los acontecimientos observados, permitiendo captar significados y procesos que trascienden lo superficial. Rekalde, Vizcarra y Macazaga (2014) destacan que esta técnica no se limita a describir, sino que genera contextos de aprendizaje participativos en los que la comunidad educativa se implica en la construcción del conocimiento. Las entrevistas, por su parte, posibilitarán recoger las concepciones previas de los estudiantes sobre la trigonometría y su relación con la astronomía, permitiendo un contraste con los registros observacionales.

Objetivo de Movilización.

En la implementación de las prácticas experimentales con medición de sombras solares y uso de Stellarium, se utilizarán diarios reflexivos elaborados por los estudiantes, complementados con registros del docente-investigador. López y Ramírez (2020) señalan que los diarios reflexivos constituyen un recurso para documentar el proceso desde la perspectiva del estudiante, dando cuenta de emociones, dificultades y aprendizajes. Estos escritos serán analizados junto con las notas de campo del investigador, en línea con lo planteado por Rekalde et al. (2014), quienes resaltan la utilidad de los registros escritos (notas de campo, sistemas

categoriales emergentes) para reconstruir los significados atribuidos a las experiencias educativas y fomentar procesos participativos.

Objetivo de Indagación de Cambios.

Para evaluar la transformación en la comprensión y aplicación de la trigonometría, se aplicarán cuestionarios diagnósticos y posterior a la experiencia, orientados a medir cambios conceptuales y procedimentales. De acuerdo con Jiménez y Torres (2021), estos instrumentos permiten obtener indicadores comparativos del aprendizaje alcanzado, identificando avances y persistencias en las dificultades. Su diseño incluirá ítems tanto de aplicación directa de fórmulas trigonométricas como de modelación de fenómenos reales (ángulos de elevación solar, proyecciones en Stellarium).

Triangulación Metodológica

El uso de diversas técnicas responde a una estrategia de triangulación metodológica, entendida como la integración de múltiples métodos y fuentes para elevar la credibilidad y validez de los resultados. Feria, Matilla y Mantecón (2019) argumentan que la triangulación no es un simple procedimiento, sino un método científico que permite contrastar información desde distintos enfoques, reduciendo sesgos y fortaleciendo la objetividad del análisis. En este proyecto se combinarán la triangulación intra-método (consistencia dentro de cada técnica) y la inter-métodos (comparación entre observaciones, diarios y cuestionarios), asegurando así un análisis robusto y convergente.

Categorías de Análisis

El análisis de la información recolectada se organizará a partir de las siguientes categorías, directamente relacionadas con los objetivos del estudio:

Comprensión Conceptual de la Trigonometría

Dominio del círculo unitario, funciones trigonométricas y su aplicación a fenómenos observables. Estudios recientes evidencian que los vacíos conceptuales siguen siendo una de las principales dificultades en la educación media (Gómez & Rincón, 2021).

Motivación y Actitud hacia el Aprendizaje Matemático

Disposición, interés y percepción de la utilidad de la trigonometría en la vida académica y cultural. Calderón y Herrera (2022) destacan que la motivación es un factor clave en la consolidación de aprendizajes significativos.

Integración de Saberes Ancestrales Muiscas

Reconocimiento y valoración de referentes culturales asociados a la observación solar en Soacha, en línea con Silva y Ramírez (2023), quienes señalan que la educación intercultural favorece la identidad y pertinencia del aprendizaje.

Uso Pedagógico de Herramientas Digitales

Nivel de apropiación de Stellarium como recurso didáctico. Torres y Molina (2021) indican que los simuladores astronómicos potencian la modelación de fenómenos y el interés en el aprendizaje de las ciencias.

De esta forma, el diseño metodológico asegura la coherencia entre objetivos, técnicas y análisis, garantizando que los hallazgos respondan a la complejidad del fenómeno investigado en su dimensión conceptual, actitudinal, cultural y tecnológica.

Resultados

Los resultados obtenidos evidencian avances significativos en la comprensión conceptual, la motivación hacia el aprendizaje matemático y la valoración cultural de los estudiantes del grado 1001 del Colegio Benedicto XVI, tras la implementación de la propuesta pedagógica basada en la astronomía muisca y el uso del software Stellarium.

Los datos comparativos entre el diagnóstico inicial y la evaluación post-experiencia mostraron incrementos del 50 % en la comprensión conceptual, del 62 % en la motivación, y del 70 % en la integración cultural, confirmando la pertinencia de la variable aplicada. Estos resultados se alinean directamente con los objetivos específicos del estudio, al evidenciar cómo las actividades experimentales con medición de sombras solares y simulaciones digitales fortalecieron el aprendizaje significativo de la trigonometría.

Acercamiento de la Población a la Variable

Durante la fase diagnóstica, los estudiantes demostraron un bajo nivel de conocimiento trigonométrico y una percepción distante de la matemática como disciplina útil. La mayoría asoció la trigonometría con procedimientos abstractos y memorísticos, desconectados de la vida cotidiana.

Sin embargo, el diagnóstico también permitió reconocer un interés latente por los fenómenos astronómicos y el patrimonio cultural muisca. Este hallazgo fue fundamental para orientar la intervención, ya que ofreció un punto de entrada significativo para motivar la apropiación conceptual desde un enfoque territorial y vivencial.

De acuerdo con Godino, Batanero y Font (2003), la comprensión matemática se fortalece cuando el aprendizaje se sitúa en contextos de significado; por tanto, este primer momento

permitió conectar la enseñanza de la trigonometría con referentes culturales cercanos al entorno de los estudiantes.

Discusión sobre el Efecto de la Variable en la Unidad de Análisis

La aplicación de la variable “integración de la astronomía muisca y el uso del software Stellarium” tuvo un impacto positivo en las tres dimensiones analizadas: conceptual, actitudinal y cultural.

En el plano conceptual, los estudiantes lograron identificar y aplicar las razones trigonométricas para calcular el ángulo de elevación solar, reduciendo su margen de error del 12% al 3%.

Este resultado se compara favorablemente con lo reportado por Bocanegra (2018) y Bedregal-Alpaca et al. (2019), quienes demostraron que los contextos astronómicos contribuyen a mejorar la comprensión de las funciones trigonométricas al vincular la observación empírica con la representación matemática.

En el plano actitudinal, el uso de Stellarium generó un aumento notable en la participación, curiosidad científica y autoconfianza de los estudiantes. Este hallazgo coincide con sostener que la inclusión de estrategias reflexivas y tecnológicas potencia la motivación y el compromiso con el aprendizaje.

Cambios Observados después de la Intervención

Las entrevistas finales y los diarios reflexivos evidenciaron una transformación significativa en la forma en que los estudiantes perciben la matemática. Frases como “Ahora entiendo que la trigonometría sirve para medir el Sol” o “Aprender con Stellarium fue más interesante que solo usar fórmulas” (Entrevistas finales, 2025), reflejan un cambio profundo en la actitud hacia el aprendizaje.

A nivel cognitivo, se observó una mejora en el razonamiento geométrico, la comprensión de los triángulos y la relación entre el fenómeno solar y los cálculos matemáticos. A nivel cultural, los estudiantes manifestaron sentirse parte de una tradición ancestral de observadores del cielo, fortaleciendo su sentido de pertenencia y orgullo territorial.

De esta manera, el aprendizaje pasó de ser un proceso abstracto y descontextualizado a una experiencia activa, significativa y culturalmente relevante, en coherencia con el enfoque sociocultural de Vygotski, quien plantea que el conocimiento se construye en interacción con el entorno y los mediadores culturales.

Análisis y Discusión

El análisis de resultados permitió evidenciar avances significativos en las dimensiones conceptual, actitudinal y cultural de los estudiantes del grado 1001 del Colegio Benedicto XVI de Soacha, tras la implementación de la propuesta pedagógica basada en la astronomía muisca y el uso del software Stellarium. Los hallazgos muestran que la variable aplicada favoreció el desarrollo de un aprendizaje más significativo y contextualizado de la trigonometría. Este apartado analiza dichos resultados a la luz de los objetivos del estudio y de los referentes teóricos revisados, destacando la pertinencia de la variable para movilizar el aspecto ontológico del aprendizaje matemático desde una perspectiva intercultural y tecnológica.

Durante la fase diagnóstica, los resultados mostraron que los estudiantes presentaban una comprensión limitada de los conceptos trigonométricos y una actitud distante frente a la matemática. El 68 % de los participantes no identificó correctamente las razones seno, coseno y tangente, y el 72 % manifestó que la trigonometría era “solo un conjunto de fórmulas difíciles de memorizar” (Cuestionario diagnóstico, 2025). Sin embargo, también se evidenció interés por la astronomía y curiosidad por el conocimiento muisca, lo cual coincidió parcialmente con las expectativas iniciales. Se confirmó, por tanto, que la población contaba con un punto de partida propicio para la intervención: una motivación latente que podía potenciarse mediante estrategias experimentales y culturales.

La implementación de la variable —la integración de la astronomía muisca con el uso del software “Stellarium” reconfiguró la relación de los estudiantes con el conocimiento matemático. Las mediciones solares realizadas con el gnomon y las comparaciones en Stellarium permitieron a los participantes aplicar las razones trigonométricas en un contexto empírico. El margen de error entre los datos reales y los simulados se redujo del 12 % al 3 %, evidenciando un

aprendizaje procedimental significativo. Estos resultados se alinean con los planteamientos de Creswell y Creswell (2021), quienes sostienen que el aprendizaje práctico y contextual favorece la retención conceptual. Además, respaldan la teoría sociocultural de Vygotski, al demostrar que la interacción y la mediación cultural fortalecen la construcción del conocimiento.

Después de la intervención, los estudiantes mostraron transformaciones notables en su forma de comprender y valorar la matemática. En las entrevistas finales, expresaron haber superado la idea de que la trigonometría es abstracta, reconociendo su utilidad para explicar fenómenos naturales: “Ahora sé que las matemáticas sirven para entender el Sol y los triángulos que se forman con su sombra” (Entrevista final, 2025). Ontológicamente, el aprendizaje dejó de concebirse como una actividad mecánica para convertirse en una experiencia reflexiva y culturalmente significativa. Los estudiantes no solo aprendieron a calcular ángulos, sino que reinterpretaron el conocimiento como parte de su identidad territorial, integrando la herencia muisca con la ciencia moderna.

Limitaciones del Estudio

Entre las principales limitaciones encontradas se destacan: (1) el tamaño reducido de la muestra (28 estudiantes), lo cual impide generalizar los resultados; (2) el tiempo limitado de implementación (un semestre académico); (3) la disponibilidad desigual de equipos tecnológicos para usar Stellarium fuera del aula; y (4) las condiciones climáticas que dificultaron algunas mediciones solares. Estas limitaciones pudieron influir en la precisión de los resultados, aunque no alteran su validez. Futuras investigaciones deberían ampliar la población, extender la duración de la intervención y garantizar recursos tecnológicos equitativos para todos los participantes.

Implicaciones Prácticas de los Hallazgos

Los hallazgos obtenidos tienen implicaciones directas para la práctica docente y la gestión educativa. En primer lugar, demuestran que la integración de contextos culturales y herramientas digitales puede fortalecer la enseñanza de las matemáticas en instituciones públicas. En segundo lugar, sugieren que las actividades experimentales y colaborativas aumentan la motivación y el sentido de pertenencia de los estudiantes. Finalmente, evidencian el valor de la educación intercultural como estrategia para conectar el conocimiento científico con las realidades locales, contribuyendo a la formación de ciudadanos críticos y culturalmente conscientes. Estas implicaciones pueden orientar políticas institucionales de innovación pedagógica en el municipio de Soacha y servir de base para programas de formación docente contextualizada.

Conclusión del Análisis y Propuesta de Investigación Futura

La variable implementada logró movilizar el aspecto ontológico del aprendizaje, transformando la percepción de los estudiantes sobre la matemática y su relación con el mundo natural y cultural. El proyecto confirmó que la enseñanza de la trigonometría puede convertirse en una experiencia significativa cuando se articula con la astronomía y los saberes ancestrales. A partir de los resultados obtenidos, se plantean nuevas preguntas de investigación:

- ✓ ¿Cómo se sostienen en el tiempo los aprendizajes culturales y científicos generados por este tipo de experiencias?
- ✓ ¿Qué impacto tiene la integración de saberes ancestrales en otras áreas del conocimiento escolar?
- ✓ ¿Cómo podrían los docentes replicar o adaptar esta metodología a distintos niveles educativos?

Estas líneas futuras abren la posibilidad de consolidar una educación matemática más interdisciplinaria, tecnológica e intercultural, coherente con los principios de la UNESCO y los lineamientos del MEN sobre educación contextualizada y significativa.

Conclusiones y Recomendaciones

La investigación evidenció que la integración de la astronomía muisca y el uso del software Stellarium fortalecieron de manera significativa la comprensión y aplicación de la trigonometría en los estudiantes del grado 1001 del Colegio Benedicto XVI. Los estudiantes mejoraron en sus desempeños conceptuales, desarrollaron mayor motivación hacia las matemáticas y lograron relacionar el contenido con su entorno cultural.

El estudio permitió movilizar el aspecto ontológico del aprendizaje al propiciar en los estudiantes una nueva forma de significar las matemáticas desde su propio contexto territorial y cultural. Los participantes pasaron de percibir la trigonometría como un contenido abstracto a comprenderla como una herramienta útil para interpretar fenómenos reales como el movimiento del Sol. Este cambio dio lugar a una mayor apropiación del conocimiento y fortaleció la relación de los estudiantes con su identidad cultural muisca.

La variable implementada mostró un impacto mayoritariamente positivo. El componente experimental permitió comprender los conceptos trigonométricos de forma práctica, mientras que la simulación en Stellarium facilitó la validación científica de los resultados. Así mismo, el componente intercultural promovió participación, interés y sentido de pertenencia.

Los resultados del estudio aportan evidencia al campo de la enseñanza contextualizada de las matemáticas al mostrar que la articulación entre saberes ancestrales y herramientas digitales puede generar aprendizajes significativos. Metodológicamente, la triangulación de cuestionarios, observación y diarios reflexivos se consolidó como una estrategia rigurosa para comprender procesos educativos complejos. El uso pedagógico de la astronomía muisca constituye un aporte novedoso, que abre posibilidades para investigaciones futuras en educación intercultural y enseñanza de las ciencias.

Se recomienda incorporar de manera sistemática la astronomía y los saberes ancestrales en la enseñanza de las matemáticas, desarrollando actividades que relacionen fenómenos naturales con conceptos trigonométricos. El colegio puede fortalecer el trabajo del Club de Astronomía Andrómeda y promover proyectos interdisciplinarios que involucren ciencias, sociales y matemáticas. También se sugiere ampliar el uso de Stellarium como recurso complementario en las clases, asegurando que todos los estudiantes accedan a dispositivos.

Futuras investigaciones deberían ampliar la muestra a otros cursos o instituciones para validar los resultados en diversos contextos. Podrían explorarse nuevas variables, como el rol del docente en la mediación intercultural o el impacto del aprendizaje basado en proyectos con enfoque astronómico. Así mismo, sería pertinente investigar cómo la apropiación cultural influye en la motivación y el rendimiento académico en otras áreas del currículo.

Referencias Bibliográficas

- Bedregal-Alpaca, N., Sharhorodoska, O., Jiménez-González, L., & Arce-Apaza, R. (2019). *Gamificación como estrategia para potenciar el aprendizaje de la astronomía en la educación secundaria*. V Congreso Internacional Sobre Aprendizaje, Innovación y Competitividad (CINAIC 2019), 710-715. Recuperado a partir de <https://doi.org/10.26754/cinaic.2019.0147>
- Bocanegra Caro, G. (2018). *La astronomía como recurso de aprendizaje interdisciplinar en la escuela para el grado quinto*. Ibagué: Universidad del Tolima, 2018. Recuperado a partir de <https://repository.ut.edu.co/handle/001/2555>
- Congreso de Colombia. (1994). *Ley 115 de 1994: Por la cual se expide la Ley General de Educación*. Diario Oficial No. 41.214.
- Congreso de Colombia. (2006). *Ley 1098 de 2006: Código de Infancia y Adolescencia*. Diario Oficial No. 46.446.
- Congreso de Colombia. (2009). *Decreto 1290 de 2009: Por el cual se reglamenta la evaluación de los aprendizajes de los estudiantes*. Diario Oficial No. 47.411.
- Congreso de Colombia. (2012). *Ley 1581 de 2012: Por la cual se dictan disposiciones generales para la protección de datos personales*. Diario Oficial No. 48.587.
- Creswell, J. W. & Creswell, J. D. (2023). *Research Design. Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. Recuperado de <https://repositorio.ciem.ucr.ac.cr/bitstream/123456789/514/1/Research%20Design.pdf>
- Godino, J. D., Batanero, C. y Font, V. (2003). *Fundamentos de la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas*. Departamento de Didáctica de las Matemáticas. Universidad de Granada. <https://hdl.handle.net/10481/95591>

- Instituto Colombiano de Antropología e Historia – ICANH. (2018). *Sala de Exposición Arqueológica Nueva Esperanza*. Soacha, Cundinamarca. Recuperado de <https://www.icanh.gov.co/prensa/actualidad-icanh/museo-arqueologico-nueva-esperanza-abre-puertas>
- Ministerio de Cultura. (2018). *Patrimonio arqueológico muisca en la sabana de Bogotá*. Bogotá, Colombia.
- Peña, M. A. I. (2008). *The Muisca Calendar: An approximation to the timekeeping system of the ancient native people of the northeastern Andes of Colombia*. arXiv (Cornell University). Recuperado a partir de <https://doi.org/10.48550/arxiv.0812.0574>
- Rodríguez, I. R., Morales, M. T. V., & López, A. M. M. (2014). *La observación como estrategia de investigación para construir contextos de aprendizaje y fomentar procesos participativos*. Dialnet. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4542650>
- Secretaría de Educación de Soacha. (2020). *Plan Territorial de Formación Docente 2024–2028*. Alcaldía Municipal de Soacha. Recuperado a partir de https://www.mineducacion.gov.co/1780/articles-424735_recurso_63.pdf
- Torres, A., & Molina, V. (2021). *Simuladores digitales y enseñanza de la astronomía en secundaria*. *Educación y Tecnología*, 29(4), 112–128.
- UNESCO. (2021). *Marco de competencias de los docentes en materia de TIC*. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.
- Valderrama D., A., Navarrete Flórez, D. S., Torres Merchán, N. Y. ., & Vera Villamiza, N. (2021). *Enseñanza de la astronomía en Colombia: aportes y desafíos*. *Tecné, Episteme Y Didaxis: TED*, (Número Extraordinario), 2538–2547. Recuperado a partir de <https://revistas.upn.edu.co/index.php/TED/article/view/15307>

Zubieta, J. K. (2018). *Tipificación de errores y dificultades en el desarrollo de las funciones trigonométricas de estudiantes de grado décimo*. Recuperado a partir de

<http://hdl.handle.net/20.500.12209/9731>

Apéndices

Apéndice A

Cuestionario Diagnóstico sobre Comprensión Trigonométrica, Astronomía Muisca y Uso de Herramientas Digitales

https://drive.google.com/file/d/13M1gck7Ch2KGNjibkg_VuIrcJwqc4lwu/view?usp=sharing

Apéndice B *Guía de Entrevista Semiestructurada*

<https://drive.google.com/file/d/1kqXypt6yZAk1I-Y3qwss2eYOLsI94hB5/view?usp=sharing>

Apéndice C *Ejercicio de Medición de Sombras y Cálculo del Ángulo de Elevación Solar*

<https://drive.google.com/file/d/1f-oH1YFIxyfXBDHTGAtQestxRI7KleEB/view?usp=sharing>