



Contribución de las Tecnologías Digitales de la Información y la Comunicación en la enseñanza de fenómenos astronómicos. Un estudio de casos desarrollado en dos instituciones públicas de la ciudad de Medellín

Jhordan Villa Palacio

Mateo Loaiza Arboleda

Trabajo de grado presentado para optar al título de
Licenciado en Matemáticas y
Licenciado en Física

Asesoras

Vanessa Arias Gil, Doctor (PhD) en Educación

Mónica Eliana Cardona Zapata, Magíster (MSc) en Educación

Universidad de Antioquia
Facultad de Educación
Licenciatura en Matemáticas
Medellín, Antioquia, Colombia

2024

Cita	(Villa-Palacio & Loaiza-Arboleda, 2024)
Referencia	Villa-Palacio, J., & Loaiza-Arboleda, M. (2024). <i>Contribución de las Tecnologías Digitales de la Información y la Comunicación en la enseñanza de fenómenos astronómicos en décimo grado. Un estudio de casos desarrollado en dos instituciones públicas de la ciudad de Medellín</i> . [Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
Estilo APA 7 (2020)	



Centro de Investigaciones Educativas y Pedagógicas (CIEP).



Biblioteca Carlos Gaviria Díaz

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.

Dedicatoria

A nuestros padres y familias, que con su dedicación y amor han hecho posible este logro.

Agradecimientos

A nuestra querida Universidad de Antioquia, por brindarnos el apoyo para el crecimiento personal, académico y profesional a lo largo de nuestra trayectoria académica.

A nuestras asesoras Vanessa Arias y Mónica Cardona, por su paciencia y acompañamiento desinteresado y oportuno; en cada palabra y en cada acción.

Al Alfredo Cock Arango e INEM José Félix de Restrepo, por abrirnos las puertas para desarrollar un ciclo importante en nuestra vida profesional y a los profesores cooperadores que nos concedieron su espacio y guía.

Tabla de contenido

Resumen	11
Abstract	12
1 Planteamiento del problema	13
1.1 Documentos legales relacionados con la enseñanza de fenómenos astronómicos.....	14
1.2 Uso de TIC en la enseñanza de fenómenos astronómicos	16
1.3 Enfoque educativo inclusivo	18
1.4 Contexto educativo.....	18
1.5 Pregunta de investigación.....	20
1.6 Objetivos	20
1.6.1 Objetivo general.....	20
1.6.2 Objetivos específicos	20
2. Revisión de literatura	21
2.1 Asuntos Metodológicos de la Revisión de Literatura.	21
2.1.1 Enseñanza de astronomía en la educación secundaria en Colombia	22
2.1.2 Uso de TIC en la enseñanza de astronomía	22
2.1.3 Diseño universal para el aprendizaje o educación inclusiva en la enseñanza de la astronomía.....	22
2.2 Método de búsqueda de información	22
2.2 Hallazgos de la Revisión de Literatura	23
2.3. Enseñanza de Astronomía en Secundaria en Colombia	25
2.3.1 Uso de TIC en la Enseñanza de Astronomía	27
2.3.2 Educación Inclusiva en la Enseñanza de la Astronomía.....	28
2.4 Aportes de la Revisión de Literatura.....	29
3. Marco Teórico	32

3.1 Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico	32
3.1.1 Principios conceptuales y/o disciplinares	33
3.1.2 Principios epistemológicos	34
3.1.3 Principios pedagógico-didácticos	34
3.2 Diseño Universal para el Aprendizaje.....	35
3.2.1 Proporcionar múltiples formas de representación de la información y los contenidos .	36
3.5.2 Proporcionar múltiples formas de acción y expresión del aprendizaje.....	37
3.5.2 Proporcionar múltiples formas de implicación	38
3.3 Tecnologías de la información y la comunicación (TIC).....	39
3.3.1 Versatilidad	39
3.3.2 Capacidad de transformación.....	40
3.3.3 Posibilidad de ser marcados.....	40
3.3.4 Posibilidad de generar conexiones	40
3.4 Las TDIC y su papel articulador de la TASC y el DUA.....	40
4. Metodología	43
4.1 Paradigma y enfoque de investigación	43
4.2 Contexto y participantes del estudio	43
4.3 Técnicas e instrumentos para la recolección de información.....	44
4.3.1 Diario de campo	45
4.3.2 La observación participante	45
4.3.3 Cuestionarios.....	46
4.3.4 Análisis documental.....	47
4.3.5 Consideraciones éticas	47
4.4 Propuesta pedagógico-didáctica.....	48
4.4.1 Sesión 1	49

4.4.2 Sesión 2.....	51
4.4.3 Sesión 3.....	52
4.4.4 Sesión 4.....	53
4.5 Técnicas e instrumentos para el análisis de la información	55
5. Análisis y resultados.....	57
5.1 Categoría 1: Papel de las herramientas digitales en la enseñanza de fenómenos astronómicos.....	57
5.1.1 Subcategoría 1: Papel en el aprendizaje de elementos disciplinares	57
5.1.2 Subcategoría 2: Papel en la comprensión de asuntos epistemológicos.....	73
5.1.3 Subcategoría 3: Papel en la mediación pedagógico-didáctica	82
5.4 Categoría 2: Aporte del DUA en el diseño de estrategias para la enseñanza de fenómenos astronómicos mediados por TDIC.....	85
6 Consideraciones finales.....	90
6.1 Conclusiones	90
6.2 Recomendaciones.....	92
7 Referencias	94
8 Anexos.....	100

Lista de tablas

Tabla 1 EBC en matemáticas asociado a la enseñanza de astronomía.....	14
Tabla 2 EBC en física asociado a la enseñanza de astronomía.	15
Tabla 3 Palabras clave y ecuaciones de búsqueda por núcleo temático.....	23
Tabla 4 Revistas y número artículos seleccionados.	24
Tabla 5 Documentación encontrada por núcleo temático	25
Tabla 6 Síntesis de las intervenciones	49
Tabla 7 Matriz metodológica	56
Tabla 8 ¿Cómo representar las distancias medias al Sol a una escala menor?	58
Tabla 9 ¿Qué llama la atención al representar dichas distancias en un trozo de lana?	60
Tabla 10 ¿Cuáles fueron los desafíos que enfrentaron al hacer esta actividad?.....	61
Tabla 11 ¿Qué planetas resultaron más difíciles de ubicar en la construcción?	62
Tabla 12 Comparación de datos de planeta asignado con otro equipo.	64
Tabla 13 Relación entre distancia media al Sol y velocidad de traslación.....	64
Tabla 14 Relación entre masa y velocidad de rotación.	65
Tabla 15 Fenómenos y prácticas asociados al movimiento terrestre.	66
Tabla 16 ¿Los cometas tienen la misma trayectoria? ¿cómo describirían su órbita?.....	67
Tabla 17 ¿Todos los cometas tienen la misma composición?.....	68
Tabla 18 ¿Qué se puede identificar en el movimiento del cometa?.....	69
Tabla 19 ¿Cómo es la velocidad de los cometas en la segunda ley de Kepler?.....	70
Tabla 20 ¿Cómo afecta la distancia focal el movimiento de los cometas?	70
Tabla 21 ¿Qué pasa al observar la Luna desde diferentes latitudes?	72
Tabla 22 ¿Cómo se mueven los planetas?.....	75
Tabla 23 ¿Cómo describirían la forma de la órbita del planeta?	76
Tabla 24 ¿Qué movimientos identifican en los planetas? ¿cuál es su dirección?	78

Tabla 25 ¿Por qué ocurren los eclipses? - Posición del Sol, la Luna y la Tierra en el próximo eclipse ¿En qué franja horaria será visible?	78
Tabla 26 Posición del Sol, la Luna y la Tierra en diferentes fases lunares.	80
Tabla 27 Papel de las TDIC en las actividades	86
Tabla 28 Conocimientos adquiridos y su utilidad	87
Tabla 29 Sensaciones y dificultades encontradas.....	88

Lista de figuras

Figura 1 Relación entre referentes del marco teórico	42
Figura 2 Cuadrícula para observar distancias y proporciones en el sistema solar	50
Figura 3 Función para avanzar y retroceder en el tiempo a diferentes velocidades.....	51
Figura 4 Información fundamental de un planeta	52
Figura 5 Análisis de cometa en el simulador	52
Figura 6 Leyes de Kepler en GeoGebra.....	53
Figura 7 Fases Lunares en GeoGebra	54
Figura 8 Distancia media al Sol de los planetas del Sistema Solar. GI2.	58
Figura 9 Operación matemática para cambio de escala. GI1	59
Figura 10 Conversión a escala general de las distancias del Sistema Solar. GI2.	60
Figura 11 Construcción del sistema solar a escala en un trozo de lana	63
Figura 12 Datos recolectados por planeta asignado. GA2.	63
Figura 13 Manipulación del simulador para aclarar dudas	66
Figura 14 Estudio de las leyes de Kepler en GeoGebra.....	71
Figura 15 Ilustraciones de los grupos del sistema solar.....	74
Figura 16 Visualización de órbitas de planetas cercanos al Sol.....	77
Figura 17 Ilustraciones iniciales de las fases lunares.....	79
Figura 18 Fases Lunares en GeoGebra	81
Figura 19 Grupos protagonistas y forjadores de su conocimiento.....	83
Figura 20 Estrategias y recursos que favorecen cada principio del DUA.....	89

Siglas, acrónimos y abreviaturas

CAST	Center for Applied Special Technology
DBA	Derechos Básicos de Aprendizaje
DUA	Diseño Universal para el Aprendizaje
EBC	Estándares Básicos de Competencias
MEN	Ministerio de Educación Nacional
TASC	Teoría de Aprendizaje Significativo Crítico
TDIC	Tecnologías Digitales de la Información y la Comunicación
TIC	Tecnologías de la Información y la Comunicación

Resumen

Este estudio se enfoca en explorar la enseñanza de fenómenos astronómicos en Colombia basada en la Teoría del Aprendizaje significativo crítico (TASC); para ello, se emplea el enfoque metodológico del Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) y la mediación de Tecnologías Digitales de la Información y la Comunicación (TDIC). El objetivo principal es analizar el papel de las TDIC en este contexto, así como su contribución al diseño de estrategias pedagógicas eficaces. Para lograrlo, se llevó a cabo un estudio de casos con enfoque cualitativo en dos instituciones educativas en Medellín, Colombia, donde se implementó una propuesta de enseñanza en el grado décimo. En este sentido, se utilizaron múltiples instrumentos de recolección de datos, como diarios de campo, videos y audios, para recopilar información sobre la percepción de los estudiantes y la eficacia de las estrategias implementadas. Los resultados revelan impactos significativos de las herramientas digitales en el aprendizaje de fenómenos astronómicos, así como en el diseño de actividades inclusivas. Este estudio proporciona una visión sobre cómo la integración de las TDIC y el DUA pueden mejorar la enseñanza de la astronomía en el contexto educativo colombiano, ofreciendo nuevas perspectivas para futuras investigaciones en este campo.

Palabras clave: Astronomía, Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA), Teoría Aprendizaje Significativo Crítico (TASC), Tecnologías Digitales de la Información y la Comunicación (TDIC).

Abstract

This study focuses on exploring the teaching of astronomical aspects in Colombia based on the Theory of Critical Significant Learning (TASC), using the methodological approach of Universal Design for Learning (UDL) and the mediation of TDIC. The main objective is to analyze the role of ICTs in this context, as well as their contribution to the design of effective pedagogical strategies. To achieve this, a case study with a qualitative approach was carried out in two educational institutions in Medellin, Colombia, where interventions were implemented in the tenth grade. In this sense, multiple data collection instruments were used, such as field diaries, videos and audios, to gather information on students' perceptions and the effectiveness of the strategies implemented. results reveal significant patterns in the impact of digital tools in the learning of astronomical aspects, as well as in the design of inclusive activities. This study provides insight into how the integration of TDIC and SAD can improve the teaching of astronomy in the Colombian educational context, offering new perspectives for future research in this field.

Keywords: Astronomy, Universal Desing for Learning (UDL), Critical Meaningful Learning (CML), Digital Information and Communication Technologies (DICT).

1 Planteamiento del problema

La astronomía, como la ciencia más antigua desarrollada por la humanidad, ha ejercido un papel fundamental en la historia al influir en las creencias de la sociedad; este campo aborda interrogantes fundamentales sobre el origen del universo, el destino de la humanidad y su posición en el cosmos. En relación con esto, Cardona (2013) destaca la aspiración constante del ser humano por comprender sus raíces y destino, subrayando que la astronomía emerge como un instrumento esencial para proporcionar respuestas a estas inquietudes existenciales. En sus palabras:

“El sueño del hombre siempre ha sido conocer su origen y destino. Quiénes somos, de dónde venimos, hacia dónde vamos, no son sólo tres preguntas, son las preguntas por excelencia. Y la astronomía da cumplida respuesta a cada una de ellas. (p. 15)”

La búsqueda de respuestas a estas cuestiones fundamentales ha impulsado el estudio de los movimientos cíclicos de los astros. Según Teso (2009), este estudio resultó crucial para predecir fenómenos naturales como el ciclo de las estaciones, siendo conocimientos vitales para la supervivencia en la antigüedad. García (2014) destaca que las interrogantes relacionadas con la astronomía han sido impulsoras del progreso científico, desempeñando un papel fundamental en el inicio de la revolución científica hace cuatro siglos, donde figuras como Copérnico y Galileo desempeñaron un rol central. De esta manera, la astronomía emergió como un campo pionero en la revolución científica, abriendo nuevas fronteras para el entendimiento del cosmos y dando lugar a avances significativos en diversas ramas del conocimiento.

De acuerdo con Piedrahita y Gómez (2014), la astronomía en el ámbito educativo se erige como una herramienta que, a partir del arraigado interés que distintas culturas han tenido en desentrañar los secretos del cielo, allana el camino hacia enfoques formativos. Esto no solo abarca el saber disciplinario de las ciencias naturales y exactas, también establece una conexión activa con las ciencias sociales o humanas. Castañeda (2014) destaca cómo la astronomía capta el interés y despierta pasión por los fenómenos celestes, así se reconoce que la astronomía potencia la curiosidad en los estudiantes al explicarles preguntas relacionadas con nuestro lugar en el universo y su funcionamiento, lo que fomenta el espíritu investigativo tanto en los estudiantes como en los maestros.

Considerando lo expuesto, desde una óptica educativa, resulta fundamental que los educadores posean una adecuada formación que les permita diseñar enfoques pedagógicos adecuados en la enseñanza de fenómenos astronómicos. Esta búsqueda de estrategias y actividades ligadas a la astronomía y su enseñanza constituye un desafío para los profesores y los investigadores inmersos en este campo. Según Camino et al. (2016) la astronomía no se encarga de replicar teorías sino de enseñar a reconocer el mundo y a construir explicaciones en torno a él, además, pone presente el desafío de la formación de profesores aborden fenómenos astronómicos en diferentes niveles educativos tal que es necesario un diálogo de saberes y, sobre todo, un accionar coordinado que apunte a optimizar el impacto del aprendizaje de la astronomía más allá de la adquisición de datos curiosos o informaciones interesantes.

1.1 Documentos legales relacionados con la enseñanza de fenómenos astronómicos

En Colombia desde el año 2003, el Ministerio de Educación Nacional (MEN) definió los Estándares Básicos de Competencias (EBC) por grados, los cuales fueron modificados en 2007 y se optó por organizarlos en pares de grados en los que se muestran las competencias que debe haber desarrollado un estudiante al culminar cada ciclo académico. En 2015 se crearon los Derechos Básicos de Aprendizaje (DBA), modificados en 2017, los cuales contemplan las evidencias de aprendizaje que deben ser alcanzadas por los estudiantes.

En la *Tabla 1* se presentan las competencias fundamentales de aprendizaje vinculadas a distintos pensamientos matemáticos en los grados décimo y undécimo, las cuales guardan estrecha relación con fenómenos astronómicos que pueden ser abordados mediante dichas competencias.

Tabla 1

EBC en matemáticas asociado a la enseñanza de astronomía.

Pensamiento en Matemáticas	Competencia	Relación con la astronomía
Numérico y sistemas numéricos	Establecer relaciones y diferencias entre notaciones de números reales para decidir sobre su uso en una situación dada.	Analizar y convertir diferentes unidades de medida utilizadas en astronomía, como las unidades astronómicas, los años luz, los parsecs, entre otras.
Espacial y sistemas Geométricos	Identificar de forma visual, gráfica y algebraica algunas propiedades de las curvas que se observan en los bordes obtenidos por cortes longitudinales, diagonales y transversales en un cilindro como un cono.	Estudio de las órbitas de los planetas alrededor del Sol, analizar dichas curvas y las propiedades que presentan, como la excentricidad, distancia focal, entre otras.
	Uso argumentos geométricos para resolver y formular problemas en contextos matemáticos y en otras ciencias.	Análisis de fenómenos periódicos como las estaciones, las fases de la Luna y las mareas.
	Describir y modelar fenómenos periódicos del mundo real usando relaciones y funciones trigonométricas.	Aplicación de funciones trigonométricas para entender cómo estos fenómenos se relacionan con los movimientos de los astros, como la posición de la Luna en relación con el Sol y la Tierra.
	Reconocer y describir curvas y/o lugares geométricos.	Describir y modelar cómo funcionan las estaciones climáticas en el planeta e identificar su relación con respecto a la inclinación del planeta en su propio eje con la forma en que recibe la luz del Sol.
Variacional y sistemas algebraicos y numéricos	Utilizo las técnicas de aproximación en procesos infinitos numéricos.	En astronomía, es común tener que trabajar con grandes cantidades de datos y hacer cálculos que involucran procesos infinitos. Los estudiantes podrían aprender a utilizar técnicas de aproximación para obtener resultados precisos de estos cálculos.
Aleatorio y sistemas de datos	Diseño experimentos aleatorios (de las ciencias físicas, naturales o sociales) para estudiar un problema o pregunta.	Diseñar encuestas sobre percepciones astronómicas relacionadas a la vida de las personas o analizar datos astronómicos.
	Propongo interferencias a partir del estudio de muestras probabilísticas	Estudiar la probabilidad de ocurrencia de eventos astronómicos raros, como la colisión de un cometa con un planeta o la detección de un planeta en una zona habitable.
	Propongo interferencias a partir del estudio de muestras probabilísticas	Analizar las características de un conjunto de estrellas de una galaxia y proponer inferencias sobre su origen y evolución.
Métrico y sistemas de medidas	Resuelvo y formulo problemas que involucren magnitudes cuyos valores medios se suelen definir indirectamente como razones entre valores de otras magnitudes, como la velocidad media, la aceleración y la densidad medias.	Las grandes distancias y magnitudes que se manejan en esta ciencia, lo que puede requerir aproximaciones y estimaciones.

En el contexto de las competencias básicas de aprendizaje en ciencias naturales en los mismos grados mencionados, también es posible trabajar algunas competencias concernientes a la astronomía, como se ilustra en la *Tabla 2*.

Tabla 2

EBC en física asociado a la enseñanza de astronomía.

Pensamiento en Física	Competencia	Relación con la astronomía
Físicos	Establezco relaciones entre la conservación del momento lineal y el impulso en sistemas de objetos.	Analizar cómo el momento lineal y el impulso se conservan en sistemas astronómicos, como en las órbitas de los planetas alrededor del Sol
	Relaciono masa, distancia y fuerza de atracción gravitacional entre objetos.	Estudiar la ley de gravitación universal de Newton y cómo esta relación se aplica en sistemas astronómicos, como en el movimiento de los planetas alrededor del Sol. También pueden analizar cómo la masa y la distancia afectan la fuerza de atracción gravitacional entre cuerpos celestes.
	Establezco relaciones entre el modelo del campo gravitacional y la ley de gravitación universal.	Analizar cómo se utiliza este modelo en la astronomía para entender el movimiento de los planetas y otros cuerpos celestes.
	Modelo matemáticamente el movimiento de objetos cotidianos a partir de las fuerzas que actúan sobre ellos.	Aplicar la física y las matemáticas para modelar el movimiento de los cuerpos celestes en el espacio, como el movimiento de los planetas en el Sistema Solar. Esto puede involucrar la utilización de ecuaciones de movimiento, la aplicación de la ley de gravitación universal y otras leyes físicas.

Como se aprecia en las Tablas 1 y 2, el currículo educativo colombiano incorpora en la educación básica secundaria el desarrollo de ciertas competencias que pueden favorecerse a través del enfoque astronómico. Sin embargo, la exploración de esta temática en los entornos educativos de nivel secundario en Colombia es limitada, lo que ha resultado en un conocimiento insuficiente por parte de los estudiantes sobre cuestiones astronómicas. En este contexto, se reconoce que algunos de los factores que deben considerarse en la enseñanza de la astronomía son la formación de licenciados en ciencias naturales y la insuficiente capacitación de los profesores en esta materia, como apuntan Valderrama et al. (2021).

Esta realidad subraya la necesidad de implementar estrategias metodológicas que permitan a estudiantes y profesores mejorar las prácticas educativas. Estas estrategias deben mediar el conocimiento astronómico a través de diversas herramientas, favoreciendo así una comprensión más profunda de la astronomía y una experiencia de aprendizaje enriquecedora.

1.2 Uso de TIC en la enseñanza de fenómenos astronómicos

Una alternativa para afrontar los desafíos en la enseñanza es la incorporación de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), las cuales ya son parte integral de nuestra sociedad actual, donde la información digital, los contenidos audiovisuales y diversas aplicaciones tecnológicas son accesibles en muchos lugares y son cada vez más relevantes en la vida cotidiana.

Por ello, las TIC se presentan como una alternativa que puede aportar en la resolución de algunas de estas problemáticas educativas presentes en la enseñanza de fenómenos astronómicos;

desde la perspectiva teórica de Villarreal y Borba (como se citó en Quintanilla y Vauras, 2021) se reconoce a los seres humanos como personas que piensan con y a través de herramientas, se asume que el aprendizaje es un proceso social y que en él se ponen en juego diferentes “medios” es decir, herramientas, instrumentos, dispositivos, artefactos u objetos tecnológicos (materiales o simbólicos).

En vista de esta realidad, es comprensible que los docentes encuentren en las TIC un recurso valioso para potenciar la enseñanza y el aprendizaje de conceptos astronómicos, que a menudo se ven relegados debido a su abstracción inherente. En este contexto, las TIC tienen el potencial de impulsar nuevas metodologías y estrategias educativas, propiciando así ambientes de aprendizaje flexibles y enriquecedores. En consonancia con esta perspectiva, Cabero y Martínez (2019) argumentan que las TIC ofrecen la oportunidad de crear entornos educativos más dinámicos y adecuados para el desarrollo integral de los estudiantes, además mencionan que:

Si la educación se ha visto transformada en los últimos años, una de las variables que han influido notablemente para ello ha sido la fuerte penetración que han tenido las TIC en las aulas analógicas y digitales. Gracias a éstas, se han impulsado determinadas metodologías y estrategias de enseñanza ampliando los escenarios de formación. (p. 248)

En este sentido, al considerar las TIC como una herramienta con el potencial de enriquecer la enseñanza de las ciencias en el marco del currículo educativo colombiano, se hace necesario examinar las directrices presentadas por el Ministerio de Educación Nacional de Colombia (MEN) en relación con la integración de las TIC en los procesos formativos de los estudiantes. Además, resulta esencial explorar las posibles implicaciones que estas herramientas puedan tener en el entorno educativo.

En este sentido, el MEN (2013) resalta la importancia de la formación docente en el uso de las TIC con el fin de transformar las prácticas educativas, en las que se hace énfasis en la necesidad de contar con más y mejores contenidos educativos virtuales, fortalecer procesos de formación docente en el uso de las nuevas tecnologías y llevar a cabo una adaptación curricular con inclusión de nuevas tecnologías:

El desarrollo profesional para la innovación educativa tiene como fin preparar a los docentes para aportar a la calidad educativa mediante la transformación de las prácticas educativas con el apoyo de las TIC, adoptar estrategias para orientar a los estudiantes hacia el uso de las TIC para generar cambios positivos sobre su entorno, y promover la

transformación de las instituciones educativas en organizaciones de aprendizaje a partir del fortalecimiento de las diferentes gestiones institucionales: académica, directiva, administrativa y comunitaria. (p. 8)

Desde esta perspectiva, la integración de las TIC en las aulas para la enseñanza de la ciencia es fundamental.

Al revisar la documentación relacionada con las herramientas utilizadas para enseñar astronomía, se observa que estos procesos utilizan con mayor frecuencia a las Tecnologías Digitales de la Información y las Comunicaciones (TDIC), un concepto más acotado que se utilizará en esta investigación y en el que se profundizará en apartados posteriores.

1.3 Enfoque educativo inclusivo

En el contexto de la enseñanza en Colombia, es crucial considerar el factor de la inclusión educativa. Desde la Asamblea General de la Organización de los Estados Americanos (OEA) en 2013, se ha impulsado fuertemente la implementación de prácticas inclusivas en el ámbito educativo y social en el país. Esto se refleja en la Ley 1618 de 2013 (Ministerio de salud, 2013), que establece los lineamientos para abordar la discapacidad dentro del marco del modelo social actual. Estos conceptos, que antes habían sido poco o nada abordados, adquieren un papel fundamental en los procesos de enseñanza actuales.

Con la finalidad de mejorar los procesos de inclusión, específicamente en el sector educativo, se han desarrollado diferentes técnicas o métodos para implementar dentro del currículo, uno de estos es el diseño universal para el aprendizaje (DUA), que según Meyer et al. (como se citó en Gutiérrez-Saldivia et al., 2020), se puede entender como “un enfoque metodológico conformado por un conjunto de principios, pautas y puntos de verificación, que permiten diseñar un currículum accesible para maximizar las oportunidades de aprendizaje de todos los estudiantes” (p. 130).

1.4 Contexto educativo

La propuesta investigativa ha sido llevada a cabo en dos instituciones educativas públicas de la ciudad de Medellín, donde se han podido identificar similitudes en cuanto a los métodos y

estrategias de enseñanza llevadas a cabo por los profesores en el aula de clase, algunas particularidades de los colegios en relación con el acceso a las herramientas tecnológicas disponibles se describen a continuación.

La Institución Educativa Alfredo Cock Arango cuenta con cinco aulas de sistemas, de las cuales una de ellas se encuentra en un estado deficiente y su uso es prácticamente nulo. Para acceder a estas salas, los docentes deben realizar una reserva previa para evitar conflictos con los horarios correspondientes a otras materias como tecnología, lo que limita el acceso de los estudiantes a estas aulas para las clases de ciencias. Además, las aulas de clase están equipadas con un televisor y un computador portátil para uso del profesor, pero se observa que estos recursos no se utilizan más allá de la presentación esporádica de algún documento o diapositiva. En relación con la enseñanza de la astronomía, se ha constatado a través del maestro de física que en los grados décimos no se ha abordado de manera específica aspectos como características, conceptos o fenómenos astronómicos, sino que se consideraban como temas complementarios sujetos a los tiempos y dinámicas del grupo.

En el INEM José Félix de Restrepo, si bien se dispone de recursos tecnológicos como un televisor y un computador en el aula, su empleo se circunscribe mayormente a propósitos instrumentales. Esto implica que se utilizan principalmente para actividades prácticas vinculadas a la enseñanza, como la exposición de contenidos o la gestión de aspectos administrativos, tales como el registro de asistencia, la administración de calificaciones o la organización de horarios. Asimismo, se observa que varios estudiantes poseen competencias significativas en el manejo de estas herramientas digitales y ocasionalmente prestan ayuda a los docentes o a sus compañeros en caso de enfrentar dificultades. Esta destreza constituye una ventaja para llevar a cabo actividades que requieren el uso de herramientas digitales. Sin embargo, el uso de estas tecnologías para la enseñanza de fenómenos astronómicos en la institución es limitado. En consecuencia, se evidencia un enfoque restringido en cuanto a la incorporación de temáticas relacionadas con este ámbito del conocimiento.

Considerando el déficit en la enseñanza de fenómenos astronómicos en las instituciones educativas y las potencialidades de las herramientas digitales para abordar temas relacionados con esta temática, se ha optado por implementar el enfoque metodológico del Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA). Este enfoque se utiliza como base para desarrollar una propuesta que tenga

como objetivo promover la enseñanza de fenómenos astronómicos desde un enfoque inclusivo en dichas instituciones.

1.5 Pregunta de investigación

¿De qué manera contribuyen las TDIC en la enseñanza de fenómenos astronómicos desde un enfoque inclusivo en las instituciones Educativas Alfredo Cock Arango e INEM José Félix de Restrepo?

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo general

Analizar la contribución de las TDIC en la enseñanza de fenómenos astronómicos desde un enfoque inclusivo con estudiantes de grado décimo de las instituciones Educativas Alfredo Cock Arango e INEM José Félix de Restrepo.

1.6.2 Objetivos específicos

- Establecer un diagnóstico a partir de la literatura científica sobre los aportes de las herramientas digitales en la enseñanza de la astronomía.
- Identificar el papel de algunas herramientas digitales en la enseñanza de fenómenos astronómicos.
- Describir el aporte del DUA en el diseño de estrategias para la enseñanza de fenómenos astronómicos mediadas por las TDIC.

2. Revisión de literatura

2.1 Asuntos Metodológicos de la Revisión de Literatura.

Con el propósito de llevar a cabo una evaluación integral del estado actual de la enseñanza de la astronomía utilizando Tecnologías Digitales de la Información y las Comunicaciones (TDIC), así como un análisis detallado de la enseñanza de fenómenos astronómicos en la educación secundaria colombiana y los procesos inclusivos asociados, se realizó una revisión de la literatura basada en el modelo propuesto por Hoyos (2000) para lograr una investigación minuciosa del objeto de estudio.

La revisión de literatura se basó en tres núcleos temáticos claramente definidos, que proporcionaron una guía sólida y estructurada para analizar las diversas dimensiones involucradas en la enseñanza de la astronomía: *la enseñanza de la astronomía en la educación secundaria en Colombia; el uso de tecnologías digitales de la información y las comunicaciones y el Diseño Universal para el Aprendizaje en la enseñanza de la astronomía*. Estos tres núcleos temáticos permitieron un enfoque integral en la revisión de la literatura, abarcando aspectos específicos de la enseñanza de la astronomía con tecnologías digitales, su implementación en la educación secundaria en Colombia y la inclusión de enfoques educativos que favorecen la accesibilidad y la participación de todos los estudiantes.

En el proceso de búsqueda de literatura, se realizó adaptación a dos de los tres núcleos temáticos originales para responder de manera más completa a las necesidades de la investigación. Por un lado, en el caso del DUA como enfoque metodológico, se amplió su alcance al campo de la educación inclusiva en la enseñanza de la astronomía; dado que la información específica sobre el DUA en la enseñanza de la astronomía es limitada, esta expansión permitió considerar otros enfoques y estrategias que promueven la inclusión en el ámbito astronómico; por otro lado, en el caso del uso de TDIC en la enseñanza de la astronomía, se amplió al uso de TIC en la enseñanza de la astronomía, dado que este representa un término más utilizado dentro de la escritura académica. En consecuencia, estos ajustes brindaron un marco más completo para analizar la información disponible y abordar de manera efectiva los desafíos y oportunidades que ofrece la enseñanza de la astronomía desde la educación inclusiva y las TIC. A continuación, se mencionan los tres núcleos temáticos y una descripción general de lo que se realiza en cada uno de ellos:

2.1.1 Enseñanza de astronomía en la educación secundaria en Colombia

Se explora de manera general el estado actual de la enseñanza de la astronomía en Colombia, incluyendo las problemáticas presentes en el contexto de la educación secundaria en Colombia, los enfoques pedagógicos empleados y algunos recursos didácticos utilizados.

2.1.2 Uso de TIC en la enseñanza de la astronomía

Se examinan diversas TIC utilizadas en la enseñanza de la astronomía, con las que se pretende identificar cuáles son las principales herramientas utilizadas y las ventajas y desventajas que pueden derivarse de la utilización de dichas herramientas.

2.1.3 Diseño universal para el aprendizaje o educación inclusiva en la enseñanza de la astronomía

Se investigan estrategias pedagógicas que se ajustan a los principios del DUA, poniendo un enfoque particular en la adaptación de contenidos, la diversidad de modalidades de presentación y las oportunidades de participación equitativa. Específicamente, se explora cómo estas estrategias pueden ser implementadas en el contexto de la enseñanza de la astronomía.

2.2 Método de búsqueda de información

Para asegurar la vigencia de los hallazgos y avances significativos en el ámbito de la enseñanza de la astronomía mediante las TIC, se acotó el período de investigación a la última década (2013-2023) debido al interés creciente en los últimos años en cuanto al uso de herramientas digitales en el ámbito educativo.

Para la búsqueda, se emplearon diversas bases de datos, tales como: Google Académico, Redalyc, Scopus, Scielo y Dialnet; estas han sido elegidas por su amplio reconocimiento en la comunidad académica y su capacidad para facilitar el acceso a una diversidad de publicaciones científicas. Asimismo, al considerar trabajos redactados en diversos idiomas, incluyendo español,

inglés y portugués, se busca enriquecer la perspectiva y obtener un enfoque global en la enseñanza de la astronomía a través de las TIC.

Dado que cada base de datos emplea su propio estilo para búsquedas avanzadas, se recurrió al uso de palabras clave específicas para desarrollar las ecuaciones de búsqueda pertinentes a cada uno de los núcleos temáticos, como se ilustra en la *Tabla 3*. Estas palabras clave se diseñaron de forma precisa para obtener resultados pertinentes y específicos relacionados con cada aspecto investigado, además se tuvo en cuenta la sintaxis de búsqueda de cada base de datos para la búsqueda de documentación en cada una de ellas.

Tabla 3

Palabras clave y ecuaciones de búsqueda por núcleo temático.

Núcleo temático	Palabras clave	Ecuaciones de búsqueda
Enseñanza de astronomía en secundaria en Colombia.	Astronomía, Astronomy, Enseñanza, Teaching, Education, Colombia, Secundaria.	(“Enseñanza” OR “Teaching”) AND (“Astronomía” OR “Astronomy”) AND (“Colombia”).
Uso de TIC en la enseñanza de astronomía.	Astronomía, Astronomy, Enseñanza, Teaching, TIC, Recursos educativos digitales.	(“Astronomía” OR “Astronomy”) AND (“Enseñanza” OR “Teaching”) AND (“TIC” OR “Digitales”).
El DUA en clase de astronomía.	DUA, Diseño Universal Para el Aprendizaje, Inclusión, Inclusive, Astronomía, Astronomy, Educación, Education, Educación inclusiva.	(“Educación” OR “Education”) AND (“DUA” OR “Inclusive”) AND (“Astronomía” OR “Astronomy”).

2.2 Hallazgos de la Revisión de Literatura

Considerando las limitaciones previamente señaladas, se seleccionó un total de 25 referentes bibliográficos altamente pertinentes para esta investigación. Estos recursos seleccionados establecen una base de información que brinda respaldo y enriquece el desarrollo de este estudio.

En el proceso de construcción de la revisión de literatura, se examinó un conjunto de 23 revistas y repositorios provenientes de diversas regiones, incluyendo América y Europa. Los detalles de esta recopilación se presentan en la *Tabla 4*, en la que se proporciona información acerca del nombre de cada revista y repositorio, la cantidad de documentos hallados en cada una y su respectivo país de origen.

Tabla 4*Revistas y número artículos seleccionados.*

Nombre de la revista	Número de artículos	País de la revista
Alteridad. Revista de Educación.	1	Ecuador
Astronomy & Geophysics	1	Reino Unido
Educación Matemática	1	México
Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas	1	España
Human Review	1	España
Investigaciones em Ensino de Ciências	1	Brasil
Latin-American Journal of Physics Education	1	México
Revista Educação Especial	1	Brasil
Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias	1	España
Revista Internacional de Pedagogía e Innovación Educativa	1	Colombia
Revista Interamericana de Investigación, Educación y Pedagogía	1	Colombia
Revista científica	2	Colombia
Revista Tecné	1	Colombia
REEC: Revista electrónica de enseñanza de las ciencias	1	España
Research, Society and Development	2	Brasil
Repositorio Institucional Universidad Católica de Valencia San Vicente Mártir	1	España
Repositorio Institucional Universidad de Antioquia	1	Colombia
Repositorio Institucional Universidad Distrital Francisco José de Caldas	2	Colombia
Repositorio Institucional Universidad Nacional Abierta y a Distancia	1	Colombia
Repositorio Institucional Universidad Nacional de Colombia	1	Colombia
Repositorio Institucional Universidad Pedagógica Nacional	1	Colombia
Tecné, episteme y didaxis	1	Colombia

A continuación, en la *Tabla 5* se mencionan los artículos encontrados como pertinentes para cada una de las categorías y subcategorías correspondientes de la revisión de la literatura.

Tabla 5*Documentación encontrada por núcleo temático*

Categorías	Aportes	Autores
Núcleo temático 1: Enseñanza de astronomía en secundaria en Colombia.	Estado de la enseñanza de la astronomía en secundaria en Colombia.	Tapia et al. (2018); Cruz (2019); Baquero (2019); Valderrama et al. (2021); Valderrama (2022).
	Herramientas y métodos de enseñanza que se utilizan para llevar a cabo la enseñanza de la astronomía en secundaria en Colombia.	Villanueva y Lozano (2018); Bautista y Sánchez (2019); Pedreros (2019); Valderrama (2022).
Núcleo temático 2: Uso de TIC en la enseñanza de astronomía	TIC utilizados para llevar a cabo procesos de enseñanza.	Varela et al. (2013); Sarmiento y Angulo (2015); Barrantes (2017); Silva et al. (2018); Pérez-Lisboa et al. (2020); Lugo et al. (2022); Peris (2022); Pérez-Rodríguez et al. (2023).
	Hallazgos de la utilización de TIC en la enseñanza de astronomía.	Varela et al. (2013); Calderón et al. (2015); Gutiérrez (2018); dos Santos et al. (2019); Simões y Voelzke (2020); Peris (2022).
Núcleo temático 3: Educación inclusiva en la enseñanza de la astronomía.	Enfoques pedagógicos variados con el fin de involucrar a estudiantes con diferentes capacidades y estilos de aprendizaje.	de Araújo et al. (2015); Bonne et al. (2018); Rodríguez (2020); Beckers et al. (2014)

Tras la categorización de los referentes centrales en cada uno de los núcleos temáticos, se procede a examinar los aportes fundamentales de los trabajos seleccionados en cada uno de ellos.

2.3. Enseñanza de la Astronomía en Secundaria en Colombia

El conjunto de investigaciones relacionadas con la enseñanza de la astronomía en la educación secundaria colombiana engloba un total de ocho referentes bibliográficos. A partir de estos, emergen dos aportes de vital relevancia. En primer lugar, se identifica una contribución que se enfoca en analizar el estado actual de la enseñanza de la astronomía en secundaria en Colombia, abordando cuestiones como los desafíos existentes y las dificultades por superar. Por otro lado, el segundo aporte se centra en discernir los métodos y enfoques más prevalentes para la enseñanza de la astronomía en este contexto, destacando iniciativas desde una perspectiva académica.

El primer aporte aborda diversas problemáticas inherentes a la enseñanza de la astronomía en la educación secundaria en Colombia. Por ejemplo, el estudio realizado por Valderrama (2022) revela la limitada comprensión por parte de los docentes en este campo, lo que sugiere la necesidad de revisión en los enfoques educativos adoptados tanto a nivel conceptual en la formación de profesores en este ámbito, como en el uso de herramientas que permitan el acercamiento a estas cuestiones. Asimismo, los desafíos asociados a la enseñanza de la astronomía no se limitan únicamente al ámbito formativo docente, sino que investigaciones como las realizadas por Cruz

(2019) y Tapia et al. (2018) identifican dificultades en el aprendizaje de la astronomía de posición y mecánica celeste, lo cual debe ser tomado como una posibilidad para la construcción de talleres y actividades enfocadas en cubrir dichas necesidades de aprendizaje en relación con los conceptos astronómicos.

Desde un panorama más amplio que abarca los enfoques curriculares para la enseñanza de la astronomía, Valderrama et al. (2021) enuncian que es importante reconocer que los estudiantes tienen experiencias, ideas y teorías ligadas desde temprana edad, por lo que se propone que las experiencias didácticas partan de estos fenómenos en el adentramiento del estudio astronómico. En congruencia con esta perspectiva, Baquero (2019) pone de manifiesto que, en la enseñanza de la astronomía en la educación secundaria en Colombia, se evidencia la falta de un plan de estudios que posibilite la creación e implementación de actividades para los alumnos, además de la escasez de recursos, herramientas y materiales adecuados para llevar a cabo prácticas y talleres de formación.

En el segundo aporte, emergen diversas perspectivas y propuestas de enseñanza específicas para la educación secundaria en Colombia. En este contexto, se destaca la metodología y la experiencia interdisciplinaria presentada por Villanueva y Lozano (2018), quienes concibieron una "secuencia de actividades que buscó, en primer lugar, llevar a las aulas de clase la esencia de la charla 'El Cielo de los Buendía' y, en segundo lugar, evidenciar el potencial pedagógico desde el marco del aprendizaje significativo" (pp. 176-177). Para viabilizar procesos efectivos de aprendizaje en astronomía, Pedreros (2019) y Bautista y Sánchez (2019) subrayan y ejecutan una serie de actividades que involucran procesos de modelación, investigación y observación.

Siguiendo esta línea, Valderrama (2022) realiza una generalización sobre la enseñanza de la astronomía en Colombia, señalando que, en su mayoría, esta "se estaba pensando con el diseño de secuencias didácticas desarrolladas en el marco de programas de posgrado" (p. 89).

En relación con estos dos aportes, se puede vislumbrar un panorama que identifica problemáticas y desafíos potenciales vinculados con la enseñanza de la astronomía en Colombia, lo cual permite identificar posibles complicaciones y, en última instancia, cultivar espacios de aprendizaje efectivos, con el fin de superar las complicaciones que la experiencia ha revelado. En este sentido, el análisis de estas perspectivas y propuestas de enseñanza proporciona un fundamento valioso para diseñar enfoques pedagógicos más sólidos y efectivos en el ámbito de la astronomía.

2.3.1 Uso de TIC en la Enseñanza de la Astronomía

El grupo de investigaciones relacionadas con el uso de TIC en la enseñanza de la astronomía abarca un total de doce referentes bibliográficos que permiten evidenciar dos aportes principales; en primer lugar, se encuentra un aporte que da cuenta de las diferentes TIC que se han utilizado para la enseñanza de la astronomía, en segundo, se da cuenta de los hallazgos a los que se pueden llegar mediante el uso de estas herramientas.

En el primer aporte se evidencia cómo las TIC predominantes en la enseñanza de astronomía, son los simuladores digitales, los cuales permiten desarrollar procesos de observación desde cualquier punto elegido (Varela et al., 2013; Pérez-Rodríguez et al., 2023), seguido por las simulaciones tridimensionales para comprender procesos de observación astronómica a partir de los puntos cardinales (Lugo et al., 2022); la realidad aumentada (Sarmiento y Ángulo, 2015), simuladores como *Stellarium* para conocer la semántica, estructura y demás peculiaridades del sistema solar (Pérez-Lisboa et al., 2020; Silva et al., 2018), ambientes de aprendizaje b-learning (Barrantes, 2017) y pizarras digitales (Peris, 2022). Así pues, aunque estos documentos presentan diferentes herramientas para la enseñanza de la astronomía en diferentes poblaciones, se identifica un mayor uso de simulaciones digitales, y concuerdan en que su uso propicia los procesos educativos en el aula de clase en el ámbito astronómico.

En el segundo aporte, centrado en los resultados obtenidos a través de la integración de las TIC en la enseñanza de la astronomía, se destaca que la inclusión de recursos tecnológicos no solo supone una mejora metodológica, sino también un desafío para transformar las prácticas pedagógicas y estimular la creatividad entre los educadores (Pérez-Lisboa et al., 2020, p. 32). En este contexto, Simões y Voelzke (2020) sostiene que las aplicaciones utilizadas constituyen recursos didácticos muy eficaces y viables para facilitar la enseñanza de la astronomía. Los hallazgos enuncian otra ventaja que puede ofrecer la utilización de TIC en este ámbito educativo; además del papel principal que ejercen los estudiantes mediante el uso de herramientas, como la realidad aumentada y los simuladores, Gutiérrez (2018) concluye que los estudiantes se sienten más motivados al de trabajar con diferentes TIC en los espacios de aula. Asimismo, Peris (2022) ofrece una visión más amplia de las ventajas que pueden ofrecer las TIC y describe las posibilidades que estas herramientas le pueden ofrecer al maestro en su práctica docente.

Los recursos TIC permiten la adquisición y la búsqueda de conocimientos, la comunicación y colaboración tanto para el docente como para el discente. Gracias a los recursos TIC, los docentes pueden utilizar herramientas para crear contenidos educativos más dinámicos y creativos, especialmente para involucrar a los estudiantes. (p. 81)

Aunque el uso de TIC en la enseñanza de la astronomía presenta resultados favorables y se considera que pueden ayudar en los procesos de enseñanza aprendizaje (dos Santos et al., 2019), no se debe dejar de lado algunas reflexiones asociadas a su uso, como una correcta formación o capacitación de los docentes en esta área (Calderón et al., 2015), además de que la utilización de TIC no es sinónimo de aprendizaje, sino que este último depende del uso que se les dé a estas herramientas (Varela et al., 2013).

Como resultado de la documentación encontrada en el presente núcleo temático, se logra evidenciar que las TIC que se vienen empleando mayoritariamente en el desarrollo de procesos de enseñanza de la astronomía, se inscriben dentro de las Tecnologías Digitales de la Información y la comunicación (TDIC). En este sentido y de forma general, se han hallado resultados positivos respecto a su uso, afirmando la idea de que estas herramientas pueden contribuir en la enseñanza de la astronomía con una pertinente planeación pedagógico-didáctica.

2.3.2 Educación Inclusiva en la Enseñanza de la Astronomía

Durante la revisión de literatura del tercer núcleo temático, se seleccionaron cinco textos que exploran el tema; estos destacan la importancia de emplear enfoques pedagógicos variados con el fin de involucrar a estudiantes con diferentes capacidades y estilos de aprendizaje, en aras de promover la educación inclusiva en el ámbito de la enseñanza de la astronomía.

Desde esta perspectiva, se proponen diversas estrategias y recursos didácticos adaptados que buscan hacer que los conceptos astronómicos sean accesibles y significativos para todos los estudiantes. En línea con esta idea, Rodríguez (2020) y Bonne et al. (2018) sugieren que la utilización de recursos didácticos de naturaleza sensorial, relieve elevado y representación tridimensional, posibilita la exploración de temas científicos, permitiendo a las personas con discapacidad visual acercarse a conceptos dentro del ámbito de la astronomía, del mismo modo, consideran que trabajar temas de astronomía con personas ciegas, permite pensar el tránsito del discurso meramente oral, hacia un discurso apoyado en recursos gráficos táctiles y de modelos en

3D, lo que permite a los estudiantes explorar la conexión directa entre lo que se dice de forma oral y lo que perciben a través de sus sentidos táctiles. De manera similar, de Araújo et al. (2015) emplearon recursos didácticos táctiles con el propósito de mejorar la comprensión de fenómenos astronómicos, una estrategia relevante tanto para individuos con discapacidad visual como para aquellos sin ella. En este enfoque, los materiales didácticos diseñados tenían como objetivo proporcionar a todos los estudiantes, independientemente de su condición visual, la capacidad de comprender los fenómenos astronómicos y reconocer las estrellas más prominentes. Este enfoque resalta la limitación de una enseñanza que se basa principalmente en la comunicación oral, ya que se reconoce que el mero uso de palabras no permite una comprensión completa de las características de algunos fenómenos astronómicos.

Finalmente, Beckers et al. (2014) señalan que los estudios que abordan el análisis de currículos en relación con la inclusión de personas con discapacidad visual, así como aquellos que exploran contenidos de astronomía en este contexto, son escasos, incluso en la actualidad. A modo general, la literatura encontrada revela la importancia de emplear enfoques pedagógicos variados que permitan involucrar a estudiantes con diferentes capacidades y estilos de aprendizaje. Los estudios revisados, resaltan la necesidad de garantizar la accesibilidad y participación de todos los estudiantes, proponiendo estrategias y recursos didácticos adaptados que hagan que los conceptos astronómicos sean accesibles y significativos.

2.4 Aportes de la Revisión de Literatura

Los hallazgos encontrados por cada núcleo temático ponen de relieve el estado de los elementos mencionados en el primer capítulo. En este sentido, en primer lugar, se evidencia que la educación básica secundaria en Colombia presenta problemáticas y desafíos potenciales en cuanto a la enseñanza de la astronomía, en la que la principal apuesta para implementar procesos de enseñanza de astronomía se enfoca en la creación de unidades didácticas, siendo esta apuesta fundamental de este estudio, constituyéndose en el objetivo principal a construir dentro del marco metodológico. En segundo lugar, dentro de las tecnologías más utilizadas para la enseñanza de la astronomía se encuentran las TDIC, las cuales serán la principal herramienta tecnológica para llevar a cabo este estudio. Finalmente, es importante destacar que la literatura revisada, revela un preocupante nivel de desinterés en la implementación de procesos inclusivos en la enseñanza de la

astronomía, especialmente en el contexto colombiano. A menudo, se observa una falta de atención hacia las necesidades específicas de diversos grupos de estudiantes, como aquellos con discapacidades o aquellos provenientes de entornos socioeconómicos desfavorecidos en el estudio de fenómenos astronómicos. Esta falta de enfoque inclusivo puede resultar en una exclusión inadvertida de ciertos estudiantes y limitar su acceso a una educación equitativa y de calidad en el campo de la astronomía.

Por otro lado, la revisión de literatura aportó ideas de valor a tener en cuenta al momento de crear y desarrollar la implementación en las instituciones educativas, tales como la apropiación adecuada de las tecnologías a utilizar con el fin de no entorpecer o limitar el proceso de aprendizaje de los estudiantes y el hecho de que la inclusión de las herramientas tecnológicas en el aula no necesariamente implica un aprendizaje significativo por parte del estudiante, sino que este depende del uso que se le dé a dichas herramientas.

Esta revisión de literatura refuerza la noción de que el uso de las Tecnologías Digitales de la Información y la Comunicación (TDIC) puede facilitar la comprensión de conceptos astronómicos fundamentales como el movimiento, las magnitudes y las características de los astros. Esto se logra al proporcionar a los estudiantes herramientas que les permiten visualizar y dinamizar los procesos astronómicos, mejorando así su comprensión y aprendizaje.

Un aporte por resaltar en la presente investigación después de realizar la revisión de literatura es que se pudo identificar la poca o nula investigación en cuanto a la utilización del DUA como enfoque metodológico para la enseñanza de fenómenos astronómicos en secundaria en la educación colombiana, configurándose como una investigación innovadora dentro de este contexto.

3. Marco Teórico

En este apartado, se establece la relación entre los tres elementos fundamentales que sirven como pilares en la construcción de la base conceptual y que están asociados a núcleos temáticos ya definidos previamente. Es necesario subrayar que el establecimiento de este apartado constituye el marco teórico en el que se basa la posterior interpretación y análisis de la información.

3.1 Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico

La Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico conceptualizada por Moreira (2010), resalta la importancia de establecer una conexión entre el conocimiento previo de los estudiantes y el nuevo conocimiento. Moreira la establece como "aquella perspectiva que permite al individuo formar parte de su cultura y, simultáneamente, trascenderla" (p. 7).

La TASC parte de las proposiciones de la enseñanza como una actividad subversiva de Postman y Weingartner (1969) concatenadas con la teoría cognitiva del Aprendizaje Significativo de Ausubel (1963). Ambos autores, en vista a los cambios emergentes en la sociedad y con el objetivo de proponer una visión educativa más significativa y menos dogmática, plantean la necesidad de formar un individuo con una personalidad inquisitiva, flexible, creativa, innovadora, tolerante y liberal. Este individuo debería ser capaz de enfrentar la incertidumbre y la ambigüedad sin perderse, construyendo significados nuevos y viables para afrontar los desafíos que plantean los cambios ambientales amenazantes (Moreira, 2010, p. 3).

Así pues, el supuesto fundamental de la teoría implica que el estudiante aprenda a aprender, haciendo una crítica sobre algunas prácticas de enseñanza centradas en el discurso y el aprendizaje mecánico para promover en su lugar enfoques que desarrollen el pensamiento crítico, una faceta que Moreira (2010) considera esencial para el aprendizaje significativo.

Al igual que los principios programáticos del Aprendizaje significativo de Ausubel, Moreira propone once principios facilitadores de la TASC para llevar a cabo en el aula de clase, estos son resumidos en:

1. Principio del conocimiento previo.
2. Principio de la interacción social y del cuestionamiento.
3. Principio de la no centralización en el libro de texto.

4. Principio del aprendiz como perceptor/representador.
5. Principio del conocimiento como lenguaje.
6. Principio de la conciencia semántica.
7. Principio del aprendizaje por el error.
8. Principio del desaprendizaje.
9. Principio de incertidumbre del conocimiento.
10. Principio de la no utilización de la pizarra, de la participación activa del alumno, de la diversidad de estrategias de enseñanza.
11. Principio del abandono de la narrativa.

En particular, López (2014) propone una clasificación de nueve de los principios según sus propósitos en tres categorías; “principios conceptuales y/o disciplinares, principios epistemológicos y principios pedagógico-didácticos” (López, 2014 p. 2-3). En la primera categoría tienen lugar los principios 2, 4 y 5; en la segunda, los principios 6, 7, 8 y 9; y, por último, en la tercera categoría los principios 3 y 10.

Con el fin de abordar aspectos de las tres categorías en esta investigación, se han adoptado algunos principios debido a su pertinencia y capacidad de proporcionar información en relación con las precedentes categorías de análisis. Estos principios se constituyen en la base pedagógica para el desarrollo de la implementación didáctica de este estudio.

3.1.1 Principios conceptuales y/o disciplinares

Esta categoría, contiene los principios que se centran en atender cuestiones de naturaleza conceptual o disciplinar. López (2014) se refiere a estos principios como “los principios que de alguna manera buscan favorecer y poner en juego el dominio sobre un determinado campo de conocimiento” (p. 3). En el contexto de esta categoría, se adopta el principio del aprendiz como perceptor/representador.

Principio del aprendiz como perceptor/representador

Se entiende este principio como la cualidad de las prácticas educativas en las que no se le entrega el conocimiento al estudiante como algo terminado o certero, sino que, por el contrario, le

permite al estudiante adoptar sus propias percepciones y representaciones internas, basadas en lo que percibe a través de los sentidos y las cosas que se le presentan.

En el transcurso de lograr dichos procesos de percepción y representación, se ven involucrados los conocimientos previos por los que están permeados los estudiantes, así como la forma en la que se le presenten los nuevos conocimientos; es por esto que, para esta investigación, dichos factores representan un punto fundamental para de planificar e implementar la propuesta didáctica.

3.1.2 Principios epistemológicos

Esta categoría “considera los principios facilitadores del aprendizaje significativo crítico que propenden por una visión del conocimiento científico como invención o construcción humana incierta y provisional, y en permanente evolución” (López, 2014, p.3). En el contexto de esta categoría, se adopta el principio del desaprendizaje.

Principio del desaprendizaje

Se concibe este principio como el proceso interno mediante el cual el estudiante adquiere nuevo conocimiento a través de la interacción con sus conocimientos previos. Durante esta interacción, el estudiante revisa y refina su entendimiento, descartando o ajustando aquellas ideas que considera irrelevantes. Este proceso adquiere relevancia al reconocer los cambios progresivos en diversas áreas del conocimiento, lo que incentiva al estudiante avanzar en su conocimiento constantemente.

3.1.3 Principios pedagógico-didácticos

Desde un enfoque metodológico, son los principios que conflictúan los instrumentos tradicionales usados por el maestro en el desarrollo de su práctica educativa. López (2014) los categoriza como aquellos que “buscan combatir la idea de que el libro de texto y la pizarra son los grandes poseedores de conocimiento, vistos por algunos como elementos portadores de respuestas

ciertas, de verdades absolutas” (p. 4). En el contexto de esta categoría, se adopta el principio de la no centralización en el libro de texto y la no utilización de la pizarra.

Principio de la no centralización en el libro de texto

Se entiende este principio como la apuesta a moderar el uso tradicional de los libros de textos, e incluir en el desarrollo de las prácticas educativas docentes, diferentes herramientas portadoras de conocimiento, en específico, herramientas digitales que cobran sentido al concebir las TDIC como medio para desarrollar procesos de enseñanza.

Principio de la no utilización de la pizarra, de la participación activa del alumno, de la diversidad de estrategias de enseñanza.

De forma análoga, este principio problematiza y modera el uso de la pizarra como medio en el que el maestro plasma el conocimiento y los estudiantes solo aceptan y memorizan, sino que fomenta el desarrollo de otras estrategias instruccionales que le permitan al estudiante acceder de manera más activa y consciente al conocimiento.

3.2 Diseño Universal para el Aprendizaje

El Diseño Universal (DU) es un enfoque que surgió en la década de 1970, originalmente en arquitectura. Se centra en diseñar productos y entornos de manera que sean accesibles desde el principio, considerando las posibles necesidades de todos los usuarios, incluyendo aquellos con discapacidades. El objetivo es que todos puedan usarlos sin necesidad de adaptaciones adicionales (Pastor et al., 2015). En este mismo sentido, el Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA), desarrollado en el contexto de la educación inclusiva, se toma como un enfoque metodológico que promueve un aprendizaje significativo y crítico que aboga por el diseño de experiencias educativas universalmente accesibles y efectivas para todos los estudiantes, independientemente de sus características individuales o diferencias.

El DUA es un enfoque teórico-práctico propuesto por el Center for Applied Special Technology (CAST) en 1984 con el propósito de respaldar y mejorar el aprendizaje de todos los

estudiantes, proporcionándoles acceso al currículo convencional y a los contenidos a través de tecnologías y materiales didácticos diseñados con funciones específicas (Rose y Meyer, citado en Pastor et al., 2015, p. 92).

Los avances en neurociencia cognitiva han revelado cómo se produce el aprendizaje en el cerebro, resaltando dos cuestiones importantes: en primer lugar, el aprendizaje es modular, distribuido, ocurre simultáneamente y no sigue una estructura jerárquica (Rose y Meyer, citado en Pastor et al., 2015, p. 92); en segundo lugar, a pesar de que existe un patrón general de activación de módulos cerebrales y distribución de procesamiento durante las distintas etapas del aprendizaje, hay una variabilidad individual que hace que cada cerebro sea único y, por lo tanto, el proceso de aprendizaje sea diferente en cada persona, manifestando diversas habilidades específicas.

En este contexto, la investigación neurocientífica llevó al CAST a formular tres principios que fundamentan el marco del DUA (CAST, citado en Pastor et al., 2014). Cada principio contiene unas pautas y puntos de verificación (CAST, citado en Pastor, 2019), que sirven como categorías para organizar las estrategias didácticas relacionadas con la activación de diversos procesos de aprendizaje. A continuación, se mencionan los principios con las pautas utilizadas en la investigación.

3.2.1 Proporcionar múltiples formas de representación de la información y los contenidos

Los estudiantes tienen una amplia gama de formas para percibir y comprender la información presentada. Algunos pueden necesitar enfoques diferentes debido a dificultades de aprendizaje, variaciones lingüísticas o culturales, discapacidades sensoriales, entre otros factores. Además, la manera en que los estudiantes asimilan la información varía, por lo que se utiliza medios visuales o auditivos en lugar de texto impreso.

Proporcionar opciones para la percepción

Es esencial eliminar las barreras y garantizar que todos los estudiantes puedan acceder a la información de manera efectiva. Esto se logra presentando la información en diversos formatos, como textos impresos, cómics, braille, lectura en voz alta, contenido audiovisual y pictogramas,

para adaptarse a las necesidades individuales, incluyendo dificultades de lectura, discapacidad visual y problemas de comprensión.

Proporcionar opciones para la comprensión

La educación busca no solo hacer que la información sea accesible, sino también enseñar a los estudiantes cómo convertirla en conocimiento utilizable, un proceso que varía entre individuos. Para lograrlo, se emplean estrategias visuales y modelado de acciones y recursos como organizadores gráficos, con el fin de garantizar que todos los estudiantes puedan procesar la información de manera efectiva y aplicarla en diversas actividades, como la resolución de problemas o la creación de proyectos.

3.5.2 Proporcionar múltiples formas de acción y expresión del aprendizaje

Es esencial proporcionar múltiples formas para que los estudiantes demuestren lo que han aprendido, ya que cada alumno posee habilidades organizativas y estratégicas distintas basadas en el funcionamiento de sus redes cognitivas. Esto implica que algunos puedan expresar mejor su conocimiento de manera que difiera de otros.

Proporcionar opciones para la acción física

Los docentes deben diversificar las actividades de enseñanza para permitir que cada estudiante construya su aprendizaje utilizando sus habilidades y reciba apoyo en áreas en las que enfrenta desafíos. Esto implica enriquecer las opciones de trabajo e incluir el uso de tecnologías de apoyo para mejorar la accesibilidad a la información y el proceso de aprendizaje.

Proporcionar opciones para la expresión y la comunicación

En la sociedad actual, es crucial que los estudiantes tengan acceso a diversas vías de información, como texto, imágenes y sonidos, y puedan expresar su conocimiento de maneras que

les resulten más fáciles. Adaptar las enseñanzas a las necesidades y habilidades individuales de cada estudiante es fundamental para garantizar un aprendizaje efectivo.

3.5.2 Proporcionar múltiples formas de implicación

La implicación emocional es fundamental en el proceso de aprendizaje, pero los estudiantes difieren en lo que los motiva. Esta variabilidad se debe a factores neurológicos, culturales, intereses personales y preferencias en el método de aprendizaje. Algunos pueden sentirse motivados por la novedad, mientras que otros prefieren la rutina. Dado que no existe un enfoque único que funcione para todos, es crucial ofrecer una variedad de opciones para estimular la implicación emocional de los estudiantes.

Proporcionar opciones para el interés

Es fundamental que los docentes reconozcan la diversidad en los intereses de los estudiantes y proporcionen alternativas en las tareas educativas para captar su atención de manera efectiva.

Proporcionar opciones para sostener el esfuerzo y la persistencia

Es crucial equilibrar el desafío y el apoyo en las actividades educativas para mantener la motivación de los estudiantes. Se busca ofrecer opciones que les permitan ajustar el nivel de desafío y encontrar el apoyo necesario para alcanzar sus metas de aprendizaje.

Proporcionar opciones para la autorregulación

Es esencial desarrollar habilidades de autorregulación en los estudiantes, capacitándolos para reconocer y controlar sus emociones y reacciones, especialmente en contextos de aprendizaje. Se promueve la reflexión, el autoconocimiento y la gestión emocional a través de estrategias prácticas y oportunidades para la práctica, como evaluaciones periódicas y talleres de educación emocional.

3.3 Tecnologías de la información y la comunicación (TIC)

A principios del año 2000, el mundo experimentó una transformación significativa en la forma en que las personas interactúan con la web, abriendo nuevas fronteras en la difusión del conocimiento y la colaboración entre individuos y comunidades (Berners-Lee et al. 2001). Este cambio significativo en el uso de internet permitió un entorno más dinámico y participativo, en el que las personas podían conectarse en línea y compartir sus propios contenidos, incluida la creación de sitios web. Esta evolución tecnológica ofreció nuevas oportunidades para mejorar la enseñanza y el aprendizaje en diversas áreas (Grisales, 2018).

En este contexto, la importancia de la expansión de la conectividad y el acceso a la tecnología es evidente; la UNESCO (2017) enfatiza la necesidad de dos medidas fundamentales en América Latina: aumentar el número de computadoras con acceso a Internet y mejorar la conectividad en general. Estas acciones son cruciales, especialmente en los sectores más vulnerables, con un enfoque particular en aquellos de niveles socioeconómicos más bajos y en poblaciones rurales.

Según el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en Colombia (2019) “las Tecnologías de la Información y las Comunicación son el conjunto de recursos, herramientas, equipos, programas informáticos, aplicaciones, redes y medios que permiten la compilación, procesamiento, almacenamiento, transmisión de información como voz, datos, texto, video e imágenes” (Ley 1978, Artículo 6).

Como sugieren Rose y Meyer (citado en Pastor et al., 2015) la flexibilidad de los medios digitales ofrece cuatro ventajas significativas en comparación con los medios tradicionales. A continuación, se detallan dichas ventajas.

3.3.1 Versatilidad

Las tecnologías tienen la capacidad de almacenar información y contenido en diversos formatos, incluso permitiendo combinaciones de estos formatos. Por lo tanto, un mismo contenido puede ser presentado de múltiples maneras, como audio, video, texto o imágenes, lo que facilita el acceso para personas con diferentes tipos de discapacidades, ya sea visual o auditiva.

3.3.2 Capacidad de transformación

Los medios digitales tienen la capacidad de separar la información del formato en el que se muestra. Esto brinda a los estudiantes la flexibilidad de acceder al contenido en el formato que mejor les convenga, e incluso les permite transferir información de un medio a otro.

3.3.3 Posibilidad de ser marcados

Es posible modificar la apariencia de la información en medios digitales, como el tipo de letra, su tamaño, el uso de negritas, cursivas, subrayados o colores. A diferencia de los medios tradicionales, donde las marcas suelen ser permanentes, en los medios digitales se pueden ajustar, mostrar, ocultar o personalizar según las necesidades de los estudiantes.

3.3.4 Posibilidad de generar conexiones

La información puede estar interconectada con otros contenidos, lo que permite una transición rápida y fácil entre ellos, enriqueciendo el proceso de aprendizaje globalizado.

Si bien el uso de las TIC puede representar algunas ventajas dentro de las aulas de clase, se hace necesario una formación idónea por parte de los profesores, la que según Cabero y Martínez (2019) debe ser de “carácter teórico-práctica, de manera que no se caiga en una mera formación instrumental, con la falta de recursos conceptuales que repercuta en que el docente no disponga de modelos para la transformación de la práctica educativa” (p. 256). De igual manera, Cabero y Valencia (2019) exponen que dicha formación debe apuntar a cerrar las brechas de la exclusión y la atención de personas con discapacidad en las aulas de clase. Esto debido a las potencialidades de las herramientas tecnológicas para desaparecer la exclusión en las clases.

3.4 Las TDIC y su papel articulador de la TASC y el DUA

A partir de la revisión de literatura, se encontró una tendencia a enseñar astronomía mediante el uso de herramientas digitales. En este sentido, se parte del supuesto de que estas

herramientas tecnológicas pueden ser beneficiosas para el proceso educativo en esta disciplina. Además, varios autores han desarrollado clasificaciones semánticas con el fin de categorizar las secciones de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) según sus aplicaciones educativas. Específicamente, en esta investigación se adopta el concepto de Tecnologías Digitales de la Información y las Comunicaciones (TDIC).

Específicamente, Arias (2022) define las Tecnologías Digitales de la Información y las Comunicaciones (TDIC) como "aquellas aplicaciones de la tecnología, que, soportadas en dispositivos electrónicos, permiten el acceso e intercambio de información entre usuario y máquina, así como la creación de contenidos, propiciando respuestas multimediales, específicas y delimitadas a una necesidad" (p. 15). Dentro de esta caracterización se encuentran las simulaciones computacionales, las cuales se perfilan como la herramienta principal para el desarrollo de esta investigación. Estas simulaciones son "programas computacionales que se basan en un modelo conceptual para representar de manera dinámica el funcionamiento de un sistema o proceso determinado" (De Jong y Van Joolingen, como se citó en Quintanilla y Vauras, 2021, p. 113). De este modo, destacan simuladores de uso específico como *GeoGebra* y *Solar System Scope*, los cuales tienen el potencial de facilitar la promoción de los principios adoptados de la TASC mediante el enfoque metodológico del DUA.

Desde esta perspectiva, se aboga por considerar las TDIC no solo como herramientas instrumentales a ser integradas en los procesos educativos, sino como una oportunidad para transformar las prácticas educativas en las aulas de clase. En este sentido, resulta relevante identificar puntos de convergencia entre las TDIC, los principios de la Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico (Moreira, 2010) y el Diseño Universal para el Aprendizaje (Rose y Meyer, 2002), con el objetivo de enriquecer la enseñanza y fomentar un aprendizaje más inclusivo y significativo.

En relación con el *principio conceptual* adoptado de la TASC, las simulaciones ofrecen a los estudiantes la oportunidad de desarrollar representaciones y conceptualizaciones a medida que interactúan y exploran, permitiendo un acceso gradual al conocimiento que se adapta al ritmo de aprendizaje individual. Esto potencia las habilidades y competencias de los estudiantes, promoviendo su mayor implicación en la construcción y asimilación del conocimiento.

En cuanto al *principio epistemológico* de la TASC, se busca que los estudiantes reconfiguren sus conocimientos previos mediante su interacción activa con las simulaciones y contenidos específicos utilizados en la secuencia didáctica.

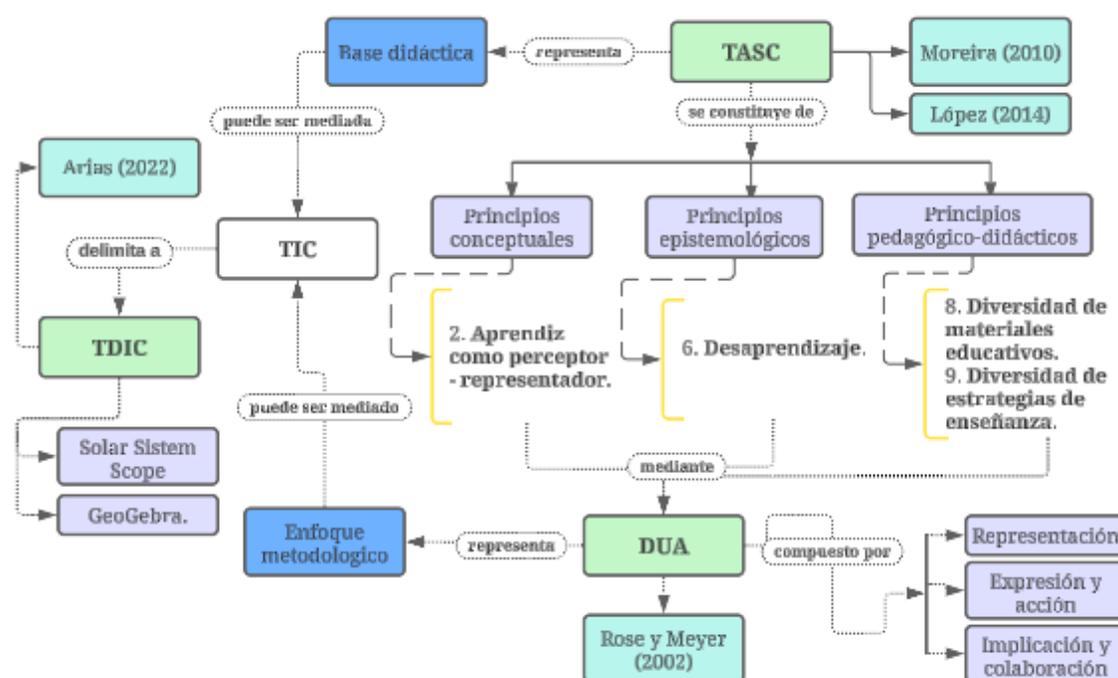
En lo referente a los *principios pedagógico-didácticos* de la TASC, la inclusión de las simulaciones y su uso pedagógico implica una ruptura con los enfoques tradicionales de enseñanza, fomentando el uso de fuentes de información alternativas a los libros de texto y estrategias de enseñanza más significativas. Este enfoque también promueve procesos de inclusión derivados de cada principio del Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA).

Aunque las simulaciones son el recurso tecnológico principal en esta investigación, también se reconocen otros recursos complementarios como el material audiovisual y las plataformas interactivas y material físico que contribuyan a promover los principios de la TASC y los del DUA.

En la *Figura 1* se presenta un esquema que sintetiza y relaciona las principales ideas y conceptos desarrollados en este marco teórico.

Figura 1

Relación entre referentes del marco teórico



Nota. Elaboración propia.

4. Metodología

A continuación, se presentan los aspectos metodológicos utilizados en la investigación. El apartado se divide en dos momentos, en un primer momento se menciona el paradigma investigativo, el contexto educativo y las técnicas e instrumentos para la recolección de la información. En un segundo momento se detalla el diseño de la secuencia didáctica y se describen las técnicas e instrumentos utilizados para el análisis de la información.

4.1 Paradigma y enfoque de investigación

El paradigma de investigación bajo el que se fundamenta este estudio es la investigación cualitativa, debido a su capacidad para emplear estrategias de observación y reflexión. Como señala Guerrero (2016):

Se desarrolla a través de metodologías basadas en principios teóricos como la fenomenología que según la Filosofía Contemporánea es la práctica que aspira al conocimiento estricto de los fenómenos, que son simplemente las cosas tal y como se muestran y ofrecen a la consciencia. (p. 2)

Así, la intención dentro de este paradigma es analizar los significados inherentes a las acciones educativas diseñadas; siguiendo la perspectiva de Moreira (2000), se destaca la importancia de cuestionarse sobre los significados de las acciones y eventos de enseñanza, aprendizaje, evaluación y currículum para los participantes.

En esta línea, la presente investigación se inscribe en el enfoque del estudio de casos instrumental, que según Stake (2010), se presenta cuando se encuentra una cuestión que se debe investigar y se considera que se puede entender la cuestión mediante casos particulares. En este contexto los GA1, GA2, GI1 y GI2 son los instrumentos que permiten analizar la contribución de las TDIC en la enseñanza de fenómenos astronómicos.

4.2 Contexto y participantes del estudio

Durante el desarrollo de esta investigación, se llevaron a cabo intervenciones en dos instituciones educativas públicas de Medellín, Colombia.

Por un lado, se trabajó con la Institución Educativa INEM José Félix de Restrepo, ubicada en la comuna 14. En esta institución, la intervención se llevó a cabo con el grado 10-4, conformado por un total de 21 estudiantes. Estos estudiantes fueron distribuidos en grupos de trabajo, cada uno compuesto por 3 estudiantes. De estos grupos, se seleccionaron 2, lo que equivale a un total de 6 estudiantes, para el análisis de la intervención.

En segundo lugar, se trabajó en la Institución Educativa Alfredo Cock Arango, ubicada en la comuna 6. En esta institución, la intervención se realizó con el grado 10-3, conformado por un total de 22 estudiantes. Estos estudiantes fueron distribuidos en grupos de trabajo, compuestos por 2 y 3 estudiantes cada uno. De estos grupos, se seleccionaron 2, lo que suma un total de 5 estudiantes, para el análisis.

La elección del grado décimo para la intervención en las dos instituciones educativas públicas de Medellín se fundamenta en dos razones principales: en primer lugar, este estudio se centra en temas astronómicos que abordan principalmente los movimientos, magnitudes y características de los objetos celestes, los cuales implican una complejidad conceptual considerable. Por ende, se considera que los estudiantes de décimo grado, quienes previamente han estudiado conceptos como la conversión a escala o las elipses, están mejor preparados para comprender y abordar estas complejidades. En segundo lugar, se busca asegurar que los participantes posean las competencias necesarias para utilizar eficientemente las tecnologías digitales propuestas. La adaptación y el aprovechamiento adecuado de estas herramientas requieren habilidades y madurez tecnológica, que suelen ser más evidentes en estudiantes de grados superiores.

La selección de los grupos de trabajo en cada grado décimo se llevó a cabo considerando criterios como la asistencia a las sesiones de intervención, la participación y el compromiso en las actividades, así como la responsabilidad en la entrega de los materiales asignados para cada sesión.

4.3 Técnicas e instrumentos para la recolección de información

En el marco de esta investigación se tuvieron en cuenta algunas técnicas e instrumentos para la recolección de información, entre las cuales se encuentran: el diario de campo, la observación participante, cuestionarios y el análisis documental.

4.3.1 Diario de campo

El diario de campo como herramienta fundamental en la investigación cualitativa, desempeña un papel crucial en la comprensión profunda de la situación estudiada. Según Bonilla y Rodríguez (2005) “el diario de campo es un recurso insustituible para captar la lógica subyacente a los datos y compenetrarse con la situación estudiada”. (p. 129)

Este proceso de registro y reflexión constante permitió reconocer que la realidad en la que se sumerge el investigador, y que afecta a los sujetos de estudio, está compuesta por un conjunto de eventos interrelacionados que, de manera directa o indirecta, están vinculados tanto a la investigación como a las unidades de análisis. Así, el diario de campo no solo funcionó como un medio para documentar la experiencia del investigador, sino que también sirvió como una herramienta para capturar los matices y las dinámicas complejas que influyen en el objeto de estudio.

La profundidad y la riqueza de los datos obtenidos a través del diario de campo contribuyeron significativamente a una comprensión más completa y matizada de las realidades investigadas, permitiendo una aproximación más holística a los fenómenos estudiados y facilitando la identificación de patrones, tendencias y relaciones significativas en el contexto de investigación. En última instancia, el diario de campo se erigió como un componente fundamental en el proceso de investigación, enriqueciendo la calidad y la profundidad de los hallazgos obtenidos.

4.3.2 La observación participante

En el contexto de las particularidades del diario de campo, que requiere la presencia activa y la inmersión del investigador en el entorno de estudio, se propone la adopción de la observación participante como una técnica esencial que va más allá de considerar al investigador como un mero observador, permitiéndole participar activamente durante la implementación de la secuencia didáctica. Siguiendo a Sanjuán (2019):

La observación participante es una técnica cualitativa de investigación que implica la recolección sistemática de datos que permiten comprender los fenómenos socioculturales a partir de la observación en el contexto natural en que estos tienen lugar y mediante la

participación del investigador en la vida cotidiana de los sujetos, con los que mantiene una relación directa y cercana. (p. 15)

Al sumergirse en el ambiente de estudio y participar activamente en las actividades cotidianas, el investigador puede captar de manera más íntima y auténtica las dinámicas, interacciones y significados que subyacen en el fenómeno investigado. Esta técnica proporciona una perspectiva única y enriquecedora que permite una comprensión más profunda de los procesos sociales y culturales en curso.

La combinación del diario de campo y la observación participante ofrece una visión integral y enriquecedora que complementa la calidad y la profundidad de los datos recopilados. Juntas, estas técnicas proporcionan una base sólida para el análisis e interpretación de los fenómenos estudiados, facilitando la identificación de patrones, tendencias y relaciones significativas en el contexto de investigación.

4.3.3 Cuestionarios

Según Sampieri (2018), el método de cuestionarios implica el uso de un instrumento o formulario impreso que los participantes de la investigación completan por sí mismos. Este instrumento está diseñado para recopilar respuestas relacionadas con el problema de estudio y proporcionar una estructura sistemática para la recolección de datos, permitiendo la obtención de información específica y cuantificable sobre el tema en consideración.

Para el contexto de esta investigación, se diseñaron dos cuestionarios con objetivos específicos. En primer lugar, se implementó un cuestionario diagnóstico para identificar las nociones previas de los estudiantes sobre los temas que se iban a tratar en las actividades. Este cuestionario permitió establecer una línea base de conocimientos y comprensión antes de la intervención.

En segundo lugar, se aplicó un cuestionario de cierre para evaluar el impacto de las tecnologías y estrategias utilizadas durante la implementación de las actividades. Este cuestionario permitió identificar el papel de las herramientas digitales en el proceso de aprendizaje, así como evaluar la eficacia de las estrategias pedagógicas empleadas.

4.3.4 Análisis documental

El análisis documental se constituye en una herramienta invaluable para extraer información crucial de una variedad de documentos, permitiéndonos comprender diversas situaciones desde múltiples perspectivas (Bautista, 2011). Este proceso implica examinar detenidamente el contenido, la estructura y el contexto de información que pueden ser de naturaleza escrita, visual o digital. A través del análisis documental, se persigue la extracción de conocimientos significativos, la identificación de patrones y la profundización en la comprensión de fenómenos, eventos o contextos históricos.

En el marco de esta investigación, se dio prioridad a la revisión de documentos rectores como los Derechos Básicos de Aprendizaje (DBA), los Estándares Básicos de Competencias (EBC) y los Lineamientos Curriculares. Estos documentos sirvieron de base para la elaboración de actividades que reflejan las competencias y evidencias de aprendizaje que los estudiantes de décimo grado deben alcanzar. Además, se examinaron las mallas curriculares de las instituciones para alinear las actividades con los temas que estaban siendo abordados en el momento de inicio de la implementación.

4.3.5 Consideraciones éticas

Es esencial abordar consideraciones éticas en cualquier investigación que involucre participantes, como en este caso, estudiantes de instituciones educativas públicas de la ciudad de Medellín. Tradicionalmente, las consideraciones éticas han girado en torno a temas relativos al consentimiento informado, el derecho a la privacidad y la protección contra daños (Fontana y Frey, 2015).

Para garantizar la integridad ética de la investigación, se obtuvo el consentimiento informado de los padres o tutores de los estudiantes menores de edad, explicando detalladamente los objetivos y el alcance de la investigación (Ver Anexo A), asimismo, se respetaron los derechos de los estudiantes a participar voluntariamente y a retirarse en cualquier momento sin consecuencias en su proceso académico. También, se aseguró la confidencialidad de la información recopilada y se garantizó que los datos recopilados serían utilizados únicamente con fines académicos.

Adicionalmente, se tuvieron en cuenta las pautas éticas desarrolladas por Helene y Marianne (2019) en relación con la mala conducta de investigaciones asociadas a procesos de fabricación o falsificación de datos e información, como también se evitó el uso de construcciones de otros investigadores sin su respectiva citación.

Finalmente, se tuvo en cuenta el referente ético de la Universidad de Antioquia (2012), el cual se constituyó para promover una cultura ética en las actuaciones de la comunidad universitaria aportando una serie de valores con el fin de fortalecer la convivencia universitaria, a saber, justicia, equidad, libertad, responsabilidad, transparencia, tolerancia, confianza, respeto, solidaridad y lealtad.

4.4 Propuesta pedagógico-didáctica

Las intervenciones llevadas a cabo en el contexto de esta investigación se fundamentan en los principios de la TASC mencionados con anterioridad, así como en los principios del DUA y el objetivo principal de analizar la contribución de las TDIC en la enseñanza de fenómenos astronómicos. En este sentido, se destacan dos herramientas principales utilizadas en este proceso de intervención: el simulador *Solar System Scope* y *GeoGebra*; estas herramientas fueron seleccionadas teniendo en cuenta criterios como la accesibilidad y gratuidad.

Solar System Scope es un simulador ilustrativo de astronomía que permite acceder a información esencial sobre diversos objetos celestes, realizar observaciones del sistema solar y retroceder o avanzar en el tiempo para visualizar cambios en la posición de estos objetos en momentos específicos. Por otro lado, *GeoGebra* es un software de matemáticas dinámicas que posibilita la creación de simulaciones personalizadas basadas en mediciones, animaciones, expresiones algebraicas, entre otros recursos.

La propuesta de intervención se estructuró en cuatro sesiones, cada una con una duración aproximada de una hora y cincuenta minutos. Cada sesión incluyó guías con instrucciones y preguntas diseñadas previamente para los estudiantes, las cuales se relacionaron con sus conocimientos previos, las experiencias obtenidas a partir de la interacción con las simulaciones y la visualización de vídeos, entre otros aspectos. Además, cada guía especificó si el trabajo debía realizarse de manera individual o en grupos, detallando los roles que debían asumir los miembros del equipo en caso de ser trabajo grupal.

Asimismo, para cada una de las actividades desarrolladas, se propuso llevar a cabo en los momentos finales de la clase una retroalimentación de los temas tratados en la sesión para explorar las dificultades y retos que emergieron, además de llegar a claridades en ítems que no quedaron del todo claros en el desarrollo de la actividad.

La síntesis de las actividades desarrolladas en cada sesión se muestra en *la Tabla 6*.

Tabla 6

Síntesis de las intervenciones

Sesión	Actividades	Objetivo/s	Temas
Sesión 1	¿Qué conocemos del cielo? (Ver Anexo B)	Identificar las concepciones e ideas previas que se tienen sobre algunos asuntos astronómicos relacionados con el movimiento, la ubicación y las características de los objetos celestes.	Movimiento, magnitudes y características de los astros.
	Explorando las distancias del Sistema Solar. (Ver Anexo C)	Aproximarnos a las distancias astronómicas mediante un modelo a escala del sistema solar utilizando un <i>Solar System Scope</i> y material manipulable.	Disposición de los planetas y distancias del sistema solar.
Sesión 2	En órbita. (Ver Anexo D)	Explorar el movimiento de los planetas, identificando algunos de los fenómenos asociados a sus movimientos en el sistema solar.	Movimiento de los planetas alrededor del sol. Implicaciones cotidianas del movimiento de la tierra.
Sesión 3	Cometas un viaje por el universo. (Ver Anexo E)	Analizar el comportamiento y la órbita de diferentes cometas y cómo las leyes de Kepler nos permiten entender su movimiento en el Sistema Solar.	Movimiento de los cometas. Leyes de Kepler.
sesión 4	Fases lunares y eclipses. (Ver Anexo F)	Identificar la posición de la Tierra, el Sol y la Luna durante las diferentes fases lunares y durante un eclipse con ayuda de herramientas digitales.	Fases de la Luna y eclipses.
	Encuesta de cierre: Tu viaje astronómico. (Ver Anexo G)	Comprender las experiencias individuales en las actividades astronómicas desarrolladas y aspectos que puedan mejorarse.	Evaluación de la intervención.

A continuación, se detalla cómo se propuso el desarrollo de las sesiones durante la intervención en la propuesta investigativa.

4.4.1 Sesión 1

La primera sesión estuvo compuesta por dos etapas; en la primera se llevó a cabo un cuestionario diagnóstico (Ver anexo B), compuesto por siete preguntas e instrucciones destinadas a explorar los conocimientos previos de los estudiantes acerca de los movimientos, magnitudes y características de los objetos celestes.

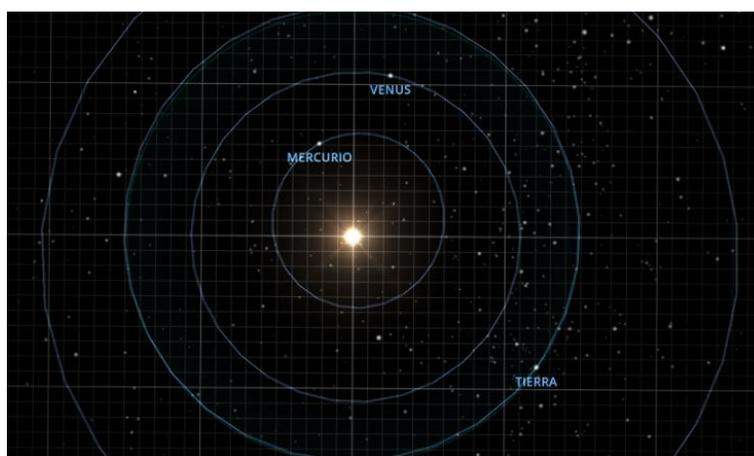
Con el propósito de fomentar diversas modalidades de respuesta entre los estudiantes, se implementó un muro colaborativo en Padlet¹. En este espacio, los estudiantes tenían la posibilidad de emplear diferentes formatos de respuesta, tales como audio, video, dibujos, entre otros.

En una segunda etapa, se llevó a cabo la actividad 1 (Ver Anexo C), con el objetivo de familiarizar a los estudiantes con las distancias entre los planetas del sistema solar y acercarlos a la escala de dichas distancias. Para ello, se utilizó inicialmente el simulador *Solar System Scope*, donde los estudiantes pudieron visualizar y calcular las distancias entre los planetas y el Sol, así como entre ellos mismos, utilizando la cuadrícula proporcionada (Ver Figura 2).

Posteriormente, con base en las distancias obtenidas del simulador, los estudiantes llevaron a cabo la construcción a escala del sistema solar utilizando materiales manipulables como lana y chaquiras. Asimismo, al igual que en la primera parte de la actividad, se habilitó un muro colaborativo en Padlet² para que los estudiantes pudieran acceder a diferentes formatos de respuesta, distintos a la escritura, respecto a las indicaciones y preguntas presentes en la guía.

Figura 2

Cuadrícula para observar distancias y proporciones en el sistema solar



Nota. <https://www.solarsystemscope.com/>

1 <https://cutt.ly/pw5REpJG>

2 <https://cutt.ly/uw5RYq87>

4.4.2 Sesión 2

Esta sesión se centró en el desarrollo de la actividad 2 (Ver anexo D), la cual tiene como objetivo explorar el movimiento de los planetas e identificar algunos de los fenómenos asociados a sus movimientos en el sistema solar, incluyendo la trayectoria del planeta y las velocidades de rotación y traslación, considerando variables como la distancia al Sol y la masa.

Para facilitar el desarrollo de esta actividad, se propuso el uso del Simulador *Solar System Scope*, permitiendo a los estudiantes visualizar la forma de la trayectoria de la órbita mediante una observación similar a la representada en la figura 2, reconocer los movimientos de un planeta mediante la función de avance y retroceso en el tiempo (Ver Figura 3) y acceder a información fundamental sobre este (Ver Figura 4). Además, se proporcionó un vídeo de YouTube ³ con el fin de profundizar en el movimiento de los planetas y, al mismo tiempo, reconocer algunas implicaciones derivadas del movimiento de la Tierra.

Figura 3

Función para avanzar y retroceder en el tiempo a diferentes velocidades



Nota. <https://www.solarsystemscope.com/>

³ <https://www.youtube.com/watch?v=Kbrq-ZGipJQ&t=2s>

Figura 4

Información fundamental de un planeta



Nota. <https://www.solarsystemscope.com/>

4.4.3 Sesión 3

Esta sesión se centró en el desarrollo de la actividad 3 (Ver Anexo E), la cual tiene como objetivo analizar el comportamiento y la órbita de diferentes cometas, y cómo las leyes de Kepler nos ayudan a comprender su movimiento en el Sistema Solar. Esta actividad consta de dos componentes principales.

El primer componente se enfoca en proporcionar una contextualización general sobre los cometas y el estudio de uno de ellos por cada grupo, incluyendo sus velocidades, trayectorias, composición y otras características relevantes. Como herramientas facilitadoras, se sugirió el uso de un video de YouTube⁴ para una contextualización general en el tema y el simulador *Solar System Scope* (Ver Figura 5) para el estudio particular de los cometas.

Figura 5

Análisis de cometa en el simulador

⁴ https://www.youtube.com/watch?v=ydx12Ded_rI

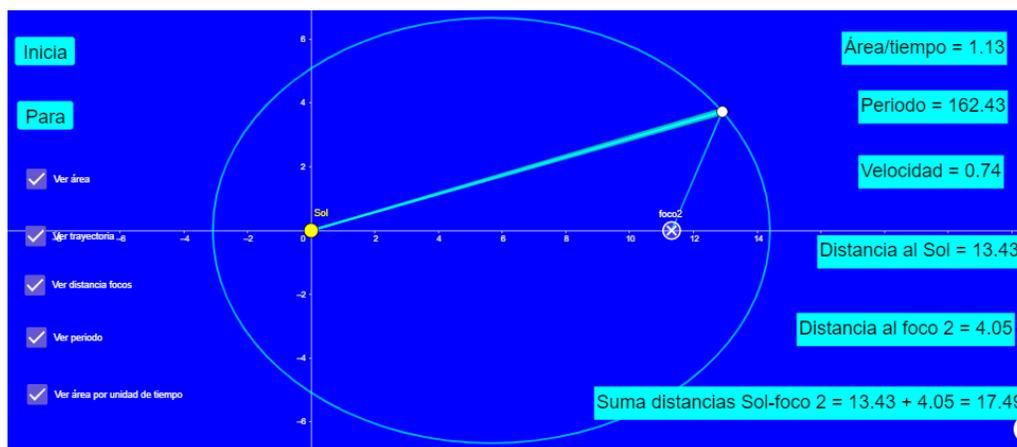


Nota. <https://www.solarsystemscope.com/>

El segundo componente de la actividad se centra en el estudio general de las leyes de Kepler, que modelan el movimiento de los astros, en este caso, los cometas. Se propuso el uso de una simulación en *GeoGebra* (Ver Figura 6) como herramienta facilitadora, que permita validar y comprender dichas leyes.

Figura 6

Leyes de Kepler en GeoGebra



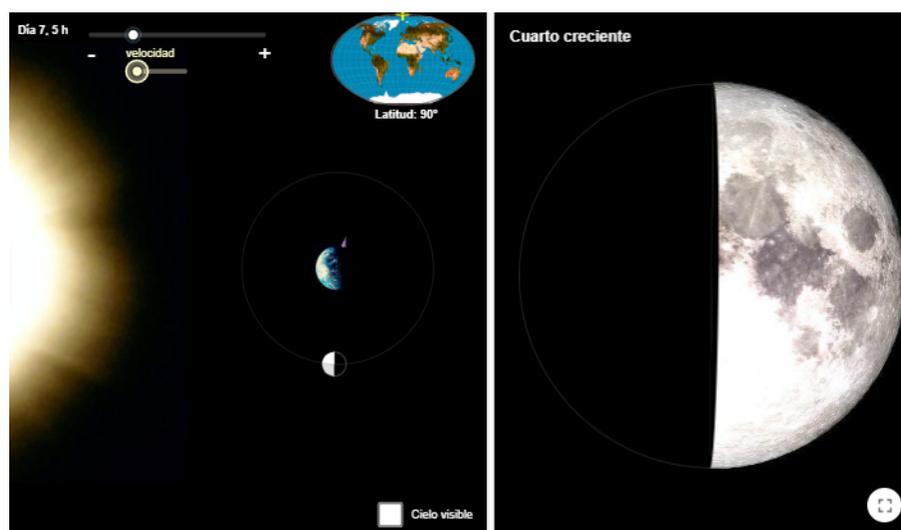
Nota. <https://www.geogebra.org/m/uxe5yv8h>

4.4.4 Sesión 4

Inicialmente, se llevó a cabo la actividad 4 (Ver Anexo F), diseñada para explorar las fases de la Luna y los eclipses, brindando una contextualización general sobre estos fenómenos astronómicos. La actividad incluyó la visualización escalonada de un video en YouTube⁵, que aborda los conceptos relevantes y amplía la información sobre algunas características lunares. Además, se utilizó una simulación en *GeoGebra*⁶ (Ver Figura 7), que permitió a los estudiantes identificar las posiciones relativas de la Tierra, la Luna y el Sol durante cada fase lunar. Por último, se empleó el simulador *Solar System Scope* para mostrar las franjas horarias y las posiciones de los cuerpos celestes durante varios eclipses.

Figura 7

Fases Lunares en GeoGebra



Nota. <https://www.geogebra.org/m/h7xchryq>

Por último, luego de la implementación del cuestionario final destinado a explorar las percepciones de los estudiantes en las sesiones de clase, se procedió a analizar los datos recolectados. Este análisis se apoya en una serie de técnicas e instrumentos seleccionados con el fin de realizar un análisis pertinente de la información recolectada y así proporcionar una comprensión profunda de los hallazgos encontrados. En la sección siguiente, se detallan las técnicas e instrumentos, destacando su utilidad y contribución al estudio en cuestión.

5 <https://www.youtube.com/watch?v=H6CpslRjZFs>

6 <https://www.geogebra.org/m/h7xchryq>

4.5 Técnicas e instrumentos para el análisis de la información

Con el propósito de asegurar la validez y coherencia de los resultados obtenidos en la implementación de las sesiones previamente mencionadas, se presentan y describen varias técnicas y procesos comúnmente empleados en investigación cualitativa para el análisis de la información. Entre estas técnicas se encuentran la categorización, la codificación, el análisis de contenido, la transcripción y la triangulación.

Las dos primeras técnicas, categorización y codificación, cumplen la función de depurar y reducir la información para su análisis más conveniente. La categorización, según lo expuesto por Bautista (2011), se entiende como "un ejercicio que facilita la organización de los datos registrados, propiciando una simplificación que redundará en la detección de regularidades" (p. 189). Este proceso se lleva a cabo siguiendo las pautas establecidas por Cisterna (2005), quien sugiere establecer categorías apriorísticas alineadas con los objetivos específicos de la investigación. Además, para una de las categorías, se definen subcategorías que permiten una desagregación más detallada de los datos.

La codificación se define como "la operación concreta por la que se asigna a cada unidad un indicativo (código) propio de la categoría en la que se considera incluida" (Bautista, 2011, p. 190). En otras palabras, este proceso permite establecer correspondencias entre la información analizada y las categorías o subcategorías previamente definidas.

Siguiendo esta línea, el análisis de contenidos se entiende como "la interpretación de los datos recolectados en el transcurso de toda la indagación y que han sido registrados en diversos instrumentos para facilitar su estudio" (Bautista, 2011, p. 187). En este proceso, se busca descifrar y atribuir significado a los conocimientos implícitos en las producciones de los estudiantes, con el objetivo de reconocer lo relevante y establecer lo lógicamente válido para la investigación, lo que a su vez proporciona una base sólida para las conclusiones.

Además, el proceso de transcripción de audios y videos obtenidos se realiza con el fin de plasmar el momento en que se llevó a cabo cada sesión. Como señala Rapley (2014), en este proceso "moldeamos tanto nuestra comprensión como la del lector de lo que ocurre en ese momento de la interacción y de aquello en lo que es importante que nos centremos" (p. 99). Es

importante destacar que esta transcripción se lleva a cabo respetando las consideraciones éticas establecidas en el consentimiento informado.

A continuación, se presenta la matriz metodológica en la *tabla 7*, la cual contiene las categorías y subcategorías apriorísticas que guiarán el análisis de la información, junto con los instrumentos a analizar en cada una de ellas.

Tabla 7

Matriz metodológica

Objetivo general	Objetivos específicos	Categoría	Subcategoría	Técnicas e instrumentos
Analizar la contribución de las TIC en la enseñanza de fenómenos astronómicos desde un enfoque inclusivo con estudiantes de grado décimo en secundaria.	Identificar el papel de algunas herramientas digitales en la enseñanza de fenómenos astronómicos.	Papel de las herramientas tecnológicas en la enseñanza de fenómenos astronómicos.	Papel en el aprendizaje de elementos disciplinares. Papel en la mediación pedagógica didáctica. Papel en la comprensión de asuntos epistemológicos.	Observación participante, diario de campo, audios, videos y guías.
	Describir el aporte del DUA en el diseño de estrategias para la enseñanza de la astronomía mediadas por las TIC.	Aporte del DUA en el diseño de estrategias para la enseñanza de la astronomía mediadas por las TDIC.		

Después de aplicar las técnicas y procesos de análisis mencionados con anterioridad a los diversos instrumentos de recolección de datos, se procede a realizar la triangulación de la información. Este proceso se realiza con el objetivo de proporcionar criterios de validez y rigor interno a las categorías de análisis establecidas. Según Cisterna (2005), la triangulación consiste en "la acción de reunión y cruce dialéctico de toda la información, (...) y que en esencia constituye el corpus de resultados de la investigación" (p. 68). Este proceso se lleva a cabo considerando las categorías establecidas, los instrumentos de recolección utilizados y las herramientas de análisis de la investigación.

La interpretación de los resultados obtenidos a través de las técnicas e instrumentos de análisis utilizados se presenta en detalle en el siguiente capítulo.

5. Análisis y resultados

En esta sección, se analiza la información recolectada a través de los instrumentos definidos con anterioridad para establecer relaciones entre las categorías y los referentes teóricos adoptados en la investigación.

La interpretación se basa en el análisis y contraste de cuestionarios, actividades, diarios de campo, fragmentos de vídeos y audios relacionados con las subcategorías mencionadas en la tabla 7. Los dos grupos de la Institución Educativa Alfredo Cock Arango se codificaron como GA1, GA2 y similarmente para el INEM José Félix de Restrepo se codificaron como GI1 y GI2. Asimismo, se asignaron los códigos D1 y D2 a los diarios de campo del investigador de la I. E Alfredo Cock Arango e INEM José Félix de Restrepo respectivamente.

Es importante destacar que el análisis de cada ítem de las actividades se realiza individualmente en la subcategoría correspondiente. De esta manera, se propone un análisis de la información en cada subcategoría de la categoría uno y posteriormente un análisis general enfocado en identificar el papel de las herramientas tecnológicas en la enseñanza de fenómenos astronómicos. Finalmente, se presenta un análisis general de la categoría dos, que se centra en identificar el aporte del DUA en el diseño de estrategias para la enseñanza de fenómenos astronómicos mediados por TDIC.

5.1 Categoría 1: Papel de las herramientas digitales en la enseñanza de fenómenos astronómicos

5.1.1 Subcategoría 1: Papel en el aprendizaje de elementos disciplinares

Para analizar esta subcategoría, se examinaron los momentos durante la implementación en los cuales los grupos interactuaron con simulaciones o visualizaron un video, y en consecuencia se enfrentaron a un problema o ejercicio planteado en la guía de la actividad. Durante estos momentos, se observó si lograban desarrollar una representación o conceptualización sobre un aspecto astronómico específico. Para evidenciar estos procesos, se analizaron específicamente los ítems 2, 2 (a), 3, 4, (a), (c) y (d) en la actividad 1 (Ver Anexo C), los ítems 3, 4 y 5 en la actividad 2 (Ver Anexo D), los ítems 2 y 3 en la actividad 3 (Ver Anexo E), y finalmente, los ítems 5 y 7 en la actividad 4 (Ver Anexo F).

En la actividad número 1, los grupos comenzaron con una exploración guiada por los investigadores, durante la cual se familiarizaron con las funciones y herramientas del simulador *Solar System Scope*, en la que, según lo que se registra en el D2, los grupos se emocionaron al ver la interfaz del simulador y por ende se tornó un ambiente de curiosidad respecto a qué era y para qué servía el simulador. Esta primera familiarización incluyó la visualización de las órbitas planetarias y su disposición en el Sistema Solar, lo que les permitió a los grupos distinguir entre los planetas más cercanos y alejados del Sol. Luego, utilizando la función de enciclopedia del simulador, los grupos registraron las distancias medias de cada planeta al Sol. Durante este proceso, según los instrumentos D1 y D2, los grupos expresaron que estas distancias eran demasiado grandes y colaboraron entre ellos para verificar los números registrados. Dichas distancias se presentan en la *figura 8*.

Figura 8

Distancia media al Sol de los planetas del Sistema Solar. GI2.

Planeta	Distancia al Sol (Km)
Mercurio	57,910,000 Km
Venus	108,200,000 Km
Tierra	146,600,000 Km
Marte	229,940,000 Km
Júpiter	778,330,000 Km
Saturno	1.434.000.000 km
Urano	2.800.000.000 km
Neptuno	4.503.300.000 km

Posteriormente, con la intención de representar los planetas utilizando trozos de lana a una escala más pequeña, se llevó a cabo una socialización en la que se discutió cómo podrían representarse estas distancias manteniendo la proporción registrada en la tabla anterior, pero en un espacio mucho más reducido. Las respuestas se presentan en la *Tabla 8*.

Tabla 8

¿Cómo representar las distancias medias al Sol a una escala menor?

Actividad #1: Explorando las distancias del Sistema Solar		
Grupo	Ítem	Respuesta
GA1	2 (a)	“En vez de ser km se podría representar en cm para disminuir el espacio que ocupa”.
GA2	2 (a)	“En centímetros (cm)”.
GI1	2 (a)	No responde.
GI2	2 (a)	“Lo podríamos representar en mm”.

En este contexto, los grupos sugirieron cambiar la unidad de medida de kilómetros a centímetros o milímetros, sin embargo, no se propuso explícitamente un cambio de escala, es así que los grupos encontraron dificultades al intentar realizar esta conversión debido a que, al convertir las distancias a unidades más pequeñas, los números resultantes serían considerablemente más grandes que los valores iniciales.

De acuerdo con lo registrado en D1 y D2, los grupos se percataron que no estaban realizando un cambio de escala, sino simplemente un cambio de unidad de medida. Considerando este problema y siguiendo el ejemplo proporcionado en la guía, se llevó a cabo una socialización grupal guiada por los investigadores, para encontrar una manera de convertir las distancias a una escala mucho menor. En este sentido, se transformaron las distancias de manera que pudieran ser representadas en un espacio mucho más reducido como se ilustra en la *figura 9*.

Figura 9

Operación matemática para cambio de escala. GI1

The image shows a handwritten calculation on a grid background. The text reads:

$$\text{Saturno} = \frac{(1.434.000.000) (100)}{1000000000}$$

$$= 143,4 \text{ cm}$$
 The calculation is written in black ink and shows the conversion of 1,434 billion kilometers to 143.4 centimeters by multiplying by 100 and then dividing by 1 billion.

Los valores de la conversión a escala general que lograron construir los grupos se ilustran en la *figura 10*.

Figura 10

Conversión a escala general de las distancias del Sistema Solar. GI2.

Planeta	Distancia al Sol (cm)
Mercurio	5,19 cm
Venus	10,82 cm
Tierra	14,66 cm
Marte	22,79 cm
Júpiter	77,83 cm
Saturno	142,94 cm
Urano	280 cm
Neptuno	450 cm

Con el fin de comprender la magnitud de cada centímetro en la lana según la escala de conversión establecida, se realizó una búsqueda en Internet para obtener la longitud de la circunferencia ecuatorial de la Tierra. Luego, esta cifra se dividió entre diez millones de kilómetros que representan cada centímetro en la lana para determinar a cuántas vueltas dadas a la Tierra por el ecuador equivale cada centímetro. Los resultados indicaron que cada centímetro de la lana representaba aproximadamente doscientas cincuenta vueltas alrededor de la Tierra a lo largo de su ecuador.

Finalmente, en las preguntas de cierre se sintetizó lo realizado en la actividad. Allí, los estudiantes tenían la oportunidad de expresar sus impresiones, dificultades y sentimientos durante su desarrollo. En este sentido, las respuestas sobre qué les llamó la atención al hacer la representación, se presentan en la *tabla 9*.

Tabla 9

¿Qué llama la atención al representar dichas distancias en un trozo de lana?

Actividad #1: Explorando las distancias del Sistema Solar

Grupo	Ítem	Respuesta
GA1	(a)	“Que somos extremadamente pequeños a comparación del tamaño de cada planeta o todo lo que haya en el sistema solar. También la distancia que se encuentra entre cada uno de ellos y hacia el sol”.
GA2	(a)	No responde.
GI1	(a)	“Nos sentimos entretenidos al hacer las conversiones y representarlo en la cuerda”.
GI2	(a)	“felicidad al aproximar más o menos los planetas como en el espacio”.

Las respuestas revelan una gama de percepciones y emociones, desde el asombro por la pequeñez humana en comparación con el vasto tamaño del cosmos y la distancia que separa a los planetas, hasta el entretenimiento y la diversión experimentados al realizar las conversiones y representaciones en el material, e incluso la sensación de felicidad al acercarse, aunque sea de forma aproximada, a la representación del espacio y los planetas.

El hecho de que el grupo relacione las dimensiones del ser humano con las distancias astronómicas muestra un nivel de reflexión profunda que va más allá de simplemente realizar la actividad. En este caso, el grupo no solo está adquiriendo conocimiento sobre el sistema solar, sino que también está reflexionando sobre su propia escala en relación con el universo, lo cual es una habilidad valiosa para su desarrollo personal y cognitivo.

En el ítem (c), se obtuvieron respuestas referentes a los desafíos encontrados durante la actividad; las respuestas recopiladas se registran en la *tabla 10*.

Tabla 10

¿Cuáles fueron los desafíos que enfrentaron al hacer esta actividad?

Actividad #1: Explorando las distancias del Sistema Solar

Grupo	Ítem	Respuesta
GA1	c	“Al inicio de la actividad creímos que tendríamos que manejar el programa por nuestra propia cuenta, pero tuvimos el acompañamiento y la guía del profesor. Y al realizar las ecuaciones matemáticas, pero también contamos con la ayuda del docente encargado”.
GA2	c	No responde.
GI1	c	“Los desafíos fue hacer los nudos y mantener templada la cuerda, pero con ayuda lo logramos”.
GI2	c	“En las distancias ya que pensamos que estas no eran tanta o tan poca entre planetas”.

En las respuestas se resalta el papel del investigador como guía, en donde no se le entrega el conocimiento al estudiante como terminado o certero, sino que, por el contrario, se le permite al estudiante adoptar sus propias percepciones y representaciones internas en concordancia con el principio de aprendiz como perceptor/representador de la TASC. Además, se mencionaron obstáculos más prácticos, como la dificultad para realizar nudos y mantener la cuerda tensa; estos desafíos llevan a repensar las distancias astronómicas entre los planetas, desafiando las ideas preconcebidas sobre la distribución de los planetas en el sistema solar, ya que los planetas interiores pueden parecer muy cercanos en el trozo de lana en comparación con los planetas exteriores.

Con la intención de tener un mejor acercamiento a los principales desafíos enfrentados, en el ítem (d) se pregunta sobre cuáles planetas les resultaron más difíciles de ubicar en la construcción; los hallazgos se detallan en la *tabla 11*.

Tabla 11

¿Qué planetas resultaron más difíciles de ubicar en la construcción?

Actividad #1: Explorando las distancias del Sistema Solar		
Grupo	Ítem	Respuesta
GA1	d	“Los últimos planetas ya que había que medir más distancia desde el Sol hasta su posición entonces era más extensos que los demás”.
GA2	d	No responde.
GI1	d	“Después de Marte los planetas ya se ven muy lejanos”.
GI2	d	“Marte porque no nos daba para ajustar la bolita y Neptuno porque estaba muy lejos”.

Según las respuestas recopiladas, se destaca que los grupos encontraron más desafiante ubicar los planetas exteriores. Esto se debió a que las medidas de los metros o reglas utilizadas para medir la lana no eran suficientes para abarcar todo el trozo. Por lo tanto, fue necesario emplear diferentes métodos para medir el trozo completo como se ilustra en la *figura 11*. En el DI1 se registró que el GA1 midió la lana por trozos y luego sumó las distancias, mientras que en el DI2 se registró cómo el GI2 utilizó un palo de escoba para marcar intervalos de un metro en la lana, y luego utilizó una regla para medir el resto de la distancia hasta los planetas exteriores.

Figura 11

Construcción del sistema solar a escala en un trozo de lana



En este contexto, se destaca la capacidad de resolución de problemas exhibida por los grupos, quienes demostraron su creatividad para enfrentar los desafíos encontrados y adoptar un rol activo en su proceso de aprendizaje.

En la actividad número 2, después de que los grupos examinaron el comportamiento y movimiento de los planetas con ayuda del simulador *Solar System Scope*, se le asignó al azar uno de ellos en donde consignaron diferentes datos correspondientes a su planeta, como se ilustra en la *figura 12*.

Figura 12

Datos recolectados por planeta asignado. GA2.

<i>Nombre de Planeta</i>	Urano
<i>Velocidad media de traslación</i>	24674 (Km/h)
<i>Velocidad media de rotación</i>	9375 (Km/h)
<i>Masa</i>	8.7×10^{25} KG

Después de la fase inicial, en el cuarto ítem, se llevó a cabo la comparación entre la información del planeta asignado y la de otro grupo para identificar diferencias significativas. Las respuestas se muestran en la *tabla 12*.

Tabla 12

Comparación de datos de planeta asignado con otro equipo.

Actividad #2: En órbita.		
Grupo	Ítem	Respuesta
GA1	4.1	“Que todas rotan a distintas velocidades y tienen diferentes masas”.
GA2	4.1	“Que tenemos diferentes datos y distintas informaciones de planetas”.
GI1	4.1	“Júpiter tiene más masa que Mercurio, en cuanto a la velocidad de traslación es más rápido Mercurio y en velocidad de rotación es más rápido Júpiter”.
GI2	4.1	“La velocidad de traslación y la de rotación, también la masa cambia. Porque Saturno está mucho más lejos que Venus, esto hace que tengan distintas velocidades, además que Saturno es más grande, por ende, su masa es diferente”.

Las respuestas muestran una comprensión general de que los datos comparativos entre los planetas incluyen variables como la masa, la velocidad de rotación y de traslación, y que estas características varían según el planeta y su posición en el sistema solar.

En un segundo momento, mediante los datos obtenidos y la identificación de variables influyentes en los movimientos planetarios, se consultó por la relación entre distancia media al Sol y la velocidad de traslación. Las respuestas se muestran en la *tabla 13*.

Tabla 13

Relación entre distancia media al Sol y velocidad de traslación.

Actividad #2: En órbita.		
Grupo	Ítem	Respuesta
GA1	4.2	“Entre más cerca al Sol más rápido rotan”.
GA2	4.2	“Entre más cerca del Sol más rápida es la traslación, en cambio está más lejos su traslación es más lenta”.
GI1	4.2	“Si existe relación pues entre más cercano esté el planeta al Sol más rápido es su velocidad de traslación”.
GI2	4.2	“Si existe una relación ya que entre más tenga masa, más lenta rota, sin embargo, entre más pequeño el planeta más rápido rota (traslación)”.

La respuesta del GA1 y GI2 muestra discrepancias respecto a conceptos aceptados por la comunidad científica, en los que se establece que la influencia de la gravedad del Sol disminuye con la distancia al cuadrado. Esto significa que los planetas más lejanos experimentan una fuerza gravitacional más débil y, en consecuencia, se mueven más lentamente en sus órbitas. El grupo GA1 tiene dificultades para diferenciar el movimiento de rotación y de traslación, mientras que el GI2 intenta establecer una relación entre la masa y la rotación, sin llegar a una conclusión válida.

En la misma línea, se pregunta por la relación entre la masa y la velocidad de rotación de los planetas. Las respuestas se consignan en la *tabla 14*.

Tabla 14

Relación entre masa y velocidad de rotación.

Grupo	Ítem	Respuesta
GA1	4.3	“Entre más grande el planeta más rápido será su rotación”.
GA2	4.3	“Entre más grande el planeta su rotación es rápida y entre más pequeño la rotación es lenta”.
GI1	4.3	“Si existe relación pues entre más masa tenga el planeta más velocidad de rotación tiene y si su masa es menor menos velocidad tiene”.
GI2	4.3	“Si existe relación ya que entre más masa tenga el planeta más rápido rota, sin embargo, entre más masa tiene el planeta, más lento rota”.

Según la comprensión científica, la velocidad de rotación de un planeta está principalmente influenciada por factores como su tamaño y masa. En este sentido, las respuestas ofrecidas por los grupos GA1, GA2 y GI1 son acertadas al indicar que, en general, a mayor tamaño y masa del planeta, mayor será su velocidad de rotación, y viceversa. Sin embargo, la respuesta del grupo GI2 parece generar confusión al sugerir que la masa de un planeta podría resultar en una velocidad de rotación tanto más alta como más baja.

Posterior a la visualización de un video⁷ elegido debido a su rol complementario a algunas de las ideas discutidas con anterioridad, se exploró cómo los movimientos de la Tierra están relacionados con fenómenos terrestres y actividades humanas. Los resultados de estas investigaciones se detallan en la *tabla 15*.

⁷ <https://www.youtube.com/watch?v=Kbrq-ZGipJQ>

Tabla 15

Fenómenos y prácticas asociados al movimiento terrestre.

Grupo	Ítem	Respuesta
GA1	5.1	“El eclipse, cambios climáticos, duración de días”.
GA2	5.1	“Radiación solar, las estaciones, la duración del día y la noche dependiendo la posición del Sol, si apunta al hemisferio del norte y sur”.
GI1	5.1	“Están asociados eclíptica, equinoccio de primavera, solsticio de invierno”.
GI2	5.1	“El día, la noche y las estaciones del año”.

Entre las respuestas recopiladas, los grupos identificaron una variedad de fenómenos y eventos que se asocian con los movimientos de la Tierra, aunque no proporcionaron una descripción detallada sobre cómo estos se relacionan desde la perspectiva científica, existe un respaldo científico que vincula el movimiento de la Tierra con la duración del día y la noche, los cambios climáticos, entre otros. El vídeo ofreció a los grupos una oportunidad para consolidar los conocimientos adquiridos a través del uso del simulador y permitió una revisión y expansión de las ideas previamente exploradas al proporcionar un contexto visual y narrativo que complementa y enriquece su comprensión de los movimientos de la Tierra y sus implicaciones en fenómenos terrestres y prácticas humanas.

Finalmente, para abordar las discrepancias e ideas erróneas identificadas en las respuestas a lo largo de la actividad, se realizó una retroalimentación en el último momento de la clase sobre los ítems, en este sentido se proyectó el simulador de manera que todos vieran la pantalla del investigador por medio de un proyector de video, a la vez, los grupos manipularon sus respectivas simulaciones como se evidencia en la *figura 13* con el fin de generar una interacción entre todos los grupos para solucionar las dudas que se tuvieron y aclarar algunos conceptos. Esto permitió a los grupos reflexionar sobre sus errores y avanzar hacia un aprendizaje significativo, haciendo alusión al principio del desaprendizaje de la TASC. Este proceso de retroalimentación y reflexión se documentó en el D2.

Figura 13

Manipulación del simulador para aclarar dudas



En el contexto de la actividad 3, centrada en el estudio de los cometas, se inició con la proyección de un video introductorio. Luego, cada grupo recibió la asignación de un cometa específico para analizarlo utilizando el simulador *Solar System Scope*, se planteó la pregunta de si al comparar las trayectorias de los cometas con otros grupos, encontraban similitudes, y se les pidió describir la trayectoria del cometa asignado. Las respuestas correspondientes se registraron en la *tabla 16*.

Tabla 16

¿Los cometas tienen la misma trayectoria? ¿cómo describirían su órbita?

Actividad #3: Cometas un viaje por el universo		
Grupo	Ítem	Respuesta
GA1	2.1	“No, porque cada uno avanza de forma distinta, como en línea recta, haciendo curvas, dando una vuelta, etc. porque el sol afectaba su trayectoria según su tamaño, entre más pequeños los cometas más cerca pasan del sol” (cometa Siding Spring).
GA2	2.1	“La trayectoria de todos los cometas es diferente, la órbita de nuestro cometa inicia en línea recta, pero al darle la vuelta al Sol su órbita se vuelve ovalada al regresar” (cometa Lovejoy 2011).
GI1	2.1	“Es una órbita parabólica, ya que es una órbita muy diferente a la elíptica como es la de los planetas” (Cometa Halley).
GI2	2.1	“Es elíptica” (Cometa Halley).

Se evidencia que la mayoría de los grupos tienden a describir la trayectoria de los cometas de manera singular, sugiriendo implícitamente una forma elíptica al referirse a ella como ovalada

o curva. Sin embargo, en el caso del grupo GI1, se describe la trayectoria como parabólica. Esto sugiere que podría deberse a una limitación del simulador para los cometas de período largo, ya que no muestra completamente la trayectoria orbital de algunos cometas en ciertas fechas específicas, lo que hace que parezca parabólica.

La idea de que "entre más pequeños los cometas más cercanos son del Sol", se aleja de lo que está científicamente aceptado, ya que la trayectoria de un cometa no depende únicamente de su tamaño. La órbita de un cometa está influenciada por diversos factores, como su velocidad, la inclinación de su órbita y la atracción gravitatoria que otros cuerpos celestes ejercen sobre él.

Después, motivados por las comparaciones que realizaron los grupos entre algunas características de su cometa y otros, se planteó la interrogante sobre si tenían la misma composición. Las respuestas correspondientes se registraron en la *tabla 17*.

Tabla 17

¿Todos los cometas tienen la misma composición?

Grupo	Ítem	Respuesta
GA1	2.2	"No, porque unos están compuestos por hierro, sodio, magnesio y otros de agua, monóxido de carbono, metano, etc."
GA2	2.2	"No, porque todos los cometas están compuestos de diferentes elementos".
GI1	2.2	"Todos los cometas tienen un componente en común, están compuestos mayormente por agua, pero sin embargo puede cambiar según el cometa".
GI2	2.2	"No, los cometas pueden tener diferentes composiciones, algunos están compuestos principalmente por hielo de agua, mientras que otros pueden contener hielo de dióxido de carbono, metano y otros compuestos."

Los grupos lograron establecer que los cometas no tienen la misma composición. Se reconoce que los cometas están formados por una variedad de elementos y compuestos, y que esta composición puede variar de un cometa a otro. Además, se destaca que, aunque algunos cometas comparten ciertos componentes, como el agua, la proporción de estos elementos puede diferir entre los cometas. De este modo, el uso de las herramientas del simulador, en este caso la sección *enciclopedia*, favoreció la comparación directa entre los componentes de varios cometas para lograr abstraer respuestas que son avaladas científicamente.

Una vez que los grupos reconocieron las diferencias y similitudes entre algunas características de los cometas, procedieron a analizar el movimiento de los cometas asignados. Los resultados de este análisis se registran en la *tabla 18*.

Tabla 18

¿Qué se puede identificar en el movimiento del cometa?

Grupo	Ítem	Respuesta
GA1	2.3	“Tiene velocidad de traslación y en cuanto a la rotación no se nota mucho. Cuando se empieza a acercarse al sol va subiendo y aumentando su velocidad”.
GA2	2.3	“El cometa solo se traslada, no tiene ninguna rotación, su recorrido es directo al sol, pero al acercarse su velocidad aumenta y gira de manera ovalada para devolverse”.
GI1	2.3	“Podemos ver que es cometa de periodo corto”.
GI2	2.3	“En el movimiento del cometa Halley se puede identificar su trayectoria elíptica alrededor del Sol, su velocidad variable a medida que se acerca o aleja del Sol, y su cola que apunta en dirección opuesta al Sol”.

En los análisis realizados por los grupos sobre sus cometas, se observan dos tendencias claras al describir y estudiar su movimiento; por un lado, se reconoce que los cometas no son estáticos, sino que realizan un movimiento de traslación elíptico alrededor del Sol. Por otro lado, se nota que la velocidad de los cometas varía en función de su distancia al Sol, aumentando a medida que se acercan a este. Este hallazgo sugiere que los grupos están haciendo conjeturas del movimiento de los cometas y, al mismo tiempo, están adquiriendo conceptos relacionados con la segunda ley de Kepler, incluso sin haberla estudiado de manera explícita.

También es importante destacar algunos detalles específicos encontrados en las respuestas de ciertos grupos. Por ejemplo, el grupo GA1 observó que la velocidad de rotación de los cometas no es claramente evidente, aunque no ofrecieron explicaciones al respecto. Esto se respalda académicamente, ya que, aunque los cometas pueden rotar debido a la influencia gravitatoria de otros cuerpos celestes, así como a los impactos de objetos y la liberación de gases, no presentan una velocidad de rotación tan precisa como la de los planetas. Además, aunque este aspecto está vinculado al movimiento de los cometas, el grupo GI2 ofreció una evidencia sustancial al afirmar que los cometas tienen una cola que se dirige en sentido opuesto al Sol. Esta característica es fundamental para estos cuerpos celestes y se origina debido a la interacción entre la radiación solar y los materiales que componen el cometa.

Continuando con el objetivo de profundizar en los movimientos de los cometas, los grupos exploraron las leyes de Kepler mediante una simulación en *GeoGebra*; en esta actividad se cuestionó por la velocidad de estos para que se cumpliera la segunda ley. Las respuestas de los grupos se registran en la *tabla 19*.

Tabla 19

¿Cómo es la velocidad de los cometas en la segunda ley de Kepler?

Grupo	Ítem	Respuesta
GA1	3.1	“Cuando está más lejos del Sol va muy lento y cuando se acerca aumenta muchísimo su velocidad”.
GA2	3.1	“La velocidad varía dependiendo del recorrido”.
GI1	3.1	“Su velocidad es mayor cuando está cerca del Sol y menor cuando está lejos del Sol, lo que asegura que el cometa barre áreas iguales en tiempos iguales a lo largo de su órbita”.
GI2	3.1	“En los puntos más cercanos al Sol, donde el cometa se encuentra en su perihelio, la velocidad es mayor: A medida que se aleja del Sol y se acerca a su afelio, la velocidad disminuye”.

Las respuestas permiten identificar que, en cuanto a la velocidad necesaria para que un cometa cubra áreas iguales en tiempos iguales, todos los grupos coinciden en que debe variar, y todos, a excepción de GA2, señalan correctamente en la línea de la segunda ley de Kepler que esta variación implica que, cuanto más cerca esté del Sol, mayor será la velocidad, y cuanto más lejos esté, menor será. Además, se destaca la precisión de aspectos de orden disciplinar que hace GI2 al referirse a algunos puntos específicos en la trayectoria de los astros, como lo son el afelio y el perihelio.

En el siguiente ítem de la actividad, se indaga sobre cómo la distancia entre los focos afecta el movimiento de los cometas y si se pueden identificar patrones consistentes. Las respuestas se consignan en la *tabla 20*.

Tabla 20

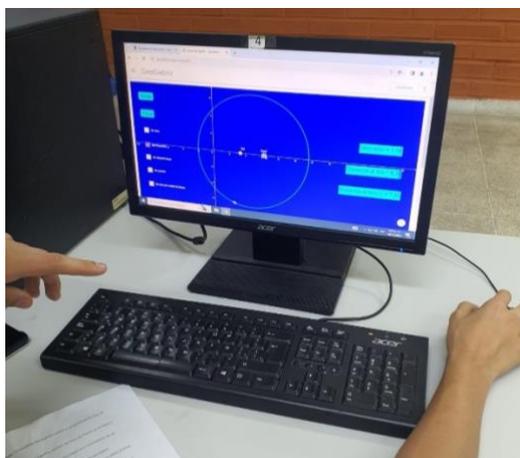
¿Cómo afecta la distancia focal el movimiento de los cometas?

Grupo	Ítem	Respuesta
GA1	3.2	“Cuando el foco 2 está muy cerca del Sol la velocidad es casi que estable y órbita al mismo ritmo, pero cuando se aleja va despacio y al entrar al eje del Sol aumenta mucho su velocidad y su distancia es más cerca al Sol”.
GA2	3.2	“Cuando los focos están juntos su periodo no cambia y su velocidad no cambia mucho, pero cuando los focos están separados su periodo aumenta y la velocidad está en constante cambio”.
GI1	3.2	“Afecta a cómo se ve y cómo se comporta la órbita de un cometa, si los focos están lejos, la elipse se alarga. No hay patrón fijo, ya que las órbitas pueden ser más o menos raras”.
GI2	3.2	“La excentricidad de la órbita influye en su movimiento y velocidad a lo largo de la órbita, pero no hay un patrón específico para la excentricidad de las órbitas de los cometas, ya que estas pueden variar ampliamente”.

Entre las respuestas obtenidas, se puede constatar que la ubicación de los focos influye en la velocidad, periodo y forma de la órbita de los cometas. En este sentido, si los focos están cercanos, la velocidad es casi estable, sin embargo, al alejar los focos entre sí, la excentricidad aumenta y la velocidad empieza a variar, de modo que al alejarse del Sol la velocidad disminuye, pero al acercarse al Sol su velocidad aumenta drásticamente. Es importante destacar que la manipulación de la herramienta digital proporcionada por *GeoGebra* se presenta como una ventaja significativa para estudiar cómo cambian la velocidad, la excentricidad y la forma de la órbita al mover los focos, además de poder profundizar en el estudio de las leyes de Kepler, como se ilustra en la *figura 14*.

Figura 14

Estudio de las leyes de Kepler en GeoGebra



En la actividad 4, centrada en el estudio de las fases lunares, se destaca un momento clave, el cual, implica la observación de una fase lunar específica desde diversas latitudes terrestres mediante una simulación en *GeoGebra*⁸. Las respuestas de los grupos referentes a lo que sucede al realizar esto, se consignan en la *tabla 21*.

Tabla 21

¿Qué pasa al observar la Luna desde diferentes latitudes?

Actividad #4		
Grupo	Ítem	Respuesta
GA1	5	“En el cuarto menguante se encuentra clara solo del lado izquierdo y a medida que la latitud va cambiando al sur, se va girando sin dejar de ser visible el lado izquierdo de modo que llega a los 90° lado sur y ahora parece cuarto creciente”.
GA2	5	“En luna nueva, ni siquiera cambia cuando la latitud cambia de grados”.
GI1	5	“La vemos desde perspectivas diferentes dependiendo de su ángulo”.
GI2	5	“Al ver la Luna en una latitud distinta está rota o cambia su lado de iluminación”.

Se puede evidenciar que grupos como GA1, GI1 y GI2 tienden a resaltar que conforme se observa la Luna en una misma fase desde latitudes diferentes, entonces la manera como se visualiza dicha fase también variará, para esto utilizan argumentos como que rota, que ya pareciera que es otra fase lunar o que cambia su lado de iluminación. Lo anterior da cuenta de aspectos de orden disciplinar a tomar en consideración, como, por ejemplo, el hecho de que los grupos ya reconocen como se debe visualizar la Luna en determinada fase, y, en consecuencia, reconocen que la forma esférica de la Tierra afecta como se ven las fases lunares en distintas latitudes terrestres.

Es necesario recalcar también que en el caso de GA2 no evidencian ninguna variación de la fase lunar al cambiar la latitud desde la que se observa; si bien no era lo esperado, resaltamos algunas razones por las que podría haber pasado este suceso, tales como, un defecto particular en la simulación a la hora de utilizarla o una incorrecta interpretación del grupo al pensar que, porque la Luna solo rotaba, entonces no era una consideración a tener en cuenta.

En los hallazgos obtenidos en esta subcategoría, se evidencia cómo la interacción con TDIC les permitió a los grupos desarrollar representaciones o conceptualizaciones a lo largo de las

⁸ <https://www.geogebra.org/m/h7xchryq>

actividades. En este sentido, las TDIC jugaron un papel crucial al facilitar el acercamiento a modelos a escala y la aproximación a distancias astronómicas. Además, posibilitaron el estudio de los principales movimientos planetarios y las variables que influyen en su movimiento. Las TDIC también fueron fundamentales para analizar el movimiento de los cometas y comprender las propiedades y componentes principales de las elipses. Por último, estas herramientas tecnológicas permitieron estudiar las fases lunares y los eclipses, lo que ayudó a los participantes a desarrollar representaciones de estos fenómenos en momentos específicos.

En conjunto, estos hallazgos subrayan la contribución de las herramientas digitales al permitir no entregar a los grupos el conocimiento como un saber terminado o certero, sino que brindan la oportunidad adoptar sus propias percepciones y representaciones internas, lo que favorece el principio de aprendizaje como perceptor/representador.

5.1.2 Subcategoría 2: Papel en la comprensión de asuntos epistemológicos

Dentro de la comprensión de asuntos epistemológicos, se entiende el conocimiento como invención humana que cobra sentido por la participación activa de los implicados en el proceso de construcción de significados a partir de lo nuevo. En este sentido la presente subcategoría se enfoca en actividades en las que se transforman conocimientos previos de los grupos mediante la interacción con TDIC y material específico.

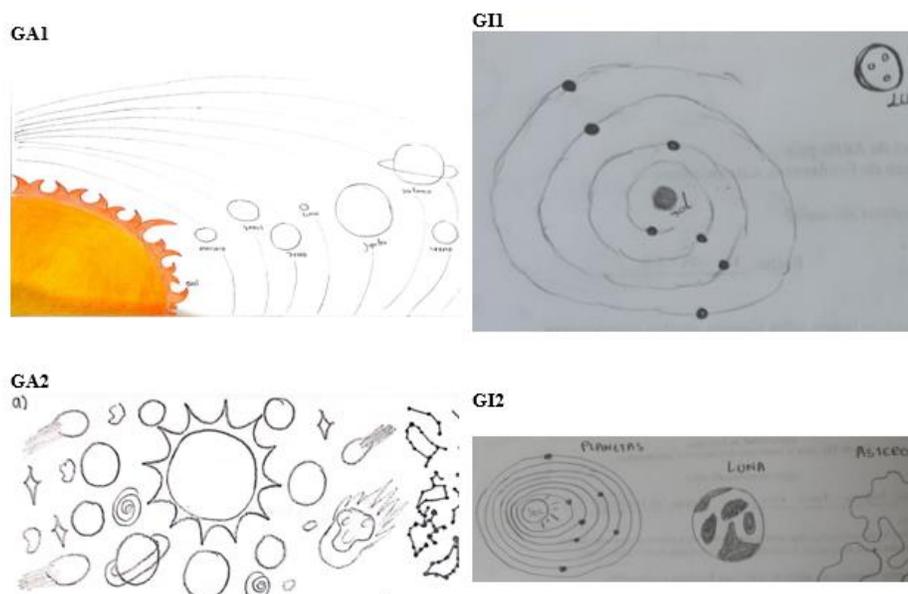
En esta línea, se tuvieron en cuenta los apartados de la implementación en los que, en primer lugar, se constatan los conocimientos previos de los grupos respecto al movimiento, magnitudes y características de los astros, y posteriormente, los apartados en los que se trabajan estos mismos conocimientos, pero ya con una interacción de los grupos con herramientas digitales, esto con el fin de analizar cómo se afianzan o se transforman dichas ideas preconcebidas. De esta manera, los apartados a tener en cuenta son: cuestionario diagnóstico (Ver Anexo B), ítems 1, 2.1 y 2.2 de la actividad 2 (Ver Anexo D) y los ítems 2, 4, 7, (a) de la actividad 4 (Ver Anexo F).

Se destaca que el cuestionario diagnóstico fue completado individualmente por cada estudiante. Sin embargo, para el análisis, se trató de encontrar puntos de encuentro y diferencias en las respuestas de los integrantes, dando un balance de las respuestas obtenidas. En este sentido, al mencionar un grupo durante el análisis de la encuesta diagnóstica, se hace referencia a un análisis general con puntos de encuentro y desencuentro de las ideas previas recogidas dentro del grupo.

Dentro del análisis del cuestionario diagnóstico, en el ítem (a) se solicitó realizar una ilustración del Sistema Solar, mostrando los objetos astronómicos que conocen y la posición que ocupan en él. Las ilustraciones elaboradas se presentan en la *figura 15*.

Figura 15

Ilustraciones de los grupos del sistema solar.



En términos generales, las ilustraciones evidencian que los grupos tienen conocimiento inicial sobre la existencia de diversos objetos dentro del sistema solar, destacando principalmente el Sol, la Luna y los planetas, y muestran las posiciones que ocupan estos objetos dentro del sistema solar. Las ilustraciones de los grupos reflejan una coincidencia en el modelo heliocéntrico de Copérnico, donde los planetas orbitan alrededor del Sol, aunque suelen errar en la representación precisa de las órbitas planetarias. Esto sugiere que los grupos no suelen concebir modelos como el geocentrismo de Ptolomeo, en el cual tanto los planetas como el Sol giran alrededor de la Tierra (Sepúlveda, 2012).

En el caso del GA1, se destaca una representación adecuada de las trayectorias de los planetas alrededor del Sol, así como la distribución de estos en el sistema solar. Sin embargo, a pesar de realizar una aproximación a los tamaños de los planetas, no se mantiene una proporción adecuada con respecto al Sol. También se dibuja a Plutón como planeta y no se ubica a Marte en

ningún lugar. Por último, aunque la Luna está presente, se representa con una trayectoria similar a la de los planetas, en lugar de mostrarla orbitando alrededor de la Tierra.

En la ilustración del GA2, se pueden identificar varios objetos astronómicos, como planetas, el Sol, constelaciones, cometas y agujeros negros, aunque estos últimos no forman parte del sistema solar. Sin embargo, el grupo no proporciona una representación precisa de cómo están ubicados estos objetos dentro del sistema solar.

En el dibujo realizado por el GI1, se observa que las trayectorias de los planetas están representadas como si fueran una sola en forma de espiral y estuvieran conectadas. Además, al igual que el GI2, solo se dibujan siete planetas. Sin embargo, en ambos casos, la Luna y, en el caso del GI2, los asteroides, se ilustran fuera del dibujo del sistema solar, lo que sugiere una falta de claridad sobre su posición dentro del sistema solar.

A modo general, las actividades llevadas a cabo en las diferentes sesiones con la ayuda del simulador *Solar System Scope* tuvieron un acercamiento directo a la Luna, los planetas y asteroides, identificando que estos objetos son parte del sistema solar; además se pudo identificar la posición de ellos dentro de él. En esta misma línea, según los D1 y D2, aunque los asteroides, constelaciones y planetas enanos no fueron abordados dentro de alguna actividad, en medio de las interacciones de los grupos con el simulador *Solar System Scope* se hicieron evidentes estos objetos astronómicos, y, por tanto, se hicieron claridades en términos de que estos objetos también pertenecían al sistema solar.

En el ítem (d) del cuestionario diagnóstico, se preguntó sobre cómo se mueven los planetas, las respuestas a este ítem se detallan en la *tabla 22*. Posteriormente, en la actividad 2, titulada "*En órbita*", se abordan aspectos relacionados con el movimiento planetario que van guiando la exploración del movimiento de los planetas en diferentes momentos.

Tabla 22

¿Cómo se mueven los planetas?

Cuestionario diagnóstico		
Grupo	Ítem	Respuesta
GA1	d	“Sobre su propio eje”.
GA2	d	“Sobre su órbita, ya que es la trayectoria que hace mientras haya una fuerza que lo atraiga”.
GI1	d	“Los planetas se mueven según su gravedad, estos rotan como en una espiral escapando de llegar al Sol entonces van ascendiendo”.
GI2	d	“En rotación alrededor de una masa más grande y en traslación alrededor de sí mismos”.

En las respuestas del cuestionario diagnóstico, se reconoce que los grupos tienen unas ideas iniciales respecto a los movimientos de los planetas sin llegar a ser completas o del todo acertadas; en este sentido el GA1 menciona el movimiento sobre su propio eje, dando a entender que conoce el movimiento de rotación; en el caso del GA2 se especifica que el planeta se mueve sobre su órbita, pero no detallan nada de su forma u algún otro movimiento asociado; el GI1 menciona que los planetas se mueven en espiral escapando de llegar al Sol y, por último, el GI2 reconoce la rotación y traslación sin llegar a tener claridad sobre cada uno de estos. En este sentido, por un lado, se obtuvieron respuestas sobre el movimiento de rotación y traslación, y, por otro lado, se menciona la órbita.

En correspondencia con en el ítem 1 de la primera actividad, se consultó por la forma de la órbita de los planetas, en este sentido, se obtuvieron las respuestas consignadas en la *tabla 23*.

Tabla 23

¿Cómo describirían la forma de la órbita del planeta?

Actividad 2: En órbita		
Grupo	Ítem	Respuesta
GA1	1	“Es una circunferencia porque están a la misma distancia en cualquier posición”.
GA2	1	“No puede ser una circunferencia, porque tendrían que estar todos los planetas a la misma distancia, así que es una elipse la figura más cercana al simulador”.
GI1	1	“La órbita que realiza Mercurio es una circunferencia porque está más cerca al Sol”.
GI2	1	“Sí, porque es la trayectoria del planeta al avanzar el tiempo, la forma de su secuencia parece una circunferencia”.

De esta manera, con el uso del simulador *Solar System Scope*, los grupos GA1 y GI1 describieron la trayectoria de los planetas como una circunferencia. Esta descripción puede atribuirse al hecho de que los planetas más cercanos al Sol tienen órbitas poco excéntricas y se asemejan a circunferencias, como se evidencia en la *figura 16*. En contraposición, en la ilustración inicial, el GA1 representó las órbitas de los planetas alrededor del Sol como una elipse, mientras que el GI1 las describió como una espiral conectando los planetas. Por otro lado, el GI2 afirmó que la órbita parecía una circunferencia, aunque no estaba seguro y su ilustración mostraba órbitas elípticas. Finalmente, el GA2 evidenció que la trayectoria se describe como una elipse, pero en su ilustración inicial no representó las órbitas planetarias. En este sentido, aunque la simulación no permitió una conceptualización exacta de la forma de las órbitas planetarias, ayudó a visualizar y aproximar conceptualmente a los movimientos planetarios, lo que permitió abrir el campo hacia el estudio de las elipses.

Figura 16

Visualización de órbitas de planetas cercanos al Sol.



En el espacio de la misma actividad, los grupos continuaron con la observación y análisis del movimiento de los planetas, centrándose particularmente en los ítems 2.1 y 2.2. Estos ítems indagaron sobre qué movimientos realiza el planeta asignado y las direcciones de estos movimientos. Los resultados de estas observaciones se consignan en la *tabla 24*.

Tabla 24

¿Qué movimientos identifican en los planetas? ¿cuál es su dirección?

Grupo	Respuesta (2.1)	Respuesta (2.2)
GA1	“Gira y da vueltas alrededor del Sol” (Venus).	“Rota para la izquierda y la trayectoria es para la derecha”.
GA2	“Su traslación es demasiado lenta en toda la órbita y su rotación también es lenta, tanto que le toma 83 años girar alrededor del Sol” (Urano).	No responde.
GI1	“Identificamos dos movimientos, cuando nos alejamos se ve un movimiento circular alrededor del Sol y cuando nos acercamos el planeta gira en sí mismo” (Mercurio).	“Si giran en la misma dirección porque el planeta en la órbita sigue la dirección del Sol”.
GI2	“Los movimientos que identificamos fueron ovalados alrededor del Sol, el otro movimiento encontrado fue que este hace vueltas en dirección contraria al Sol” (Venus).	“No tienen la misma dirección ya que cuando hace traslación va hacia la derecha, mientras que cuando hace rotación va hacia la izquierda”.

En este caso, los grupos reconocen en el movimiento del planeta asignado los dos movimientos principales de los planetas, el de traslación y el de rotación, además, se evidencia como GI2 pasa de concebir la trayectoria del planeta como una circunferencia a utilizar la palabra “ovalado” para referirse a esta. Asimismo, los grupos GA1, GI1 y GI2 presentan afirmaciones sobre la dirección de los movimientos de los planetas en el simulador. Es destacable que Venus exhibe un movimiento de rotación distinto al de los demás planetas. De esta manera, el hecho de que GA1 y GI2 llegaran a dicha conclusión, demuestra un papel activo en el análisis de los movimientos planetarios mediante la manipulación de *Solar System Scope*, llegando a identificar correctamente los principales movimientos que caracterizan a los planetas.

Con relación al estudio de la Luna y los fenómenos relacionados, se exploraron preguntas específicas durante el proceso. Por ejemplo, en el ítem (e) del cuestionario diagnóstico, se indagó sobre las causas de los eclipses solares y lunares. Además, en el ítem 7 de la actividad 4, se consultó sobre la franja horaria en la que sería visible un eclipse en una fecha determinada y la posición de los astros implicados durante este fenómeno. Las respuestas a estas interrogantes se detallan en la *tabla 25*.

Tabla 25

¿Por qué ocurren los eclipses? - Posición del Sol, la Luna y la Tierra en el próximo eclipse ¿En qué franja horaria será visible?

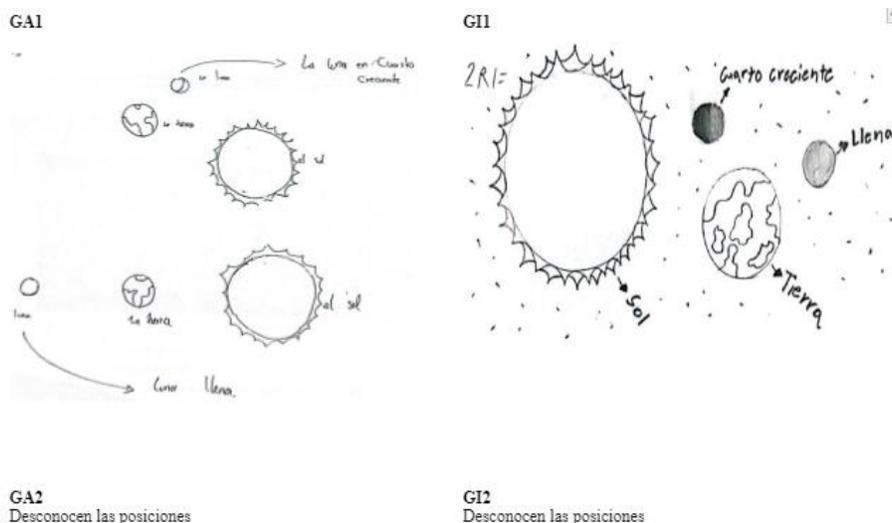
Grupo	Respuesta (e)	Respuesta (7)
GA1	“Por el cruce entre la Luna y el Sol”.	“14/10/2023, comienza a las 3:40 y finaliza a las 5:30”.
GA2	“Por un recorrido que hace la Luna cada cierto tiempo”.	“A las 9:59”.
GI1	“Ocurren porque la rotación que tiene la Luna coincide con la del Sol y se ven las dos caras”.	“En la fecha 08/04/2024 la franja horaria de este fenómeno es desde la 9:54 am hasta las 11:52 am. En la fecha 26/01/2028 la franja horaria de este fenómeno es desde las 6:40 am hasta las 8:45 am”.
GI2	“Es porque mientras estamos de día al frente del Sol pasan masas o asteroides que obstruyen la Luz”.	“08/04/2024, comienza a las 9:40 am y finaliza a las 11:30 am”.

Inicialmente, en el cuestionario diagnóstico, los grupos no tienen muy claro las causas de los eclipses solares y lunares, sin embargo, logran describir algunas ideas preconcebidas sobre su ocurrencia, las cuales tienen cierto grado de validez. Posteriormente, con el uso de *Solar System Scope*, los grupos observaron diversos eclipses en diferentes franjas horarias y desde distintos lugares terrestres. Durante estas observaciones, como se consignó en D1 y D2, los grupos lograron extraer conclusiones acertadas sobre la ubicación de los tres astros implicados. Siguiendo a Martínez (2017), los eclipses solares ocurren cuando la Luna se interpone directamente entre la Tierra y el Sol en el mismo plano orbital. Por otro lado, el eclipse lunar se produce cuando la Tierra se encuentra ubicada entre el Sol y la Luna, bloqueando la luz solar directa y proyectando una sombra sobre la superficie lunar; este proceso puede ocurrir únicamente durante la fase de Luna llena.

Igualmente, en el estudio de la Luna y sus fenómenos asociados, en el ítem 2 del cuestionario diagnóstico y el ítem 4 de la actividad, se cuestionó por las posiciones de la Tierra, el Sol y la Luna durante diferentes fases lunares. Las respuestas iniciales se constatan en la *figura 17*.

Figura 17

Ilustraciones iniciales de las fases lunares.

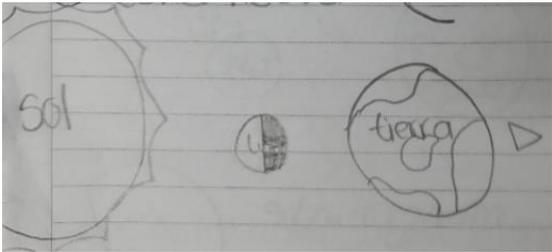


Al observar las ilustraciones realizadas por los grupos, se aprecia un cierto desconocimiento inicial en cuanto a las posiciones relativas del Sol, la Luna y la Tierra durante cada fase lunar. Aunque los grupos se aventuraron a proponer algunas disposiciones de estos tres astros, solo la representación elaborada por el grupo GA1 en relación con la Luna llena se aproxima a lo que se considera correcto en la comunidad académica. Según esta, durante la fase de Luna llena, la Luna debe encontrarse en el punto opuesto al Sol con la Tierra ubicada entre ambos, de modo que la Luna esté completamente iluminada y visible desde la superficie terrestre. En el caso de GA2, es importante destacar que, si bien no logran ubicar adecuadamente las posiciones relativas del Sol, la Luna y la Tierra durante las diferentes fases lunares, sí ofrecen una representación visual de cómo podría lucir la Luna en dichas fases.

En la actividad 4, luego de interactuar con la simulación de fases Lunares en *GeoGebra*, los grupos dispusieron de más argumentos que les permitieron ilustrar o describir la posición de la Tierra, el Sol y la Luna en determinada fase. Estos argumentos e ilustraciones se registran en la *tabla 26*.

Tabla 26

Posición del Sol, la Luna y la Tierra en diferentes fases lunares.

Grupo	Ítem	Respuesta
GA1	4	“Luna nueva: la Luna se encuentra entre la tierra y el Sol, todos de forma lineal. Cuarto creciente: la Luna se posiciona bajo la Tierra y al frente el Sol. Luna llena: la Tierra está entre el Sol y la Luna, todos de forma lineal. Cuarto menguante: la Luna se posiciona arriba de la Tierra y al frente el Sol”.
GA2	4	“Luna nueva: está en el medio del Sol y la Tierra. Cuarto creciente: el Sol está al frente de la Tierra y la Luna está en un ángulo debajo de la Tierra. Luna llena: el Sol está en la izquierda, la Tierra en la derecha y la Luna un poco más abajo de la mitad de la Tierra. Cuarto menguante: el Sol y la Tierra están en la misma posición de siempre, y la Luna está arriba de la Tierra”.
GI1	4	Cuarto creciente: 
GI2	4	Luna llena: 

Mediante la interacción con la simulación en *GeoGebra*, los grupos GA1 y GA2 describieron la posición de los tres astros en determinada fase de manera escrita. En las descripciones se identifica la correcta descripción de los astros en una fase específica. El GI1 y GI2 optan por realizar ilustraciones respecto a la forma cómo visualizan estas posiciones al interactuar con el simulador de las fases lunares en *GeoGebra*.

Si bien, son formas diferentes de representar la información, se evidencia que los grupos posicionan acertadamente la Tierra, el Sol y la Luna en diferentes fases lunares, esto mediante la manipulación de variables como día del período lunar, velocidad y latitud y la representación gráfica correspondiente, como se ilustra en la *figura 18*.

Figura 18

Fases Lunares en GeoGebra



Sin embargo, aunque la simulación de *GeoGebra* permite identificar la ubicación de los astros en una fase lunar específica, presenta limitaciones que surgen de su representación bidimensional; si la ubicación del sol cambia, los grupos presentaban dificultades en ubicar la posición de los astros. En este sentido, se hizo necesario el complemento de otra herramienta como, en este caso, *Solar System Scope*, para explorar y manipular desde diferentes perspectivas la ubicación de los astros y compararlo con la simulación de *GeoGebra*.

Basándonos en los resultados de esta subcategoría, se evidencia que la interacción con diversas herramientas digitales permitió a los grupos fomentar el principio del desaprendizaje que hace alusión a un proceso interno mediante el cual el estudiante adquiere nuevo conocimiento a través de la evolución o transformación de sus conocimientos previos. En este contexto, se visualiza el conocimiento científico como invención o construcción humana en permanente evolución (López, 2014). La provisionalidad de dicho conocimiento se presenta como oportunidad para desarrollar exploraciones y descubrimientos que permitan progresar en las comprensiones propias.

5.1.3 Subcategoría 3: Papel en la mediación pedagógico-didáctica

Analizando el papel de las tecnologías utilizadas en la mediación pedagógico-didáctica, se destaca la importancia de incluir herramientas digitales y su uso pedagógico, lo que implica una ruptura con los enfoques tradicionales de enseñanza. Se apuesta por permitir que los grupos sean protagonistas y forjadores de su propio conocimiento (Pérez-Lisboa et al., 2020, p. 32), como se constata en la *figura 19*. En este sentido, el análisis de esta subcategoría se centra en aspectos metodológicos del diseño y la implementación de la propuesta didáctica, en la que la principal

fuentes de información son los D1 y D2 de los investigadores; allí se documenta cómo el uso de diferentes estrategias didácticas mediadas por las TDIC favorece o no el desarrollo de la implementación didáctica; cabe destacar que las TDIC fueron seleccionadas teniendo en cuenta criterios como la accesibilidad y gratuidad.

Figura 19

Grupos protagonistas y forjadores de su conocimiento



Inicialmente, en la primera actividad se pretende llegar a una aproximación a escalas astronómicas, para ello, se utilizó el simulador *Solar System Scope*. Gracias a esta herramienta, los grupos tuvieron la oportunidad de navegar entre distancias astronómicas para resaltar lo grande que eran en comparación con el ser humano y observar la diferencia de tamaño entre los planetas. Además, permitieron recolectar los datos sobre las distancias medias de los planetas al Sol. Estos datos permitieron trabajar con modelos a escala para tener un mayor acercamiento a la distribución de los planetas alrededor del Sol en un trozo de lana. Asimismo, se utilizó el acceso a internet como fuente de información para investigar datos, por ejemplo, para consultar la circunferencia ecuatorial de la Tierra, calcular cuántas vueltas a la tierra eran en centímetros, en sus respectivos modelos a escala.

En la segunda actividad, se emplearon el *Solar System Scope* y un video como herramientas pedagógicas, con el fin de explorar los movimientos de los planetas e identificar fenómenos

asociados a estos. En este contexto, los grupos pudieron interactuar con los planetas asignados, aprovechando las herramientas y posibilidades que ofrece el apoyo digital para observar tanto los movimientos alrededor del Sol como los propios movimientos de los planetas. Además, mediante videos se dieron claridades sobre algunas de las ideas exploradas con el simulador y la actividad realizada.

En la tercera actividad se utilizó *Solar System Scope*, *GeoGebra* y un video con el objetivo de estudiar las leyes de Kepler en el movimiento de los cometas. Inicialmente el video permitió una introducción al tema de los cometas, contextualizando de qué estaban hechos, y algunas de sus características para así adentrarnos en el análisis de la órbita de los cometas mediante el simulador; en este caso, los grupos identificaron algunas características de los cometas como su órbita elíptica y las peculiaridades de sus movimientos, además de poder comparar los compuestos de algunos cometas y así llegar a particularidades. El uso de *GeoGebra* permitió el estudio de las leyes de Kepler, esto mediante la manipulación de los focos de la órbita de un cometa para así establecer relaciones entre la distancia focal y la forma y velocidad de la órbita, además de identificar los principales elementos y características de las elipses.

A la luz de la última actividad, se emplearon *Solar System Scope*, *GeoGebra* y un video, con el fin de identificar la posición del Sol, la Luna y la Tierra durante diferentes fases lunares o eclipses. Inicialmente, el video proporcionó a los estudiantes un primer acercamiento a las posiciones de los astros implicados durante cada fase lunar, además de describir algunas características de la Luna. Posteriormente, se empleó una simulación en *GeoGebra* que proyecta una representación 2D de la posición del Sol, la Luna y la Tierra durante cualquier fase lunar. Esta herramienta proporciona información sobre el nombre de la fase correspondiente y ofrece la opción de observar la Luna desde diferentes latitudes, de esta manera, los grupos pudieron interactuar y sumergirse en el estadio de las fases lunares y llegar a algunas regularidades. Finalmente, se recurrió a *Solar System Scope* para observar, desde la Tierra o el espacio en formato 3D, la posición de los tres astros en la fecha de un eclipse solar o anular seleccionado por los estudiantes. Esto reafirmó que las posiciones coincidían con las mostradas en la simulación de *GeoGebra*.

Considerando lo expuesto en esta subcategoría, se destaca la importancia de integrar herramientas digitales para potenciar un papel activo en el aprendizaje de fenómenos astronómicos, en el que, como se constata, en los D1 y D2 los grupos mostraron entusiasmo al poder manipular diferentes funciones de los simuladores por sí mismos, lo que les permitió analizar y resolver dudas

surgidas durante las actividades. Esta interacción entre los grupos les brindó la oportunidad de colaborar entre sí y realizar consultas en internet para obtener información adicional relacionada con el tema de estudio de la sesión. En este sentido, el uso de TDIC permitió a los grupos interactuar con los fenómenos de manera práctica y visual, promoviendo un aprendizaje significativo basado en los principios de la no centralización en el libro de texto y no utilización de la pizarra.

A partir de los resultados expuestos, se evidencia cómo el uso de simulaciones digitales, como las proporcionadas por *GeoGebra* o *Solar System Scope* o videos, permiten a los grupos explorar fenómenos astronómicos, establecer relaciones, comparaciones y conclusiones en la medida que estas les ofrecen diferentes perspectivas para la observación y análisis del comportamiento de los cuerpos celestes, como los planetas, los cometas y la Luna, permitiendo así, explorar de manera más efectiva las peculiaridades de los fenómenos astronómicos y llegar a conclusiones fundamentadas sobre los temas estudiados. También, la enseñanza de fenómenos astronómicos se vio favorecida al complementar la integración de las TDIC con un adecuado acompañamiento activo como guía en las actividades por parte de los investigadores.

En esta misma línea, (Rose y Meyer, citado en Pastor et al., 2015) exponen las capacidades y versatilidad inherentes a las herramientas tecnológicas en procesos educativos; así mismo, se evidencian resultados semejantes a los documentos seleccionados en la revisión de literatura, (Pérez-Lisboa et al., 2020; Gutiérrez 2018) respecto a que las herramientas tecnológicas, que permiten que los estudiantes sean protagonistas en la construcción de su conocimiento y se sientan más motivados a la hora de trabajar con estas.

5.4 Categoría 2: Aporte del DUA en el diseño de estrategias para la enseñanza de fenómenos astronómicos mediados por TDIC.

El análisis de esta categoría se centra en aspectos metodológicos del diseño y la implementación de la propuesta didáctica, considerando cómo los principios del DUA han promovido un aprendizaje significativo, a la vez que aboga por el diseño de experiencias educativas universalmente accesibles y efectivas para todos los integrantes partícipes de la investigación. En este sentido, se destaca el cuestionario de cierre y las observaciones consignadas en los D1 y D2

como fuente principal para analizar el aporte del DUA en el diseño de estrategias para la enseñanza de fenómenos astronómicos mediados por TDIC.

De igual manera que el cuestionario diagnóstico, el cuestionario de cierre fue completado individualmente por cada estudiante. Sin embargo, para el análisis, se seleccionó la respuesta de un representante por grupo que generaliza la tendencia de las respuestas de sus compañeros. Por lo tanto, al mencionar un grupo durante el análisis del cuestionario final, se hace referencia a una síntesis de las ideas previas recogidas por el estudiante representante del grupo.

Con el objetivo de favorecer el principio de las diferentes formas de representación, se utilizaron simuladores, contenidos audiovisuales y textos impresos para guiar los contenidos y procesos de las actividades. Además, a pesar de que se utilizó la pizarra para dar algunas claridades, se trató de no enfocarse exclusivamente en su utilización. En esta línea, en el ítem 1 del cuestionario de cierre se cuestionó por cómo el uso de herramientas digitales favoreció el desarrollo de las actividades. La respuesta a este cuestionamiento se presenta en la *tabla 27*.

Tabla 27

Papel de las TDIC en las actividades

Grupo	Ítem	Respuesta
GA1	1	“Fueron muy fundamentales, las considero como un material importante para comprender y visualizar mejor las tareas vistas”.
GA2	1	“Facilitan mucho el desarrollo de las actividades y aportan mucho con el tema de información”.
GI1	1	“Atribuyeron mucho en las actividades porque le mostraban a uno de manera más didáctica la parte astronómica”.
GI2	1	“Ayudar un poco al ser humano ya que aprendemos mucho conociendo cosas nuevas e investigando”.

En este caso, los grupos reconocen diversas ventajas y funciones al realizar las actividades con la mediación de las TDIC. Entre estas se incluyen la capacidad de visualizar y comprender mejor los fenómenos estudiados, el acceso a fuentes de información, el uso como herramientas didácticas y la posibilidad de conectarse con información en línea.

Por otro lado, para favorecer las diferentes formas de expresión y acción, se permitió que los estudiantes manifestaran sus pensamientos y hallazgos durante el desarrollo de las actividades. En este sentido, se destaca la creación de los Padlet en las primeras actividades, en los que los grupos tenían la opción de adjuntar respuestas en formato de audio, imagen o video. Sin embargo,

se evidenció que los grupos prefirieron proporcionar respuestas principalmente mediante material escrito de manera física en las guías que se les entregaban. Según se documentó en los D1 y D2, esto se debió principalmente a que los estudiantes expresaban que les daba vergüenza grabar un video para estos fines o que sentían que podrían cometer más errores al expresarse de manera oral que al hacerlo por escrito.

De esta manera, para acceder a otra forma en que los estudiantes dieran cuenta de lo aprendido, se realizaron preguntas enfocadas a esta necesidad; en específico, en los ítems 4 y 5 del cuestionario final, se cuestiona respectivamente por los conocimientos que obtuvieron en el desarrollo de las actividades y por la utilidad de estos conocimientos en sus vidas cotidianas. Las respuestas a estas cuestiones se presentan en la *tabla 28*.

Tabla 28

Conocimientos adquiridos y su utilidad

Grupo	Respuesta (4)	Respuesta (5)
GA1	“Me ubique más en cuanto a las posiciones de la Luna y sus latitudes, la velocidad de cada cuerpo que órbita en nuestro sistema y me quedo con la aplicación de <i>Solar System Scope</i> que no la conocía y me gustó mucho”.	“Cada que haya un fenómeno, ya sea un eclipse, un cometa o cosas así puedo saber la razón e investigar, el solo hecho de saber lo básico o los principios de este tema, me llena más de curiosidad y ganas de aprender más”.
GA2	“Más acerca de los planetas y su traslación, que, aunque los cometas pasan “cerca de la Tierra” no son visibles al ojo humano y más cerca de la Luna”.	“Que puedo compartirlo con familiares y amigos cuando hablemos acerca de esos temas, me puedo desenvolver más”.
GI1	“Aprendí muchas cosas que no sabía sobre astronomía y que me parecieron muy interesantes, como son los eclipses”.	“Puede ser utilizado para saber en qué momentos puede haber más cosechas de algo o en qué momento se puede cortar el cabello”.
GI2	“Aprendí a conocer más sobre el sistema solar y cambié algunas concepciones erróneas que tenía”.	“En algunos casos nos pueden preguntar algo del sistema solar”.

Los grupos no detallan específicamente los conocimientos adquiridos; sin embargo, tienden a mencionar de manera general algunos conceptos aprendidos en las actividades, haciendo referencia a factores o fenómenos relacionados con los astros estudiados. Por otro lado, las respuestas sobre la utilidad de estos conocimientos en su vida cotidiana ofrecen una amplia variedad, desde la apreciación de la naturaleza misma del conocimiento científico en la humanidad hasta aplicaciones prácticas, como para saber cuándo cortarse el cabello o su relevancia en la agricultura.

Para fomentar la diversidad de formas de implicación, se implementaron diversas estrategias en las tareas educativas para cautivar el interés de los participantes, destacando el empleo tanto de recursos físicos como digitales. Las TDIC desempeñaron un papel fundamental al permitir ajustar el nivel de complejidad de las actividades y brindar el apoyo necesario a los integrantes de los grupos.

En relación con este principio, para explorar aspectos emocionales durante el desarrollo de las actividades, se incluyeron preguntas específicas en el cuestionario de cierre. Específicamente, en los ítems 2 y 3 se indagó sobre las sensaciones experimentadas durante el desarrollo de las actividades, así como sobre los aspectos que más les gustaron y las dificultades encontradas. Los resultados de estas preguntas se detallan en la *tabla 29*.

Tabla 29

Sensaciones y dificultades encontradas

Grupo	Respuesta (2)	Respuesta (3)
GA1	“Siempre he sido muy fanática de temas espaciales, cuerpos celestes, sistema solar y otros fenómenos astronómicos, por lo tanto, me sentí muy cómoda y a gusto”.	“La ayuda de las herramientas y materiales tecnológicos, el trabajo en grupo para socializar y debatir las preguntas y la compañía del profesor para preguntarle cualquier duda”.
GA2	“Me divertí mucho en las actividades y disfruté aprendiendo cosas nuevas sobre el universo”.	“Lo que más me gusto fue el programa <i>Solar System Scope</i> y no enfrente ninguna dificultad, todo muy fácil y divertido”.
GI1	“Me sentí bien y cómoda en el desarrollo de estas actividades”.	“Me gustó mucho la atención y la participación que tenía el practicante con todo el salón y nos ayudaba a resolver las dificultades”.
GI2	“Me sentí muy bien ya que junto con mis compañeras estuvimos apoyándonos y dando nuestra opinión”.	“Los aspectos que me gustaron fueron como uno se acercaba al Sol y a todos los planetas para ver sus movimientos o las distancias de cada planeta. Ninguna dificultad”.

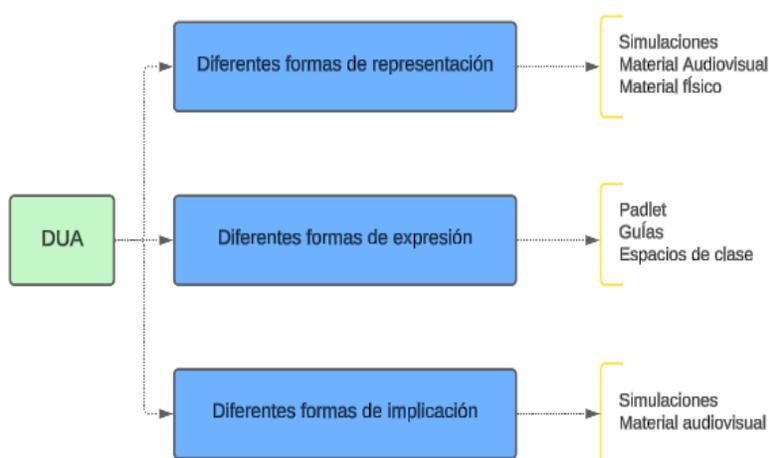
Se destaca que todos los grupos han expresado comentarios positivos con respecto a su participación en las actividades, manifestando sensaciones de comodidad y diversión, lo que ha contribuido a fomentar su implicación en el proceso. Además, en relación con lo que más les gustaba de las actividades y las dificultades encontradas, GA1, GA2 y GI2 han destacado la herramienta *Solar System Scope* y su utilidad, sin mencionar ningún contratiempo en el desarrollo de las mismas. También es relevante mencionar el apoyo brindado por los investigadores durante el desarrollo de las actividades, tal como lo han señalado GA1 y GI1, lo cual ha generado un sentido de vinculación por parte de los grupos con el proceso en su conjunto.

En general, los resultados reflejan una respuesta positiva por parte de los grupos participantes, quienes manifestaron haber experimentado comodidad, diversión y aprecio por las herramientas tecnológicas utilizadas, destacando la utilidad de los simuladores. Además, resaltaron el apoyo brindado por los investigadores durante el proceso, lo que contribuyó a generar un sentido de vinculación y participación activa en el estudio.

En síntesis, las principales estrategias y recursos utilizados en la implementación de la propuesta didáctica enfocada en favorecer la enseñanza de fenómenos astronómicos están mediados por los principios del DUA, de esta manera, en la *figura 20* se sintetizan las estrategias y recursos asociados a cada principio.

Figura 20

Estrategias y recursos que favorecen cada principio del DUA



De esta manera, se destaca cómo los principios del DUA han contribuido al diseño e implementación de la estrategia didáctica, lo que ha permitido promover un aprendizaje significativo y diseñar estrategias accesibles y efectivas para la enseñanza de fenómenos astronómicos mediados por las TDIC.

6 Consideraciones finales

En este capítulo se exponen las conclusiones de la presente investigación, la cual tuvo como propósito central, analizar la contribución de las Tecnologías Digitales de la Información y la Comunicación (TDIC) en la enseñanza de fenómenos astronómicos, desde un enfoque inclusivo con estudiantes de grado décimo en la ciudad de Medellín. Estas conclusiones se alinean estrechamente con los objetivos general y específicos planteados al inicio de este estudio, delineando así una perspectiva sobre la eficacia de la propuesta pedagógico-didáctica en el contexto educativo astronómico. Además, se delimitan posibles direcciones futuras para la investigación que emergen de los hallazgos obtenidos en esta investigación.

Como se señaló en la introducción de la investigación, la enseñanza de fenómenos astronómicos en la educación secundaria en Colombia se ve restringida por algunos desafíos. Estos desafíos incluyen la falta de preparación por parte de los docentes para abordar estos contenidos, así como para utilizar eficazmente las herramientas digitales en el aula. Además, la propia naturaleza abstracta de los fenómenos astronómicos representa otro obstáculo significativo. En este contexto, el presente estudio se enfocó en desarrollar y presentar una propuesta pedagógico-didáctica, fundamentada en algunos principios de la TASC y el DUA, mediada por el uso de TDIC con el objetivo de analizar la contribución de estas herramientas en la enseñanza de fenómenos astronómicos desde un enfoque inclusivo en grado décimo en la ciudad de Medellín.

6.1 Conclusiones

Con base en el análisis previo, se puede concluir que las Tecnologías Digitales de la Información y la Comunicación (TDIC) desempeñaron un papel crucial en la enseñanza de fenómenos astronómicos con estudiantes de grado décimo de las instituciones Educativas Alfredo Cock Arango e INEM José Félix de Restrepo. Estas herramientas posibilitaron a los grupos llevar a cabo una serie de acciones centradas en el desarrollo de representaciones y conceptualizaciones del campo de la astronomía, lo que les permitió establecer relaciones, comparaciones y conclusiones fundamentadas. Las TDIC ofrecieron múltiples perspectivas para la observación y análisis del comportamiento de los cuerpos celestes, como los planetas, los cometas y la Luna, lo

que facilitó una exploración más efectiva de las particularidades de los fenómenos astronómicos y contribuyó a la formulación de conclusiones sobre los temas estudiados.

En cuanto al primer objetivo específico, se encontró desde la literatura científica que, los procesos de enseñanza de la astronomía mediados por herramientas tecnológicas como los simuladores o realidad aumentada pueden brindar diferentes aportes a este campo. Entre estos aportes se encuentra la posibilidad de diversificar la enseñanza y hacer a los estudiantes constructores de su propio conocimiento (Pérez-Lisboa et al., 2020, p. 32), aumentar su motivación en el aula (Gutiérrez, 2018), además de representar para el maestro la oportunidad de ofrecer contenidos educativos más creativos que permiten involucrar a los estudiantes (Peris, 2022).

Con relación al segundo objetivo específico, se destaca que al emplear simuladores como *Solar System Scope*, *GeoGebra*, material audiovisual y herramientas de trabajo colaborativo en línea para la enseñanza de fenómenos astronómicos como el movimiento, las magnitudes y las características de los objetos celestes, los estudiantes muestran una mayor implicación en las actividades debido a las posibilidades de manipulación y apropiación de contenidos intrínsecos a estas herramientas. Este dinamismo y versatilidad promueve el desarrollo de conceptos astronómicos y permite a los estudiantes refinar sus conocimientos de acuerdo con los estándares aceptados por la comunidad científica.

Dentro del último objetivo específico, se encontró que la adopción del DUA como enfoque metodológico permitió promover un aprendizaje significativo y diseñar experiencias educativas universalmente accesibles y efectivas para los participantes de la investigación. Se observó que cuando las herramientas tecnológicas y las estrategias utilizadas estaban en concordancia con los principios del DUA, se generaba un alto compromiso y participación grupal por parte de los estudiantes. En este sentido, el uso del DUA incentivó espacios de aprendizaje colaborativo tanto dentro de los grupos como con otros compañeros, lo que permitió que todos los estudiantes tuvieran la oportunidad de relacionarse activamente con el conocimiento.

Aun cuando en el desarrollo de esta investigación no se contó con algún estudiante en condición de discapacidad, ya sea física o sensorial, la adopción del DUA como enfoque metodológico repercutió en la adquisición de herramientas que atendieran a sus principios y, en consecuencia, se pudo considerar diversas alternativas de enseñanza, de modo que se favoreciera el aprendizaje de todos los estudiantes, posibilitando estrategias que atendieran a sus estilos, gustos e intereses por el conocimiento de la astronomía.

La inclusión de TDIC en el aula no garantiza, por sí sola, una comprensión profunda de los fenómenos astronómicos por parte de los estudiantes. Es fundamental que el docente posea un dominio tanto de las TDIC a utilizar como del contenido disciplinar a desarrollar, así como de las estrategias metodológicas que fomenten la reflexión y la participación activa del estudiante en su propio proceso de aprendizaje. En este sentido, es crucial que se diseñen actividades que desafíen al estudiante, que lo motiven a cuestionar, a poner en práctica sus habilidades y a construir su propio conocimiento de manera significativa.

6.2 Recomendaciones

Es importante destacar que esta investigación sienta las bases para futuros estudios que aborden la inclusión de tecnologías digitales en la enseñanza de la astronomía desde una perspectiva inclusiva. Aunque no resuelve por completo los desafíos actuales en la enseñanza de la astronomía en Colombia, proporciona una serie de consideraciones que deben ser tomadas en cuenta para reflexionar sobre el papel de las herramientas tecnológicas y los enfoques inclusivos en este ámbito educativo.

Para enriquecer las futuras líneas de investigación en el ámbito de la inclusión de tecnologías digitales en el aula y la educación inclusiva, es fundamental considerar algunas recomendaciones. En primer lugar, se sugiere diversificar los usos de las tecnologías digitales, utilizando estas herramientas como fuentes de información, representación, interacción, entre otros aspectos. Además, es importante promover enfoques inclusivos que garanticen una educación accesible para todos, independientemente de las condiciones de discapacidad que puedan presentarse.

Asimismo, se señalan algunas limitaciones evidenciadas en el proceso de implementación para tener en cuenta en futuras investigaciones. En primer lugar, es complejo que los estudiantes abstraigan la forma elíptica de las órbitas de los planetas a partir de la disposición que se presenta de estas en el simulador *Solar System Scope*, ya que, en este, la forma de las órbitas puede ser vistas como circunferencias. Además, la simulación en *GeoGebra* que representaba la ubicación de la Tierra, el Sol y la Luna durante diferentes fases lunares, puede conllevar a un proceso memorístico de estas ubicaciones y no a una comprensión del fenómeno, de tal modo que si se cambia la

ubicación del Sol se presentan dificultades para ubicar los otros dos astros en una determinada fase lunar.

Como futuras líneas de investigación, se podría indagar sobre la contribución de diferentes estrategias de enseñanza inclusiva, como el aprendizaje cooperativo en la enseñanza de la astronomía. Asimismo, estudiar cómo se puede integrar la enseñanza de la astronomía en otras áreas curriculares, como matemáticas, física o ciencias sociales, de manera inclusiva y significativa. También se sugiere comparar el impacto de diferentes enfoques pedagógicos, como el aprendizaje basado en proyectos o el aprendizaje autodirigido en la enseñanza de la astronomía.

En este sentido una pregunta guía para una futura investigación es: *¿Cómo influye la inclusión de la enseñanza de la astronomía en otras áreas curriculares en la comprensión de los estudiantes sobre conceptos astronómicos y su aplicación en contextos interdisciplinarios?*

7 Referencias

- Pastor, C. (2019). Diseño Universal para el Aprendizaje: un modelo teórico-práctico para una educación inclusiva de calidad. *Participación educativa*, 6(9), 55-66. <http://hdl.handle.net/11162/190783>
- Arias, V. (2022). *Las TDIC en la enseñanza de las ciencias: un modelo didáctico para el diseño de propuestas de enseñanza que consideren los retos actuales de la educación científica* [Tesis de doctorado, Universidad de Burgos] RIUBU. <http://hdl.handle.net/10259/7831>
- Ausubel, D. P. (1963). The psychology of meaningful verbal learning [La psicología del aprendizaje verbal significativo]. New York: Grune and Stratton.
- Baquero, A. (2019). *Propuesta didáctica para la enseñanza de la astronomía general en la escuela* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia] Repositorio Institucional UNAL. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/69771>
- Barrantes, A. M. (2017). *Diseño de un ambiente bimodal de aprendizaje de la astronomía* [Tesis de maestría, Universidad Distrital Francisco José de Caldas] Repositorio Institucional Secretaria de Educación del Distrito. <https://repositoriosed.educacionbogota.edu.co/server/api/core/bitstreams/1124ecc2-28d6-47e0-b18b-a348cd4f411b/content>
- Bautista, C. (2011). *Proceso de la investigación cualitativa: Epistemología, metodología y aplicaciones* (1nd ed). Manual Moderno.
- Bautista, Y. y Sánchez, J. (2019). Fraternidad Astronómica: Una Estrategia para la Enseñanza de las Ciencias. *Revista Científica*, 244-251. <http://hdl.handle.net/11349/16990>
- Beckers, I. E., Costa Pereira, J. L., & Trogello, A. G. (2014). O processo de ensino-aprendizagem de Ciências em turmas com alunos deficientes visuais: percepções de professores. *Revista Educação Especial*, 27(48), 127-140. <https://cutt.ly/Nw5NWM15>
- Berners-Lee, T., Hendler, J y Lassila, O. (2001). The semantic web [La web semántica]. *Scientific american*, 284(5), 34-43.
- Bonilla, E. y Rodríguez, P. (2005). *Más allá del dilema de los métodos: la investigación en ciencias sociales* (3nd ed). Grupo Editorial Norma.
- Bonne, N., Gupta, J., Krawczyk, C. y Masters, K. (2018). Tactile Universe makes outreach feel good [El universo táctil hace que la revelación se sienta bien]. *Astronomy & Geophysics*, 30.

- Cabero, J., & Martínez, A. (2019). Las TIC y la formación inicial de los docentes. Modelos y competencias digitales. *Profesorado, Revista De Currículum Y Formación Del Profesorado*, 23(3), 247–268. <https://doi.org/10.30827/profesorado.v23i3.9421>
- Cabero-Almenara, J. y Valencia-Ortiz, R. (2019). TIC para la inclusión: una mirada desde Latinoamérica. *Aula abierta*, 48(2), 139-146. <https://doi.org/10.17811/rifie.48.2.2019.139-146>
- Calderón, S., Núñez, P., Di Laccio, J., Iannelli, L. y Gil, S. (2015). Aulas-laboratorios de bajo costo, usando TIC. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(1), 212-226. <https://www.redalyc.org/pdf/920/92032970014.pdf>
- Camino, N., Nardi, R., Pedreros, R., García, E., & Castiblanco, O. (2016). Retos de la enseñanza de la astronomía en Latinoamérica. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 11(1), 5-6. <https://cutt.ly/yw8UI7Jv>
- Cardona, A. R. (2013). *Breve historia de la astronomía*. Nowtilus, S.L.
- Castañeda, C. A. (2014). Ideas, preguntas y explicaciones de los niños sobre el cielo de Bogotá. *Nodos y Nudos*, 4(36), 91-104. <https://doi.org/10.17227/01224328.3115>
- Cisterna, F. (2005). Categorización y triangulación como procesos de validación del conocimiento en investigación cualitativa. *Theoria*, 14(1), 61-71. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=29900107>
- Cruz, M. C. (2019). *El uso de instrumentos en Astronomía: una propuesta de enseñanza para potenciar la habilidad de observación* [Tesis de pregrado, Universidad Pedagógica Nacional] Repositorio Institucional UPN. <http://hdl.handle.net/20.500.12209/11757>
- de Araújo, K., Castro, H. y Delou, C. (2015). Astronomía para deficientes visuais: Inovando em materiais didáticos acessíveis [Astronomía para personas con discapacidad visual: Innovando en materiales didáticos accesibles]. *Revista eletrônica de Enseñanza de las Ciencias*, 14(3), 377-391. http://reec.educacioneditora.net/volumenes/volumen14/REEC_14_3_7_ex941.pdf
- dos Santos, H., Bueno, L., Trevisan, D. y Pimentel, R. (2019). O Uso Das Tecnologias Digitais Para O Ensino De Astronomia: Uma Revisão Sistemática De Literatura [El uso de tecnologías digitales para la enseñanza de la astronomía: una revisión sistemática de la literatura]. *Research, Society And Development*, 8(4), 1-24. <https://doi.org/10.33448/Rsd-V8i4.812>
- Fontana, A. y Frey, H. (2015). La entrevista: De una posición neutral al compromiso político. En N. Denzin y Y. Lincoln (Eds.) *Métodos de recolección y análisis de datos: manual de investigación cualitativa* (pp 140-155). Gedisa, S.A.

- García, J. L. (2014). Conocimientos astronómicos del profesorado de educación secundaria obligatoria y preferencias metodológicas para la enseñanza de astronomía. *Enseñanza & Teaching: Revista Interuniversitaria de Didáctica*, 32(1), 161-198. <https://doi.org/10.14201/et2014321161198>
- Grisales-Aguirre, A. M. (2018). Uso de recursos TIC en la enseñanza de las matemáticas: retos y perspectivas. *Entramado*, 14(2), 198-214. <https://doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.2.4751>
- Guerrero, M. A. (2016). La investigación cualitativa. *INNOVA Research Journal*, 1(2), 1-9.
- Gutiérrez, C. A. (2018). Herramienta didáctica para integrar las TIC en la enseñanza de las ciencias. *Revista interamericana de investigación, educación y pedagogía*, 11(1), 101-126. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=561059324008>
- Gutiérrez-Saldivia, X. D., Barría, C. M. y Tapia, C. P. (2020). Diseño universal para el aprendizaje de las matemáticas en la formación inicial del profesorado. *Formación universitaria*, 13(6), 129-142. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062020000600129>
- Helene, L. y Marianne, M. (2019). Mala conducta de investigación.
- Hoyos, C. (2000). *Un modelo para investigación documental: guía teórico-práctica sobre construcción de Estados del Arte con importantes reflexiones sobre la investigación*. Señal Editora.
- Ley 1618 de 2013. (2013). Ministerio de Salud. Diario Oficial No. 48.814. <https://cutt.ly/4w8USWqV>
- Ley 1978 de 2019. (2019). Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. Diario Oficial No. 51.025. https://normograma.mintic.gov.co/mintic/docs/pdf/ley_1978_2019.pdf
- López, S. (2014). El aprendizaje significativo crítico. Cuadernos de pedagogía.
- Losada, M., Rodríguez, U., Marzoa, J. y Correa, A. (2013). Evolución de las concepciones sobre astronomía de profesorado en formación tras una intervención educativa con actividad de simulación. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, (Extra), 3612-3617. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/308580>.
- Lugo, N., Bautista, M. y Molina, J. (2022). Fortaleciendo el aprendizaje de conceptos básicos de la astronomía en docentes en formación a través de una secuencia didáctica potenciada por la observación diurna y simulaciones tridimensionales. *Investigações em Ensino de Ciências*, 27(1), 137-159. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2022v27n1p137>
- Martínez, J. M. (2017). Eclipses [conferencia]. *XXII ciclo de conferencias sobre astrología*, Madrid, España. <https://cutt.ly/3w5TJbOO>
- Ministerio De Educación Nacional. (2013). Competencias TIC para el desarrollo profesional docente. Bogotá: Magisterio.

- Ministerio De Educación Nacional: (2006). Estándares básicos de competencias. Bogotá: Magisterio.
- Ministerio De Educación Nacional: (2017). Derechos Básicos De Aprendizaje. Bogotá: Magisterio.
- Moreira, M. A. (2000, del 5 al 6 de julio). Investigación en enseñanza: aspectos metodológicos [congreso]. *Escuela de Verano sobre Investigación en Enseñanza de las Ciencias del Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias: actas*, Burgos, España.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1252220>
- Moreira, M. A. (2010). Aprendizaje significativo crítico. (2de ed). Traducción de Ileana Greca y María Luz Rodríguez Palmero. 1-24.
- M-Piedrahita, R. y Gómez. (2014). Sociedad, cultura y astronomía: dinamizadores de prácticas educativas para la paz. una mirada crítica. *Ra Ximhai*, 10(2), 195-215.
<https://www.redalyc.org/pdf/461/46132726008.pdf>
- Pastor, C. Sánchez, P. Sánchez, J. y Zubillaga, A. (2014). Pautas sobre el Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA). 2, 1-45.
- Pastor, C., del Río, A. y Serrano, J. (2015). Tecnologías y Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA): experiencias en el contexto universitario e implicaciones en la formación del profesorado. *RELATEC: Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, 14(1), 89-100.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5118309>
- Pedrerros, R. I. (2019). La Astronomía Y Su Enseñanza En La Educación Básica Y Media. *Revista Científica, (Número Especial)*, 226–233.
<http://revistas.udistrital.edu.co:8080/index.php/revcie/article/view/14494/14606>
- Pérez-Lisboa, S., Ríos-Binimelis, C. y Castillo, J. (2020). Realidad Aumentada y simuladores: astronomía para niños y niñas de cinco años. *ALTERIDAD. Revista de Educación*, 15(1), 25-35.
<https://doi.org/10.17163/alt.v15n1.2020.02>
- Pérez-Rodríguez, U., Lorenzo-Rial, M., Castiñeira-Rodríguez, N. y Varela-Losada, M. (2023). The use of ICT for teaching historical-astronomical aspects: Galileo's discoveries [Utilización de las TIC para la enseñanza de los aspectos histórico-astronómicos: Los descubrimientos de Galileo]. *HUMAN REVIEW. International Humanities Review/Revista Internacional de Humanidades*, 17(4), 1-11. <https://doi.org/10.37467/revhuman.v12.4753>
- Peris, E. (2022). *El cuento y las nuevas tecnologías en el aula de infantil. Una propuesta didáctica sobre el Sistema Solar* [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Valencia San Vicente Mártir] RIUCV. <http://hdl.handle.net/20.500.12466/2787>

- Postman, N. y Weingartner, C. (1969). *Teaching as a subversive activity [La enseñanza como actividad subversiva]*. New York: Dell Publishing Company.
- Quintanilla, M. y Vauras, M. (2021). Inclusión Digital y Enseñanza de las Ciencias. aprendizaje de competencias del futuro para promover el desarrollo del Pensamiento Científico. *Tecné, Episteme y Didaxis:TED*, (Número Extraordinario), 3598-3598.
<https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/15604>
- Rapley, T. (2014). *Los análisis de conversación, de discurso y de documentos en investigación cualitativa*. Morata S.L.
- Rodríguez, N. (2020). *Astronomía para personas con discapacidad visual: sistematización de una propuesta didáctica en educación superior* [Tesis de maestría, Universidad Distrital Francisco José de Caldas] RIUD. <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/29898>
- Sampieri, R. H. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (6nd ed). McGraw Hill.
- Sanjuán, L. (2019). *Mètodes d'investigació qualitativa [Métodos de investigación cualitativa]* (1nd ed). Oberta UOC. publishing, S.L.
- Sarmiento, J. y Ángulo, E. (2015). *Diseño e implementación de una herramienta didáctica para la enseñanza de los principios de astronomía a niños mediante realidad aumentada, en la fundación colegio cristiano de Cartagena* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia] Repositorio UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/3492>
- Sepúlveda, A. (2012) *Los conceptos de la física. Evolución histórica* (3rd ed.). Editorial Universidad de Antioquia.
- Silva, V., Silva, J., Santos, L. y Cruz, F. (2018). Olhando o passado da Astronomia com o auxílio das TIC: Refazendo (e completando) os passos de Tycho Brahe para a declinação de Marte [Una mirada al pasado de la Astronomía con la ayuda de las TIC: volviendo sobre (y completando) los pasos de Tycho Brahe hacia la declinación de Marte]. *Latin-American Journal of Physics Education*, 12(2), 1-8. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6556403>
- Simões, C. y Voelzke, M. (2020). Aplicativos móveis e o ensino de astronomia [Aplicaciones móviles y enseñanza de la astronomía]. *Research, Society and Development*, 9(10), 1-23.
<https://doi.org/10.33448/rsd-v9i10.8920>
- Stake, R. E. (2010). *Investigación con estudio de casos*. Ediciones Morata, S.L.

- Tapia, L., Valderrama, F. y Jiménez, J. (2018). *Campos conceptuales en la modalidad de taller aprendizaje participativo: una estrategia para la enseñanza de la astronomía de posición y la mecánica celeste* [Tesis de pregrado, Universidad de Antioquia] Repositorio Institucional Universidad de Antioquia. <https://hdl.handle.net/10495/19828>
- Teso, E. (2009). Historia de la astronomía a través de los instrumentos de observación. *100cias@uned*, 2, 1-14. <https://cutt.ly/ew8UACJp>
- UNESCO (2017). Sociedad digital: brechas y retos para la inclusión digital en América Latina y el Caribe. *Unesco*.
- Universidad de Antioquia. (2012). Referente ético. <https://cutt.ly/0w8UT5tj>
- Valderrama, A., Navarrete, D., Torres, N. y Vera, N. (2021). Enseñanza de la astronomía en Colombia: aportes y desafíos. *Tecné, Episteme Y Didaxis: Ted, (Número Extraordinario)*, 2538-2547. <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/15307>
- Valderrama, D. A. (2022). Enseñanza de la astronomía, tensiones y distensiones frente al quehacer docente. *Revista Internacional De Pedagogía E Innovación Educativa*, 3(1), 87–98. <https://doi.org/10.51660/ripie.v3i1.113>
- Varela, M., Pérez, Uxío, Serallé, José. y Arias, A. (2013). Evolución de las concepciones sobre astronomía de profesorado en formación tras una intervención educativa conactivada desde simulación. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas, (Numero Extra)*, 3612-3617. <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/308580>
- Villanueva-Silva, J. y Lozano, G. (2018). Astronomía para la educación: "De Macondo al cielo, del cielo a Macondo". *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 43, 173-189. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0121-38142018000100173&script=sci_arttext

8 Anexos

Anexo A. Consentimiento informado

Participación en el proyecto de investigación titulado

“Contribución de las Tecnologías Digitales de la Información y la Comunicación en la enseñanza de fenómenos astronómicos en décimo grado. Un estudio de caso desarrollado en dos instituciones públicas de la ciudad de Medellín”

La Universidad de Antioquia y la secretaria de educación de Medellín han establecido un convenio que permite el desarrollo de Prácticas Pedagógicas de la Facultad de Educación en la Institución Educativa Alfredo Cock Arango. En el marco de este convenio, se adelanta una investigación en la Lic. en Matemáticas – Lic. En Física que busca analizar la contribución de las TIC en la enseñanza de fenómenos astronómicos desde un enfoque inclusivo. Para su desarrollo se invita a los estudiantes del grado 10-3 del 2023 para que participen a través de las interacciones que se dan entre los estudiantes, profesores y conocimiento disciplinar. En ese sentido, los datos que serán importantes para el análisis en la investigación son:

- Videos y audios que registran algunas sesiones de clase.
- Diálogos, documentos, tablas y demás recursos utilizados en clase y producidos por los estudiantes.
- Audios y video grabaciones de entrevistas.
- Encuestas.
- Fotografías.

Por lo anterior, solicitamos comedidamente su colaboración y respaldo autorizando el registro de esta investigación a través de los medios mencionados, con el fin de que posteriormente sea analizada en función de los objetivos del proyecto. Sobre la participación en el proyecto informamos que:

1. La participación en el proyecto es voluntaria.
2. Los estudiantes se pueden retirar de la investigación en cualquier momento sin que eso represente un perjuicio para ellos.
3. Los estudiantes no tendrán incentivos económicos por su participación en el proyecto.

4. Toda la información obtenida será archivada en papel y medio electrónico y se utilizará sólo para fines académicos. En caso de requerir usar alguna imagen o transcripción para algún informe de investigación se hará guardando la identidad de los participantes.

Manifiesto que no he recibido presiones verbales, escritas o mímicas para participar en el proyecto; que dicha decisión la tomé en pleno uso de mis facultades mentales, sin encontrarse bajo efectos de medicamentos o bebidas alcohólicas, consciente y libremente.

He leído y escuchado satisfactoriamente las explicaciones sobre la participación en esta investigación, Así mismo, he tenido la oportunidad de hacer preguntas a las cuales se me ha respondido satisfactoriamente, por lo que estoy de acuerdo en participar en ella y autorizo el uso de la información obtenida para los propósitos del proyecto.

Firma del estudiante

Nombre:

Fecha:

Número de identificación:

Tel:

Jhordan Villa Palacio

Practicante

Jhordan.villa@udea.edu.co

Firma del acudiente

Nombre:

Fecha:

Número de identificación:

Tel:

Mateo Loaiza Arboleda

Practicante

Mateo.loaiza@udea.edu.co

Anexo B. Cuestionario diagnóstico ¿Qué conocemos del cielo?

Nombre: _____

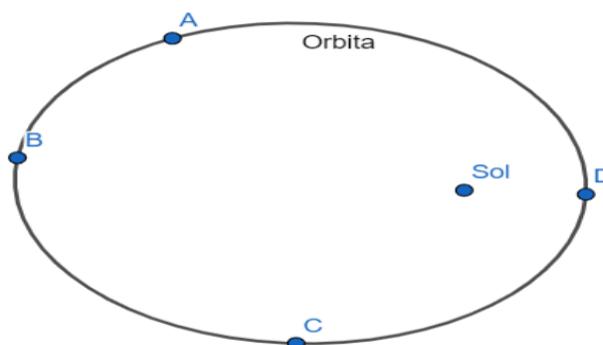
Fecha: _____

Objetivo

Identificar las concepciones e ideas previas que se tienen sobre algunos asuntos astronómicos relacionados con el movimiento, la ubicación y las características de los objetos celestes.

Orientación: Completa cada una de las indicaciones formuladas a continuación.

- a) Realiza una ilustración (dibujo) del sistema solar, en donde se observen los objetos astronómicos que conoces y la posición que ocupan en él.
- b) ¿Qué objetos astronómicos conoces o sabes que existen?
- c) Explica lo que crees que es un planeta.
- d) Explica según tus conocimientos ¿cómo se mueven los planetas?
- e) ¿Por qué crees que ocurren los eclipses solares y lunares?
- f) Imagina que los puntos A, B, C y D son posiciones de un planeta en momentos diferentes ¿qué implicaciones crees que tiene sobre el planeta estas posiciones?



- g) ¿Has tenido alguna experiencia personal relacionada con la astronomía que quieras compartir?



Anexo C. Actividad #1: *Explorando las distancias del Sistema Solar*

Objetivo

Conocer las distancias que existen entre los planetas del sistema solar y aproximarnos a la escala de dichas distancias con ayuda de *Solar System Scope* y con material manipulable.

Roles de los estudiantes

Auxiliar de vuelo: estudiante que registra los datos.

Ingeniero: estudiante que realiza los cálculos.

Piloto de la nave: estudiante que manipula el simulador.

Secuencia de clase

1. Exploración del simulador *Solar System Scope* e identificación de posibilidades.
2. En la siguiente tabla registren la distancia al Sol de cada uno de los planetas usando la información brindada por el Simulador.

Planeta	Distancia al Sol (Km)
Mercurio	
Venus	
Tierra	
Marte	
Júpiter	
Saturno	1.434.000.000 km
Urano	2.800.000.000 km
Neptuno	4.503.300.000 km

- a) ¿Cómo podríamos representar estas distancias a una escala menor? Discútelo en el grupo de trabajo y escribe una posible propuesta.

Recomendación para la conversión a escala de las distancias del Sistema solar.

Ejemplo: como la distancia entre Neptuno y el Sol es la mayor y mide aproximadamente 4.504.300.000 km conviene que la escala sea de 1.000.000.000 km equivalgan a 100 cm, así la anterior distancia sería de aproximadamente 450 cm.

3. Teniendo en cuenta la escala anterior, convierte las distancias de km a cm y anexa los datos en la siguiente tabla.

Planeta	Distancia al Sol (cm)
Mercurio	
Venus	
Tierra	
Marte	
Júpiter	
Saturno	
Urano	
Neptuno	450 cm

4. Construir un sistema solar a escala de la distancia de los planetas al Sol usando lana y chaquiras, de tal modo que el Sol y los planetas sean representados por medio de las chaquiras, para hacer esto, ubique el sol en un extremo de la lana y los planetas a las distancias consignadas en la tabla anterior.

Preguntas de Cierre

- a) ¿Qué llama la atención al representar una escala tan grande para los humanos en un trozo de lana?

- b)** Comparar construcción del sistema solar con el de sus compañeros ¿hay diferencias? ¿A qué creen que se deben?
- c)** ¿Cuáles fueron los desafíos que enfrentaron al hacer esta actividad? ¿Cómo los superaron?
- d)** ¿Qué planetas les resultaron más difíciles de ubicar en la construcción? ¿Por qué?
- e)** ¿Qué diferencias encuentran entre explorar el sistema solar con el simulador y el material manipulable?



Anexo D. Actividad #2: En órbita

Objetivo

Explorar el movimiento de los planetas, identificando algunos de los fenómenos asociados a sus movimientos en el sistema solar.

Roles de los estudiantes

Auxiliar de vuelo: estudiante que registra los datos y respuestas.

Vocero: estudiante que comparte la información del grupo.

Piloto de la nave: estudiante que manipula el simulador.

Secuencia de clase

1. Con ayuda del simulador analizar la órbita del planeta asignado.

Recomendación: observar desde arriba el planeta asignado, de tal modo que por medio de la cuadrícula se pueda analizar la trayectoria que sigue el planeta, además de la distancia a la que está del Sol en cada una de sus posiciones.

- 1.1 ¿Podríamos describir la trayectoria del planeta como una circunferencia o se puede identificar alguna otra figura que se asemeje a esas trayectorias? Explicar.

2. Usando las herramientas disponibles en el simulador, observen detenidamente los movimientos que el planeta realiza mientras órbita alrededor del Sol.

- 2.1 ¿Qué movimientos pueden identificar en el planeta? Describir.

- 2.2 ¿Los movimientos que identificaron anteriormente tienen la misma dirección? Justifiquen su respuesta

3. En la siguiente tabla consignar los datos correspondientes al planeta asignado.

<i>Nombre de Planeta</i>	
<i>Velocidad media de traslación</i>	
<i>Velocidad media de rotación</i>	
<i>Masa</i>	

4. Comparar sus datos con los de otros grupos y responder:

4.1 ¿Qué pueden observar al comparar sus datos con otros equipos?

4.2 ¿Existe alguna relación entre la distancia al Sol y la velocidad media de traslación?
¿Cuál es la relación?

4.3 ¿Existe alguna relación entre la masa y la velocidad media de rotación? ¿Cuál es la relación?

5. Visualizar el video titulado 'Los Movimientos de la Tierra y las Estaciones del Año' y responder la siguiente pregunta.

5.1 ¿Qué fenómenos y prácticas terrestres están asociados al movimiento de la tierra?

Preguntas de cierre

- a) ¿Creen que es importante conocer el movimiento de los planetas, en específico el de la Tierra? ¿Por qué?
- b) ¿Qué comentarios tienen respecto a la actividad?



Asignación de planetas

Planeta	Velocidad de traslación alrededor del sol (km/h)	Velocidad de rotación en el ecuador (km/h)
Mercurio	172.341	10,8
Planeta	Velocidad de traslación alrededor del sol (km/h)	Velocidad de rotación en el ecuador (km/h)
Venus	126.077	6,4
Planeta	Velocidad de traslación alrededor del sol (km/h)	Velocidad de rotación en el ecuador (km/h)
Tierra	106.200	1.674
Planeta	Velocidad de traslación alrededor del sol (km/h)	Velocidad de rotación en el ecuador (km/h)
Marte	86.871	866
Planeta	Velocidad de traslación alrededor del sol (km/h)	Velocidad de rotación en el ecuador (km/h)
Júpiter	47.051	45.259
Planeta	Velocidad de traslación alrededor del sol (km/h)	Velocidad de rotación en el ecuador (km/h)
Saturno	34.821	36.064
Planeta	Velocidad de traslación alrededor del sol (km/h)	Velocidad de rotación en el ecuador (km/h)
Urano	24.619	9.315
Planeta	Velocidad de traslación alrededor del sol (km/h)	Velocidad de rotación en el ecuador (km/h)
Neptuno	19.720	9.658

Anexo E. Actividad #3: Cometas un viaje por el universo.

Objetivo

Analizar el comportamiento y la órbita de diferentes cometas y como las leyes de Kepler nos permiten entender su movimiento en el Sistema Solar.

Roles de los estudiantes

Auxiliar de vuelo: estudiante que registra los datos y respuestas.

Vocero: estudiante que comparte la información del grupo.

Piloto de la nave: estudiante que manipula los simuladores.

Secuencia de clase

1. Observación del video “¿Qué son los cometas?”.
2. Cada grupo tendrá una ficha con información correspondiente a un cometa, analizar su trayectoria en el simulador, comparen la información con la de otros equipos, y responder:
 - 2.1 ¿La trayectoria de los cometas es la misma? ¿Cómo describirían la órbita del cometa asignado? Justifiquen su respuesta.
 - 2.2 ¿Todos los cometas tienen la misma composición? Expliquen su respuesta.
 - 2.3 ¿Que pueden identificar en el movimiento del cometa asignado?
 - 2.4 ¿Pueden encontrar el año de la última vez que este cometa pasó cerca de la Tierra?
¿Cuál es?
 - 2.5 Desde el simulador deduzcan por qué no todos los cometas son visibles desde la Tierra.

Leyes de Kepler

Kepler fue un científico que vivió en una época en la que se creía que los planetas seguían órbitas perfectamente circulares alrededor del Sol. Sin embargo, las observaciones de otro científico llamado Tycho Brahe mostraron que esto no era del todo cierto. Según las observaciones de Brahe, las órbitas planetarias eran más parecidas a óvalos, o elipses. Kepler, en lugar de ignorar estos datos, decidió enfrentar el desafío y encontrar una nueva solución en 1605. Cambió la forma en que entendemos cómo se mueven los planetas en el espacio.

Primera ley de Kepler: Los planetas se mueven en elipses en torno al Sol, que ocupa uno de sus focos.

Segunda ley de Kepler: La línea que une el Sol con un planeta barre áreas iguales en tiempos iguales.

Tercera ley de Kepler: El cuadrado del periodo orbital es proporcional al cubo del semieje mayor.

3. Con ayuda de la simulación en GeoGebra, estudiar las leyes de Kepler y responder:

3.1 ¿Cómo es la velocidad de un cometa en diferentes momentos de su órbita para cumplir que cubra áreas iguales en tiempos iguales?

3.2 ¿Cómo afecta la distancia entre los focos de la elipse al movimiento de un cometa?
¿Hay algún patrón?

3.3 ¿Cuáles son los principales elementos y características de una elipse?

3.4 ¿Cuáles son los dos focos de la elipse?

Cometas periodo corto

Cometa	Composición	Periodo orbital	Diámetro
67P	Agua, monóxido de carbono, dióxido de carbono, amonio y metano.	6.6 años	4 km
Cometa	Composición	Periodo orbital	Diámetro
Halley	Agua, monóxido de carbono y dióxido de carbono.	75.3 años	11 km
Cometa	Composición	Periodo orbital	Diámetro
ENCKE	Agua, monóxido de carbono, metanol, metano, etano, cianuro de hidrógeno, amoníaco y otros.	3.3 años	4.8 km

Cometas periodo largo

Cometa	Composición	Periodo orbital	Diámetro
Siding Spring	Sodio, magnesio y hierro	Un millón de años	1.6 km
Cometa	Composición	Periodo orbital	Diámetro
Lovejoy 2011	Alcohol etílico y glicol aldehído	622 años	500 m

Anexo F. Actividad #4: Fases Lunares y Eclipses

Objetivo

Identificar la posición de la Tierra, el Sol y la Luna durante las diferentes fases lunares y durante un eclipse con ayuda de herramientas digitales.

Roles de los estudiantes

Auxiliar de vuelo: estudiante que registra los datos y respuestas.

Vocero: estudiante que comparte la información del grupo.

Piloto de la nave: estudiante que manipula los simuladores.

Secuencia de clase

1. ¿En qué prácticas humanas se tienen en cuenta las fases lunares?
2. ¿Cómo creen que están ubicados el Sol, la Tierra y la Luna cuando la Luna está en cuarto creciente y llena? Realizar un dibujo que lo represente.
3. Observar el video “fases lunares y eclipses” hasta el minuto 4:00.
4. Describir la posición del Sol, la Tierra y la Luna en cada una de las fases que se presentan a continuación. Utiliza la simulación “fases lunares” en GeoGebra y la siguiente figura para identificarlas.



4.1 Luna nueva

4.3 Luna llena

4.2 Cuarto creciente

4.4 Cuarto menguante

5. haciendo uso de la simulación en GeoGebra, responder: ¿Qué pasa si se observa la Luna en una fase específica desde latitudes diferentes?
6. Terminar de observar el video “fases lunares y eclipses”.
7. Comprueben en el simulador Solar System Scope la posición del Sol, la Tierra y la Luna durante el próximo eclipse solar o anular. ¿En qué franja horaria será visible este fenómeno?

Pregunta de cierre

- a) ¿Qué errores creen que tenían al inicio para explicar la posición del Sol, la Tierra y la Luna en las diferentes fases lunares?

Anexo G. Encuesta de cierre: *Tu Viaje astronómico***Nombre:** _____**Fecha:** _____**Objetivo**

Analizar de manera general las herramientas utilizadas y las actividades desarrolladas con relación al estudio de algunos fenómenos astronómicos.

Con base en tu participación en las actividades, responde:

1. ¿Cómo consideras que el uso de herramientas digitales favorece el desarrollo de las actividades?
2. ¿Cómo te sentiste en el desarrollo de las actividades?
3. ¿Qué aspectos te gustaron de las actividades y qué dificultades enfrentaste en el desarrollo de las mismas?
4. ¿Qué conocimientos nuevos obtuviste en el desarrollo de las actividades?
5. ¿Qué utilidad tienen los conocimientos adquiridos durante estas actividades para tu vida cotidiana?
6. ¿Cuáles aspectos de las actividades desarrolladas crees que podrían mejorarse?