

Intervención Didáctica para la Enseñanza de Astrometría Estelar en Contextos Educativos Rurales

Diana Yicela Pineda Caro ^a
 Daniel Alejandro Valderrama ^a
 Nidia Yaneth Torres Merchán ^a

^aUniversidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia Programa de Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental, Tunja, Colombia

Recibido para publicación 12 ago. 2022. Aceptado tras revisión 30 abr. 2023
Editor designado: Renato P. dos Santos

RESUMEN

Fundamento: La astrometría es un campo de estudio que integra los procedimientos necesarios para determinar la posición y movimientos de los cuerpos celestes, razón por la cual utiliza conceptos propios de las ciencias naturales que se podrían utilizar en la formación científica. **Objetivo:** Identificar conceptos científicos relacionados con la astrometría en contextos de educación básica secundaria rural. **Diseño:** Se diseñó una secuencia de actividades que consta de “Diagnóstico de conocimientos previos”, “Intervención Didáctica” y “Evaluación”. **Ámbito y Participantes:** Participaron 65 estudiantes de 3 Instituciones Educativas Rurales del Departamento de Boyacá en Colombia. **Recolección y Análisis de Datos:** Se implementaron dos cuestionarios, para evaluación de conceptos previos y conceptos fortalecidos, los cuales fueron validados por juicio de expertos en el área y los datos se agruparon en dos categorías de análisis: “Conceptos Astrométricos” y “Técnicas y métodos astrométricos”. **Resultados:** se favoreció el aprendizaje de conceptos astrométricos como evolución estelar, paralaje, clasificación y principios de espectroscopía, además de conceptos físicos como espectro electromagnético, brillo, luminosidad, relación temperatura-color y conceptos matemáticos, algunas relaciones trigonométricas y unidades astronómicas. Sin embargo, se evidenciaron dificultades en relación con conocimientos sobre bóveda celeste, movimientos de los astros y manejo de modelos astronómicos. **Conclusiones:** los estudiantes contaban con escasos conocimientos previos sobre astrometría, los cuales fueron fortalecidos a través de la intervención didáctica, permitiendo asociar conceptos físicos, matemáticos y astronómicos en el aula.

Palabras Clave: Astrometría; Astronomía Educación en Ciencias; Intervención didáctica; Enseñanza.

Autor Correspondente: Diana Yicela Pineda Caro. Email: diana.pineda01@uptc.edu.co

Intervenção Didática para o Ensino da Astrometria Estelar em Contextos Educacionais Rurais

RESUMO

Contexto: A astrometria é um campo de estudo que integra os procedimentos necessários para determinar a posição e os movimentos dos corpos celestes, razão pela qual ela utiliza conceitos das ciências naturais que poderiam ser utilizados na educação científica. **Objetivos:** Identificar conceitos científicos relacionados à astrometria em contextos rurais do ensino médio básico. **Design:** Uma sequência de atividades foi projetada consistindo em "Diagnóstico do conhecimento prévio", "Intervenção didática" e "Avaliação". **Ambiente e participantes:** Participaram 65 estudantes de 3 instituições educacionais rurais do Departamento de Boyacá, Colômbia. **Coleta e análise de dados:** Dois questionários foram implementados para o diagnóstico e teste final, que foram validados por especialistas na área, os dados foram agrupados em duas categorias de análise; "Conceitos Astrométricos" e "Técnicas e Métodos Astrométricos". **Resultados:** o aprendizado de conceitos astrométricos como evolução estelar, paralaxe, classificação e princípios de espectroscopia, assim como conceitos físicos como espectro eletromagnético, brilho, luminosidade, relação temperatura-cor e conceitos matemáticos, algumas relações trigonométricas e unidades astronômicas, foram favorecidos. Entretanto, foram observadas dificuldades em relação ao conhecimento da abóbada celeste, aos movimentos das estrelas e ao uso de modelos astronômicos. **Conclusões:** os alunos tinham pouco conhecimento prévio sobre astrometria, o que foi fortalecido por meio da intervenção didática, permitindo associar conceitos físicos, matemáticos e astronômicos em sala de aula.

Palavras-chave: Astrometria; Educação científica; Ruralidade; Intervenção didática; Ensino.

INTRODUCCIÓN

La astronomía como ciencia ha estado ligada al desarrollo de la mayoría de las culturas y civilizaciones humanas (Montesinos, 2022), dicha ciencia genera en todas las poblaciones, curiosidad e interés espontáneo por su objeto de estudio (Camino et al., 2021). Los conocimientos astronómicos han derivado en desarrollo científico y tecnológico que transforma la cultura de los pueblos a lo largo de la historia (McBride et al., 2018; Valenzuela Vila, 2010). En términos didácticos sus potencialidades radican en la contextualización de fenómenos científicos para el aprendizaje de las ciencias naturales (Alexandre & Leite, 2021; Giordano, 2021), procesos de interdisciplinarietà en el aula, (Elisa et al., 2021; Tytler et al., 2019, 2021), en el desarrollo del pensamiento científico (Bailey & Lombardi, 2022;

Ohyama, 2021; Ríos Martínez et al., 2021) y el fortalecimiento de habilidades científicas (Guillen Muñoz & Ordoñez Suin, 2022; Pham, 2021; Pujani et al., 2022; Ramírez González, 2021).

En consecuencia, se puede asumir la formación en astronomía como una posibilidad didáctica para la formación científica en diferentes contextos (Camino et al., 2021). Dentro del desarrollo epistemológico de la astronomía, surge la astrometría, como un campo de estudio encargado de aplicar técnicas para determinar la posición y movimiento de cuerpos celestes; planetas, estrellas, constelaciones, nebulosas, meteoros y galaxias (Altena, 2012; Kovalevsky, 2002; Observatorio Astronómico UTP, 2016), empleando bases metodológicas y conceptuales de ciencias como la física y la matemática.

A partir de lo anterior y con el fin de evidenciar la importancia de la astrometría en la producción científica y fundamentar esta investigación, se realizó una revisión exploratoria en la base de datos Web of Science, mediante el término “Astrometry”, identificando los documentos publicados entre los años 2019 y 2022, de los cuales se reconocieron 730 artículos en los que predominaron las publicaciones en astrometría estelar (189), Instrumentos, calibración o Software (113), Astrometría de sistemas planetarios (99), Astrometría de Galaxias y cúmulos (140).

Se encontró que la astrometría estelar es el campo de esta disciplina con mayor prospectiva investigativa, esto se hizo evidente en los antecedentes desde aspectos como: identificación de estrellas y consolidación de catálogos estelares de alta precisión (Apellániz et al., 2020; Luhman, 2021; Luhman & Eskin, 2020), clasificaciones espectrales para reconocer características como brillo real, edad, temperatura y composición química de las estrellas (Kyritsis et al., 2022; Yang et al., 2020), medición de distancias estelares (Gehan et al., 2021; Guo et al., 2021) reducción de datos obtenidos en sondas y satélites para determinar movimientos propios, ocultaciones estelares y paralajes (Bowler et al., 2021; Gomes et al., 2022; Marchetti, 2021; Zari et al., 2021).

A partir de lo anterior, se evidenció que la astrometría estelar profundiza en el conocimiento científico y el desarrollo tecnológico; sin embargo, no ha sido lo suficientemente explorada en el contexto educativo. Tan solo a nivel de educación superior se han adelantado investigaciones donde los estudiantes profundizan en conocimientos astrométricos a través del procesamiento de imágenes usando telescopios, reduciendo datos de grado científico y desarrollando simulaciones, prototipos o sensores (Bampasidis et al., 2019; Boldea, 2019; Boldea & Stavinschi, 2021; Newland, 2020; Raab, 2018; Tock, 2020). Por el contrario, en niveles de primaria y secundaria la

astrometría se aborda desde los movimientos de la tierra, la luna y el sol (Galperin & Raviolo, 2019; Güçhan, 2021; Kanellidou & Zacharia, 2019; Salimpour et al., 2021; Slater et al., 2018), pero no se profundiza en métodos y técnicas como el paralaje, la espectrometría y la fotometría, las cuales permiten obtener información sobre la naturaleza de las estrellas y podrían contribuir en la comprensión de conceptos como la física y la matemática, disciplinas que en términos educativos plantean diferentes retos para el estudiantado y cuyas dificultades en su aprendizaje son evidentes en los distintos niveles de formación y particularmente, en el contexto colombiano (Palacios et al., 2021; Rosales, 2022; Torres et al., 2018)

Si bien, algunos conceptos de la astrometría estelar están presentes en los Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales para los grados 7 y 8 (Ministerio de Educación Nacional, 2011), existen limitantes sobre el proceso de abordaje de estas temáticas; entre otras, la escasa formación docente en la disciplina (Ganón & Fernández, 2008; Gómez Valverde, 2015) y el hecho de que las propuestas de innovación didáctica en el área se realicen en las principales ciudades del país, ha dejado que los entornos rurales las estrategias sobre educación en astronomía sean escasas (Valderrama et al., 2021) e incluso con muy pocas estrategias de formación científica en general (Lucia et al., 2016; Mora, 2020). Con base en lo anterior, esta intervención busca que estudiantes de secundaria de tres instituciones educativas rurales, se acerquen al estudio de la astrometría estelar, abordando temas como: movimientos de cuerpos celestes, evolución estelar, espectro electromagnético, diagrama H-R y paralaje estelar; permitiendo, además, reconocer avances tecnológicos como el lanzamiento del satélite Hipparcos, el telescopio Hubble y la sonda GAIA (Altena, 2008; Gouda et al., 2007)

En este estudio se plantearon las siguientes preguntas investigación: ¿Cuáles son los conocimientos previos sobre astrometría estelar en estudiantes entre 13 y 17 años de 3 instituciones rurales del departamento de Boyacá? y ¿Cuáles son los alcances conceptuales de astrometría estelar a partir del desarrollo de una intervención didáctica en el área?

METODOLÓGIA

El estudio contó con una muestra de 65 estudiantes de 3 Instituciones del Departamento de Boyacá, Colombia, distribuidos de la siguiente manera: la primera con 33 estudiantes, 18 de ellos de sexo masculino y 15 de sexo femenino; la segunda, con 14 estudiantes, 8 de sexo

masculino y 6 de sexo femenino; la tercera, con 18 estudiantes, 11 de sexo masculino y 7 de sexo femenino, con edades entre los 13 a 17 años, cuyo grado de escolaridad estuvo entre octavo a noveno de educación básica secundaria. Los contextos de la investigación fueron rurales en Instituciones del Municipio de Saboyá, Tibaná, y Quípama, ubicadas respectivamente a 84,6 km, 40,8 km, y 196,4 km de la Capital del departamento de Boyacá en Colombia.

La naturaleza investigativa del estudio es de tipo cualitativo, puesto que el proceso se enfocó a la lectura de una realidad educativa dinámica, que se interpreta a la luz de los significados y conceptualizaciones de los participantes (Gurdián, 2010) por lo que se recolectaron los datos a través de cuestionarios y observación directa (Osse et al., 2006). Las fases metodológicas fueron: “Diagnóstico”, “Intervención Didáctica” y “Evaluación”. Los resultados de cada una de estas fases fueron analizados a través de dos categorías de análisis: la primera “Conceptos astrométricos” donde se relacionaron términos como estrella, constelaciones, distancia, magnitud, unidades de medida astronómica y astronomía observacional; en la segunda “Técnicas y métodos astrométricos” se analizaron principios básicos de espectroscopía, espectro electromagnético, diagrama H-R y paralaje estelar.

Para la primera fase se adaptó un cuestionario teniendo en cuenta a CAER (1999) y aportes propios de los autores. Este instrumento se constituyó por 11 preguntas con respuestas de selección múltiple, el cual se orientó a reconocer conocimientos previos sobre el sistema solar, unidades de medición, características de las estrellas, paralaje estelar, espectro electromagnético y Diagrama H-R. En la fase de Intervención Didáctica se implementaron 4 talleres relacionados con astrometría estelar, teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el cuestionario diagnóstico. Cada taller se desarrolló en un tiempo de 2 horas, permitiendo abordar una actividad exploratoria y una actividad de profundización en cada uno de los temas planteados. Finalmente, en la prueba de salida se diseñó e implementó un cuestionario de selección múltiple de 10 preguntas que permitió evidenciar los aportes y/o aspectos a mejorar de la intervención didáctica.

En la tabla 1, se encuentran los enunciados del cuestionario diagnóstico y cuestionario de salida.

Tabla 1

Cuestionario Diagnóstico y Cuestionario de Salida.

Categoría De Análisis	Enunciados Cuestionario Diagnóstico	Enunciados Cuestionario De Salida
Conceptos astrométricos	<p>P1. El Pioneer X es una sonda espacial que fue lanzada el 2 de marzo de 1972 y su velocidad en órbita es de 12,04 Km/s. A pesar de que la última señal fue recibida en la tierra hace 18 años, actualmente se dirige hacia la estrella roja de Aldebarán. Si calculáramos el tiempo que le costará a la sonda llegar a la estrella, asumiendo que la distancia entre estas es de 70 años luz, ¿en qué unidades expresaríamos la respuesta?</p> <p>P2. ¿Cómo se puede medir la distancia entre la Tierra y una estrella diferente al Sol?</p> <p>P4. ¿Cuál de los siguientes dibujos muestran con mayor exactitud la órbita de la Tierra alrededor del Sol?</p> <p>P5. Una estrella cefeida es aquella que I) _____ en astrometría son importantes ya que II) _____.</p> <p>P11. El telescopio 'Gaia', de la Agencia Espacial Europea (ESA), ha conseguido la</p>	<p>P1. Teniendo en cuenta que el sistema estelar Alpha Centauri se encuentra a una distancia de 4,3 años luz, ¿Cuál sería la relación en que podemos expresar la en Unidades Astronómicas, sabiendo que 1 año luz equivale a 63241,1 Unidades Astronómicas?</p> <p>P5. Las estrellas rojas o de clase M tienen una temperatura muy _____ en comparación con las estrellas azules o de tipo O.</p> <p>P7. La Unión Astronómica Internacional definió tres características para que un cuerpo celeste fuera considerado planeta. Si alrededor de la estrella Alpha Centauri B se encuentra un planeta. Indique la afirmación incorrecta.</p> <p>P9. Si un astrónomo quisiera realizar mediciones a las estrellas mencionadas en el texto desde la Tierra, el lugar ideal sería el desierto de Atacama, cuyas coordenadas geográficas son latitud -23.65236 y longitud -70.3954. Teniendo en cuenta estas coordenadas, se puede mencionar que el desierto está ubicado en:</p> <p>P10. Como se apreció en la secuencia, para ubicar una</p>

primera gran cartografía de la Vía Láctea y otras galaxias vecinas, esto ha permitido medir con gran precisión la ubicación de estrellas que constituyen las constelaciones zodiacales. Si al mediodía de una fecha determinada en el ecuador terrestre, el Sol está más cerca de la constelación de Géminis. ¿Cerca de qué constelación esperarías que se ubicará el sol al atardecer?

estrella en el cielo, los astrónomos utilizan agrupaciones de estrellas llamadas constelaciones. Las estrellas de una determinada constelación se nombran colocando letras griegas en orden de magnitud de brillo, seguido del nombre de la constelación. A partir de este contexto podemos afirmar que:

**Técnicas Y
Métodos
Astrométricos**

P3. La distancia a la que se encuentra la estrella Polar se calcula mediante un método llamado paralaje, mediante este método se llega a la conclusión de que esta estrella se encuentra a 323 años luz. Es decir, aproximadamente 133 pársec. Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente y la figura 1, un pársec se puede definir cómo:

P2. Si usted fuera científico y le pidieran que señalara cuál es el ángulo del paralaje anual, ¿qué imagen elegiría?

P6. Teniendo en cuenta que las estrellas, incluyendo el sol, emiten radiaciones de onda variables. Se puede afirmar que la velocidad de las ondas de radio y la velocidad de la luz visible es:

P3. ¿Con qué tipo de radiación se tomó la fotografía de Alpha Centauri?

P7. El espectro de emisión de un cuerpo da cuenta de los elementos químicos contenidos en este; por lo tanto, si un astrónomo quisiera comprender la naturaleza química de una estrella como el sol, podría utilizar la técnica denominada.

P4. Debido a que Próxima Centauri es una estrella roja, su espectro H-R se ubicará en la región:

P8. Por medio de la espectroscopía se encontró que la estrella Betelgeuse, ubicada en la constelación de Orión emite una longitud de onda máxima de $(0,7 \times 10^{-6} \text{m})$. Teniendo en cuenta lo anterior podemos decir que la temperatura de la estrella se encuentra en el rango de:

P6. Si te pidieran enumerar los pasos para medir la distancia desde la tierra de la estrella Alpha Centauri B, ¿cuál sería la respuesta que darías?

P9. Si se quisiera diseñar un telescopio espacial, para observar el comportamiento de la estrella Betelgeuse, lo más prudente sería que este observara en la región del espectro:

P8. Si le pidieran que mida la distancia de una de las estrellas Alpha Centauri en Pársec y para ello, usted representa el marco de referencia como un triángulo

rectángulo, ¿a qué
correspondería un pársec?

P10. El diagrama H-R es un gráfico para el estudio de las estrellas (figura 2) que fue diseñado por Hertzsprung y Russell. A partir de este diagrama se puede decir que el Sol:

Los talleres planteados para la intervención se muestran en la tabla 2 donde se establece la matriz de coherencia de la intervención didáctica, relacionando los nombres de los talleres, su objetivo, las actividades propuestas y la categoría de análisis en la que se enfocó.

Tabla 2

Matriz de coherencia Talleres de la Intervención Didáctica.

Taller	Objetivo	Actividad Exploratoria	Actividad De Profundización	Categoría De Análisis
Taller 1. ¿Conozcamos los cuerpos celestes del Universo!	Reconocer las principales características de los cuerpos celestes del Sistema Solar a través de su representación a escala de diámetros planetarios y distancias entre planetas.	¡Dibuja el Sistema solar!	¿Qué tan grande es el sistema solar?	Conceptos astrométricos
Taller 2. ¿Las estrellas se mueven o están fijas?	Reconocer las principales características de las estrellas y reconocer los tipos de movimientos aparentes.	“Estrellas y constelaciones”	¿Construye un Simulador estelar!	
Taller 3: Medición de estrellas: Paralaje estelar.	Comprender el concepto de paralaje, empleando principios matemáticos.	Concepto de Paralaje	¿Construye un astrolabio!	Técnicas Y

Taller 4. ¿Cómo se miden las estrellas según el diagrama H-R?	Explicar el diagrama de H-R, relacionando la temperatura y luminosidad de las estrellas para clasificarlas.	Los colores de las estrellas	¡Construye un espectrómetro casero!	Métodos Astrométricos
---	---	------------------------------	-------------------------------------	--------------------------

Validación de Instrumentos

Algunas actividades propuestas en la intervención tuvieron como referencia estrategias de divulgación científica de la Red para la Educación Escolar en Astronomía (NASE, por sus siglas en inglés). De igual manera, se tuvieron en cuenta algunos conceptos científicos abordados por la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA, por sus siglas en inglés), la Agencia Espacial Europea (ESA, por sus siglas en inglés) y otros observatorios astronómicos. En consecuencia, los talleres de intervención didáctica y cuestionarios fueron validados empleando la técnica de juicio por expertos (Escobar & Cuervo, 2008). En este caso, se contó con la apreciación de dos docentes e investigadores con experiencia en el campo de la astronomía, divulgación y educación científica.

Para realizar este proceso, los expertos evaluaron los instrumentos de manera cualitativa y cuantitativa de una escala de 1 a 5, esto teniendo en cuenta los siguientes aspectos: 1) Credibilidad 2) Aplicabilidad 3) Creatividad y flexibilidad y 4) Correspondencia con el objetivo de la investigación 5) Coherencia con las categorías de análisis. La interpretación de los juicios de los expertos tuvo en cuenta lo siguiente: aceptar los ítems o actividades con valores medios iguales o superiores a 4.0, modificar los ítems o actividades con valores medios entre 3.0 a 3.9 y rechazar los ítems o actividades con valores medios inferiores a 3.

Consideraciones éticas

Este estudio siguió los principios básicos para la protección de sujetos humanos en experimentación según el informe Belmont; los cuales se relacionan con el consentimiento informado, explicación de los beneficios y riesgos de la investigación e implementación de protocolos justos para la selección de participantes (Paz, 2018). Además de ello, en concordancia con la Ley Estatutaria para la Protección de Datos en Colombia (Ley 1581, 2012)

y la Política de Protección y Tratamiento de Datos Personales de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (Resolución 3842, 2013) se garantizó el anonimato en las respuestas de los estudiantes y el permiso para usar datos e imágenes fotográficas. De igual forma, se evitó comparar las instituciones participantes entre sí, respetando los procesos formativos que cada una aborda.

RESULTADOS Y ANALISIS

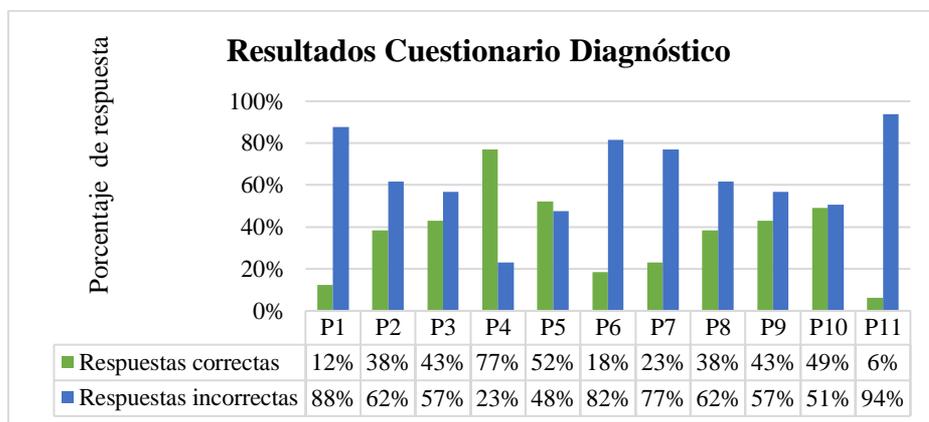
En esta sección se describen los resultados obtenidos en el cuestionario diagnóstico, intervención didáctica y cuestionario de salida.

Cuestionario diagnóstico

A continuación, en la figura 1 se pueden observar los resultados del cuestionario diagnóstico, se evidencia el porcentaje de respuestas correctas e incorrectas. En general, los estudiantes no presentan un amplio conocimiento sobre conceptos astrométricos ni técnicas y métodos empleados en la astrometría, teniendo en cuenta que el porcentaje de respuestas incorrectas superó a las correctas, a excepción únicamente de las respuestas P4 y P5.

Figura 1

Resultados Cuestionario Diagnóstico



Con el fin de analizar los resultados, las preguntas P1, P2, P4, P5 y P11 respondieron a la categoría de análisis “Conceptos astrométricos” y las P3, P6, P7, P8, P9, P10 a la categoría “Técnicas y métodos astrométricos”, tal como se describe a continuación.

Categoría de análisis 1 “Conceptos astrométricos”

Se encontró que el 60% de los estudiantes distinguen los “años” como la unidad de tiempo que tardará una sonda en llegar a una determinada estrella externa al Sistema Solar; sin embargo, casi el 40% restante, entiende la unidad de longitud Años Luz y Segundos luz como unidades de tiempo. Sumado a lo anterior, un 38% de los estudiantes indicó correctamente que para medir la distancia entre la tierra y una estrella diferente al sol debe tener en cuenta la variación de su posición, es decir, la paralaje; sin embargo, se identificó que para un 12% de los estudiantes, prevalece la idea de que las estrellas presentan tamaños similares y que lo que hace que sus luminosidades sean diferentes son las distancias frente a la Tierra.

La anterior dificultad ha sido documentada por otros autores y obedece principalmente a la escasa contextualización, que hacen libros de texto, docentes y divulgadores, frente a las escalas y distancias astronómicas (Sebastià, 2004; Solbes & Palomar, 2013). En consecuencia, esto impide que los estudiantes construyan conocimientos sobre fenómenos del universo que puedan ser empleados para plantear o resolver problemas científicos de tipo interdisciplinar, puesto que es innegable la relación de la astrometría con las matemáticas e incluso, la geografía (Franco, 2017).

En relación con la pregunta P4, se evaluó la temática sobre Sistema Solar y la forma de las órbitas, el cual es un tema curricular para grados 4, 5 y 6 en Colombia (Ministerio de Educación Nacional, 2011). Los resultados constataron que un 77% de los estudiantes respondió correctamente, seleccionando el modelo planetario heliocéntrico con órbitas elípticas alrededor del Sol, por el contrario, un 23% de los estudiantes seleccionaron el modelo planetario heliocéntrico con órbitas circulares, dificultad que ha sido identificada en otros entornos de aprendizaje (Lanciano, 1998; Villanueva Ferrer, 2014).

A partir de la pregunta P5, la cual está relacionada con la temática de evolución estelar para los grados de sexto y séptimo, según los Estándares Básicos de Ciencias Naturales en Colombia (Ministerio de Educación Nacional, 2011), se identificó que el 52% de los estudiantes reconoce de

manera correcta una estrella Cefeida, como aquella que varía su luminosidad cíclicamente y sirven de referencia para determinar distancias estelares.

Este porcentaje, aunque sugiere la necesidad de fortalecer el concepto en casi la mitad de los estudiantes, también indicó que los estudiantes poseen algunas nociones previas que les podrían permitir la comprensión de métodos, técnicas y principios de funcionamiento de los instrumentos empleados para la astrometría.

Respecto a la pregunta P11, se planteó la necesidad de ubicarse en función a unas costelaciones específicas, identificando que un 94% de los participantes respondió de manera incorrecta; tan solo un 6% de los estudiantes reconocen el movimiento de la bóveda celeste y plantean que el Sol se mantendrá en la misma costelación durante el día. Sumado a ello, se determinó que el 35% de los estudiantes comprenden la ruta aparente que sigue el Sol en el cielo a lo largo del día y comprenden que al amanecer se encuentra en el punto cardinal este y al atardecer en el punto cardinal oeste; no obstante, desconoce el movimiento de la bóveda celeste. Estos resultados hacen evidente la necesidad de abordar el tema de constelaciones en la astronomía de posición, puesto que sus conceptos y procedimientos son complementarios a la astrometría.

Categoría de análisis 2 “Técnicas y Métodos astrométricos”

A partir de la pregunta P3 se determinó que un 43% de los estudiantes respondió correctamente, señalando el pársec como una unidad de longitud en astronomía; mientras que un 57% respondió de manera incorrecta, relacionándola con años luz, luminosidad o masas de las estrellas. Estos resultados además de reiterar debilidades en la apropiación de unidades astronómicas también indican el desconocimiento de unidades empleadas para determinar paralajes estelares, teniendo en cuenta la determinación de los puntos sobre los cuales se proyecta una estrella cuando se observa en dos momentos opuestos de la órbita terrestre (CSIC, 2005).

Respecto a la pregunta P6 que indagó sobre el conocimiento de la velocidad de la luz y de las ondas de radio, se identificó que solo un 18% de estudiantes comprende que esta velocidad sería igual. En relación a los resultados obtenidos en la pregunta P7 que permite comprender técnicas para estimar la naturaleza química de una estrella, un 23% de los estudiantes reconoce la espectroscopia como una técnica que permite estudiar el espectro de luz emitida y absorbida por un objeto astronómico, un 33,80% de los

estudiantes consideran que la espectroscopia permite estudiar las estrellas que emiten en la región amarilla del espectro visible, un 36,9% relacionan la espectrometría como el estudio de la velocidad a la que viaja la luz del universo y un 6,15% consideran que la espectro-fotografía es la técnica más apropiada.

La pregunta P8 permitió establecer que un 38,40% de los estudiantes interpreta el diagrama del espectro electromagnético, concepto que explica la naturaleza de la luz y permite comprender la espectrometría, como técnica de la astrometría. En el caso de la pregunta P9, un 43% comprende que, si construyera un telescopio para observar a la estrella Betelgeuse la región del espectro que debería observar se ubica entre el visible e infrarrojo, por otra parte, un 15% considera que la región es Rx e infrarrojo, un 17% ultravioleta e infrarrojo y un 25% radio e infrarrojo.

A partir de los anteriores resultados, se evidencia que el estudio de las estrellas no debe fundamentarse únicamente en la emisión de luz, sino desde la radiación electromagnética, teniendo en cuenta que los cuerpos celestes emiten en todas las regiones del espectro electromagnético, pero con diferente intensidad (Bianchi, 2004).

En cuanto a la comprensión del diagrama H-R y su análisis para clasificar el tipo de estrella que es el sol, un 12,30% de los participantes indicó que el tipo espectral es el G y su ubicación es el centro del universo, un 49,20% indicó que el tipo espectral es G y se encuentra en la secuencia principal, un 20% indicó que el tipo espectral es K y su temperatura es de 5.000 °C; por último, un 18,40% consideró que el sol tiene tipo espectral K y su magnitud aparente es típica de una gigante roja.

A través del cuestionario diagnóstico se concluyó que los estudiantes demostraron un acercamiento moderado sobre el modelo planetario heliocéntrico y caracterización de estrellas. Sin embargo, presentaron dificultades en el reconocimiento de escalas astronómicas, posicionamiento terrestre y estelar, espectro electromagnético y su aplicabilidad en el estudio de las estrellas, evolución estelar, así como relaciones sobre temperatura y color en las estrellas, temas propios de la física moderna. Por tanto, la intervención didáctica propuesta buscó fortalecer el conocimiento en dichos aspectos.

Intervención Didáctica

Taller 1. ¡Conozcamos los cuerpos del celestes del Sistema Solar!

Tal como se planteó en la tabla 2, este taller integró actividades que permiten reconocer conocimientos previos de los estudiantes sobre el Sistema Solar y desarrollar algunos procedimientos matemáticos sencillos para modelar las escalas de diámetros y distancias, a la vez que se van discutiendo conceptos como planeta, órbita, asteroide, satélites, entre otros.

Actividad 1. Dibuja el Sistema Solar: Proporcionando diferentes materiales a los estudiantes se les solicitó dibujar o modelar el Sistema Solar de acuerdo con sus conocimientos previos.

A partir de esta actividad y en coherencia con lo encontrado en el diagnóstico, se evidenció que todos los estudiantes reconocen el modelo heliocéntrico, sin embargo, al observar los dibujos realizados, (figura 2) se pudo apreciar que ningún estudiante utiliza escalas para la representación del Sistema Solar, el 10% de los estudiantes dibujó los planetas en la misma órbita alrededor del sol, el 90% restante representó los planetas en órbitas con la misma distancia entre sí, con configuraciones geométricas muy cercanas al círculo, más que a la elipse. Estas dificultades ya habían sido evidenciadas en otros estudios nacionales (Baquero Soler, 2019; Cruz Solano, 2020).

Figura 2

Algunas representaciones gráficas del Sistema Solar desarrolladas en la actividad.



Actividad 2. ¿Qué tan grande es el Sistema Solar?: En esta actividad se realizó la discusión y conceptualización acerca de las unidades de distancia, incluyendo km, m, Unidades Astronómicas, años luz y pársec; conceptos de geometría como círculo, elipse, diámetro y radio, de igual manera, se

realizaron procedimientos matemáticos para realizar conversión de unidades. Para esta actividad se representó el Sistema Solar a través de la conversión de escalas de diámetros, tomando como referencia 10.000 km por cada cm y en relación a la escala de distancias, cada 10 millones de km fueron representados por un cm de longitud.

Algunas de las principales conclusiones que los estudiantes enunciaron del proceso fueron: “No me imaginaba que los planetas estuvieran tan lejos entre sí en el sistema solar (SIC)”, “Las matemáticas sirven para solucionar problemas astronómicos y que los planetas están demasiado lejos del Sol y el uno al otro (SIC)”. Cabe agregar que a los estudiantes también se les proporcionó la definición de planeta de acuerdo a la Unión Astronómica Internacional (IAU) para que decidieran incluir o no a Plutón en los modelos realizados.

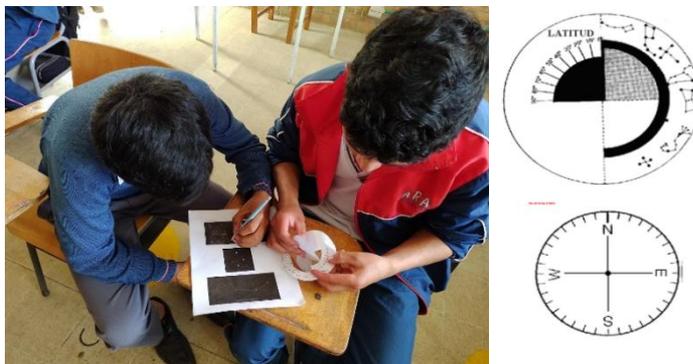
En este taller se hicieron evidente las dificultades conceptuales frente al manejo de escalas, además de la presencia de modelos mentales erróneos, respecto a la distribución del Sistema Solar, los cuales fueron reconstruidos con la demostración matemática de las relaciones entre distancias y diámetros de los diferentes planetas respecto al Sol. En términos didácticos se apreció una construcción conceptual popular de planeta como “Todo lo que órbita alrededor del Sol”, la cual fue resignificada a partir de la definición de la IAU. Por lo tanto, surge la necesidad de profundizar en las características planetarias desde conceptos propios de las geociencias, de manera que exista una profundización frente a estas temáticas, de manera formativa, más que divulgativa.

Taller 2. ¿Las estrellas se mueven o están fijas

Actividad 1. Estrellas y costelaciones: a partir de esta actividad se conceptualizó constelación mostrando algunas de las costelaciones más reconocidas tales como la Osa Mayor, la Cruz del Sur, Escorpio y Tauro, a partir de las imágenes de es estas costelaciones se explicó la clasificación de las estrellas en función a su brillo aparente logrando que la mayoría de los estudiantes pudieran proponer una clasificación a las estrellas de dichas costelaciones (ver figura 3).

Figura 3

Identificación de constelaciones, clasificación de brillo estelar aparente y construcción de simulador estelar. A la derecha modelo de simulador utilizado.



Actividad 2: Simulador de estrellas: en esta actividad los estudiantes construyeron el simulador de la figura 3, para clasificar tres tipos de estrellas con base a las posibilidades de observación en diferentes latitudes, las circumpolares, estrellas con salida y puesta y estrellas invisibles. Para comprender el funcionamiento del simulador, fue necesario realizar un acercamiento al concepto de latitud y coordenadas geográficas, se explicó la medición de la latitud a partir del ecuador terrestre, teniendo en cuenta los grados de la esfera y cómo se distribuyen estos grados en sentido positivo hacia el norte terrestre y en sentido negativo hacia el sur terrestre.

Las principales dificultades conceptuales de este taller residen en la ubicación geográfica, un 82% de los estudiantes, tienen presentes los conceptos de Latitud y Longitud, sin embargo, dichos conceptos no representan para ellos una aplicación en sus realidades contextuales, dificultándoles la lectura de las coordenadas en función de los ángulos respecto al Ecuador o a Greenwich. Esta problemática anteriormente había sido referenciada por Acosta (2019) y Gómez et al. (2019) en otras instituciones educativas de carácter urbano. Se hace necesaria una profundización en astronomía observacional que les permita a los estudiantes reconocer el firmamento y a partir del mismo fortalecer su habilidad de ubicación, ya que el 100% de los estudiantes se presentaron motivados frente al proceso de construcción y uso del simulador de estrellas.

Taller 3. Medición de estrellas: Paralaje estelar

Para introducir el concepto de paralaje se utilizó la típica observación de la variación de posición de un objeto al verlo de forma monocular, alternando el ojo izquierdo y el derecho. Con esta observación se explicó la periodicidad con la que se podría realizar la paralaje estelar y se proporcionaron las relaciones trigonométricas que permiten la realización de este tipo de medidas. Contextualizando un poco las anteriores mediciones se diseñó con los estudiantes un astrolabio casero, como el que se observa en la figura 4, por medio del cual se midieron las alturas de algunos objetos, como árboles, paredes o astas.

Las principales dificultades de esta actividad fueron los procedimientos matemáticos, ya que el 100% de los estudiantes desconocían las relaciones trigonométricas, pero un 70% había abordado conceptos de geometría básica, que integraban aspectos sobre la medición de triángulos, lo que facilitó el proceso de comprensión de la relación trigonométrica. Por lo tanto, con la actividad contextualizada de medición el 96% de los estudiantes encontraron las alturas solicitadas. Nuevamente se apreció motivación y disposición por parte de los estudiantes, frente a las actividades que integraban observaciones y actividades prácticas.

Figura 4

Toma de medida de alturas usando el astrolabio.



Taller 4. ¿Cómo se miden y clasifican las estrellas según el diagrama H-R?

En este taller se realizó la contextualización del diagrama Hertzsprung-Russell, que clasifica las estrellas con base en su magnitud absoluta, la temperatura superficial y la luminosidad. Inicialmente se identificaron percepciones previas de los estudiantes sobre el color de las estrellas, indicando que estas son: “blancas”, “plateadas”, “azules”, “verdes” o “amarillo pollito”. Para poner en controversia estas ideas fue necesario introducir el concepto de espectro electromagnético, de manera que se pudieran esclarecer algunas propiedades de la luz.

Pese a que estos conceptos hacen parte de los estándares básicos de competencias en el área de ciencias naturales, este taller, fue el que representó mayor complejidad para los estudiantes, ya que el abordaje de conceptos de física moderna es escaso en las instituciones de educación secundaria (López Corral, 2020; Sedano Roncancio, 2020). En este sentido, se determinó que el 74% de los estudiantes lograron reconocer a partir de la actividad la descomposición del espectro visible y las regiones del espectro electromagnético, sin embargo respecto a la comprensión de la relación entre la temperatura y el color, los estudiantes lo explicaron desde experiencias cotidianas, “Con la ropa, cuando uno se pone oscura siente más calor y con clara más frío”, “Si hay colores cálidos y colores fríos” sin embargo, no fue posible profundizar en conceptos como la Ley de Wien dado los escasos conocimientos previos de los estudiantes en física y matemáticas. Lo anterior sugiere la necesidad de implementar esta intervención en otros niveles de formación.

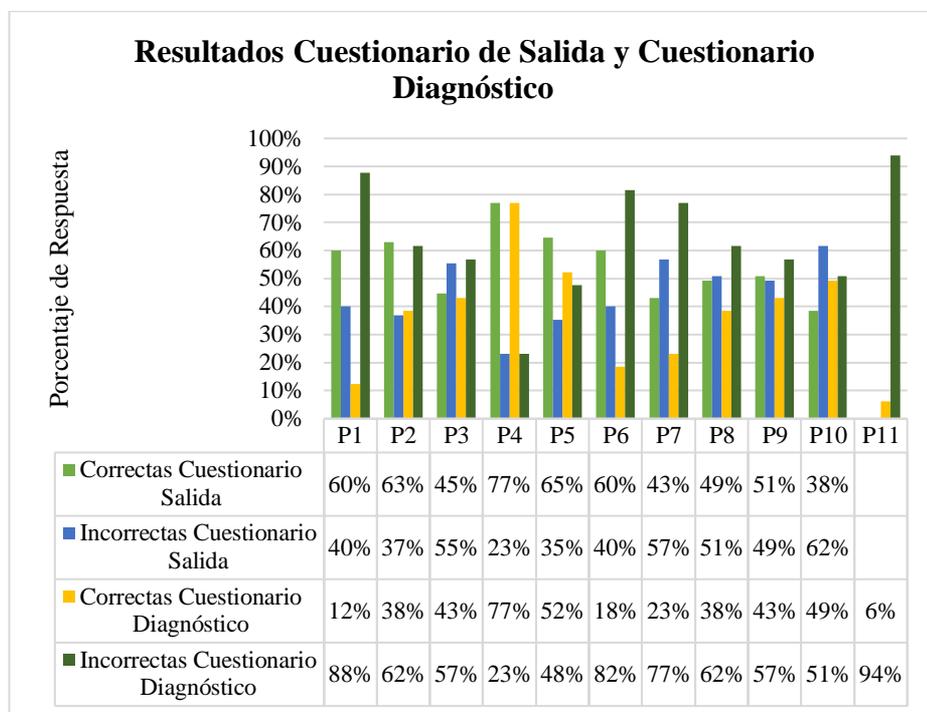
En términos generales, la intervención permitió un abordaje práctico de conceptos astrométricos, como paralaje, naturaleza de la luz, espectro electromagnético, costelaciones, planetas, estrellas, clasificación de las estrellas y unidades astronómicas, de una forma contextual fundamentada en el desarrollo interdisciplinar de la astrometría. En términos de técnicas e instrumentos de la astrometría, se puso en práctica la habilidad de medición y de modelado por medio de escalas, la contrastación de brillos estelares, la medición de paralajes con el uso del astrolabio, la ubicación de estrellas y constelaciones con el simulador estelar y la contextualización de la astrometría, con el espectrómetro casero.

Cuestionario de salida

A partir de la figura 5, se puede evidenciar que, al comparar los resultados de los cuestionarios, el de salida presenta mayores porcentajes de respuestas correctas, exceptuando únicamente la pregunta P10. Igualmente, se observa mayores porcentajes de respuestas incorrectas en el cuestionario diagnóstico en comparación con el cuestionario de salida; aspectos que sugieren un mejoramiento conceptual de los estudiantes debido a la intervención didáctica.

Figura 5

Comparación Resultados Cuestionario de Salida y Cuestionario Diagnóstico



Es importante destacar que las preguntas del cuestionario de salida P1, P5, P7, P9, P10 aportan a la categoría de análisis sobre “Conceptos

astrométricos” y las P2, P3, P4, P6 y P8 a “Técnicas y métodos astrométricos”, así como se describe a continuación.

Categoría de análisis 1 “Conceptos astrométricos”

Con la prueba final se buscó evaluar la aplicación de los conceptos astrométricos en la interpretación de una noticia científica titulada “La mejor imagen del Hubble de Alpha Centauri A y B”. Los resultados obtenidos para esta categoría se describen a continuación.

Como se enunció en el taller 1 de la intervención, se abordaron actividades de conversión de unidades, razón por la cual, la pregunta P1 propuso como situación contextual la necesidad de convertir unidades de longitud años luz a Unidades Astronómicas; frente a ello, se evidenció que el 60% de los estudiantes seleccionaron el procedimiento correcto, siendo un resultado significativo al compararlo con los resultados de la pregunta P1 del cuestionario diagnóstico, donde tan solo un 12% de los estudiantes reconoció el año luz como una unidad de longitud.

En el taller 4 se trabajó la relación entre la temperatura y el color de las estrellas y en la prueba final se evaluó dicha relación con la pregunta P5, evidenciando que el 65% de los estudiantes comprendieron estos conceptos y los contextualizaron desde la lectura del diagrama H-R, planteando que las estrellas de tipo M tienen una menor temperatura que las de tipo O. Esto también significa que es necesario fortalecer aún más el concepto en el 36% restante de los estudiantes.

En relación con la pregunta P7 sobre el concepto de planeta, se evidenció que el 43% de los estudiantes comprendió la definición proporcionada por la IAU, por consiguiente, el 57% no lo hizo. Estos resultados son consecuentes con la actividad de motivación del taller 1, teniendo en cuenta que el 100% de los estudiantes presentó falencias al representar los planetas del Sistema Solar, dibujando órbitas redondas, planetas en la misma órbita o sin tener en cuenta las distancias planetarias y diámetros. Por tanto, la intervención didáctica se vio limitada por los modelos preconstruidos de los estudiantes, que, para este caso, fueron resistentes a un cambio conceptual (Gangui, 2006).

Teniendo en cuenta que en la intervención didáctica los estudiantes construyeron simuladores estelares, donde se involucraban conceptos relacionados con latitudes terrestres, la pregunta P9 tuvo por objetivo evaluar

lo aprendido en dicha actividad. Por esta razón, se proporcionaron las coordenadas del desierto de Atacama en Chile y se solicitó indicar cuál era el hemisferio de dicha ubicación, donde el 51% de los estudiantes logró ubicar el lugar de manera correcta. Estos resultados permiten aseverar que la adquisición de conceptos astrométricos puede verse afectado por las dificultades de orientación espacial que poseen los estudiantes, lo cual se ve reflejado en la limitación de ubicar lugares u objetos que poseen una perspectiva y trayectoria espacial no cercana (Zapateiro et al., 2018).

Finalmente, en lo que respecta a la pregunta P10, se contextualiza la relación del brillo aparente de las estrellas y su relación con la nomenclatura de estas en la constelación donde aparecen, conceptos que se desarrollaron en el taller 2 de la intervención. Con base en lo anterior, se evidencia que el 38% comprenden que el sistema Alfa Centauro A y B poseen el mismo brillo aparente y se ubican en la constelación del Centauro, sin embargo, es necesario fortalecer esta relación ya que al 52% de los estudiantes se les dificultó inferir esta relación a partir de la nomenclatura de las dos estrellas.

Categoría de análisis 2 “Técnicas y Métodos astrométricos”

Tal como se indicó anteriormente, este cuestionario se relacionó con la noticia “La mejor imagen del Hubble de Alpha Centauri A y B” lo cual permitió analizar las preguntas que describen esta categoría.

Para la pregunta P2, se determinó que un 63% de los estudiantes identificaron correctamente el ángulo de paralaje de una imagen que representaba el método para calcular la distancia de una estrella. Resultados que son coherentes con los obtenidos en la pregunta P6, puesto que el 60% de los estudiantes enumera correctamente los pasos para medir la distancia de la tierra a una estrella; es decir, observar la posición de la tierra con seis meses de diferencia, conocer el ángulo de paralaje y la distancia de la tierra al sol y, por último, aplicar fórmulas trigonométricas para conocer la distancia hasta la estrella.

A pesar de estos valores para explicar la paralaje, en la pregunta P8 se asocia la técnica con un marco de referencia como el de un triángulo rectángulo, tan solo un 49% de los estudiantes responde correctamente. Esto demuestra que es necesario fortalecer la formación de conceptos matemáticos y geométricos, previos a abordar conceptos o técnicas astrométricas, de manera que se fomente la resolución de problemas cotidianos y así, lograr un aprendizaje mucho más significativo sobre el principio del paralaje.

En relación con la pregunta P3, que indagó sobre el tipo de radiación con el que se tomó la fotografía Alpha Centauri, un 45% respondió correctamente indicando que fue con infrarroja, la cual no hace parte del espectro visible. En consecuencia, se identificó que un 26% de los estudiantes presentaron confusiones en cuanto a la radiación infrarroja, puesto que la clasifican dentro del espectro visible. A pesar de ello, a través de la pregunta P4 se logró determinar que un 77% de los estudiantes indica que la Próxima Centauri al ser una estrella roja, tendrá mayor longitud de onda en el máximo de emisión y en el espectro H-R se ubicaría en la región roja.

Tal como se pudo apreciar anteriormente, los resultados obtenidos en esta categoría fueron los más significativos en cuanto a la prueba final, específicamente al abordar el método de paralaje, actividad que fue planteada desde la intervención didáctica y el uso de instrumentos como el astrolabio, lo cual fomentó el estudio por las distancias. De igual manera, se evidenció que los estudiantes reconceptualizaron sus ideas previas sobre los colores de las estrellas, entendiendo que el color está relacionado con el espectro de emisión, característica que se puede determinar, junto con otras propiedades a partir de técnicas e instrumentos espectroscópicos.

A pesar de la intervención didáctica los estudiantes tuvieron dificultades para clasificar la radiación infrarroja, definir el concepto de planeta, asociar la paralaje estelar a modelos geométricos y reconocer la diferencia entre la magnitud de brillo de un sistema binario de estrellas, teniendo en cuenta que los porcentajes de respuestas correctas para las preguntas P3, P7, P8 y P10 no superó el 50%.

CONSIDERACIONES FINALES

Esta investigación permitió reconocer que los estudiantes poseen conceptos previos relacionados con la astrometría tales como Sistema Solar, estrella, planeta y modelo Heliocéntrico, principalmente. Así mismo, se evidenció que estos conceptos no siempre se contextualizan con su realidad, por ejemplo, respecto a la ubicación geográfica, los estudiantes definen altitud y longitud, pero presentan dificultades al explicar una coordenada geográfica. Por tanto, es necesario contextualizar estos conceptos y fortalecer habilidades matemáticas, frente a la medición, el manejo de escalas y unidades astronómicas, la ubicación celeste, las mediciones y relaciones matemáticas del paralaje estelar, además de introducir conceptos como espectro

electromagnético, catetos e hipotenusa, evolución estelar y relaciones calor-temperatura

En relación a la intervención didáctica y los resultados obtenidos en esta, fue posible reconocer que se fortalecieron conceptos, técnicas y métodos relacionados con astrometría, por ejemplo el paralaje estelar, la espectrometría, características y evolución de las estrellas, lo cual permitió asociar conocimientos sobre diagrama H-R, coordenadas geográficas, unidades y escalas astronómicas, identidades trigonométricas y conceptos físicos como espectro electromagnético, relación entre temperatura y radiación. Por último, se recomienda la realización de futuras intervenciones enfocadas a la astronomía planetaria y a la astrometría observacional, con el propósito de fortalecer el concepto de planeta, movimientos aparentes de la bóveda celeste y constelaciones.

El estudio permitió identificar las contribuciones de una intervención didáctica sobre astrometría estelar en términos de apropiación conceptual, sin embargo, los resultados hubieran sido mejores si los estudiantes contarán con mayores conocimientos previos sobre la temática. Por tanto, es necesario proponer y desarrollar procesos educativos que lleven a interiorizar el aprendizaje de mediciones astronómicas, espectroscopía, órbitas en sistemas estelares, dinámica de cúmulos y asociaciones estelares, dinámicas planetarias, procesos químicos estelares, teniendo en cuenta que pueden contribuir a contextualizar conceptos abstractos tanto de la física, química y matemáticas.

AGRADECIMIENTOS

A Minciencias por el apoyo a este proyecto a través de la convocatoria 891, a la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia y a los directivos, docentes y estudiantes de las Instituciones Juan Pablo II del Municipio de Saboyá, Andrés Romero Arévalo del Municipio de Tibaná y Divino Niño Jesús de Cormal Quípama en el Departamento de Boyacá, Colombia. A la profesora Eliana Pedreros por su contribución en la implementación.

DECLARACIÓN DE CONTRIBUCION DE LOS ACTORES

Todos los autores participaron activamente en la discusión de los resultados, revisaron y aprobaron la versión final del trabajo.

DECLARACIÓN DE DISPONIBILIDAD DE DATOS

Los datos que respalden los resultados de este estudio serán puestos a disposición por el autor correspondiente, [DYPC], previa solicitud razonable.

REFERENCIAS

- Alexandre, T., & Leite, C. (2021). A espacialidade no ensino de astronomia: um olhar para as pesquisas da área | Revista de Enseñanza de la Física. *Revista de Enseñanza de La Física*, 33, 17–22.
- Altena, W. (2008). The opportunities and challenges for astrometry in the 21st century. *Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica*, 34, 1–15.
- Altena, W. (2012). *Astrometry for Astrophysics*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139023443>
- Apellániz, J. M., Bellido, P. C., Barbá, R. H., Aranda, R. F., & Sota, A. (2020). *The Villafranca catalog of Galactic OB groups: I. Systems with O2-O3.5 stars*. <https://doi.org/10.1051/0004-6361/202038228>
- Bailey, J. M., & Lombardi, D. (2022). Astronomy activities for promoting scientific evaluation. *The Physics Teacher*, 60(3), 230. <https://doi.org/10.1119/10.0009695>
- Bampasidis, G., Galani, L., & Koutromanos, G. (2019). Astronomy in Education: Simulating Space Research Experiment in the Classroom By Writing Computer Codes. *INTED2019 Proceedings, 1*, 5614–5622. <https://doi.org/10.21125/inted.2019.1381>
- Boldea, A. (2019). The impact of teaching computational astronomy on the development of students' computer skills. *EPJ Web of Conferences*, 200, 02001. <https://doi.org/10.1051/epiconf/201920002001>
- Boldea, A., & Stavinschi, M. (2021). *Astronomy Teaching and the Impact of NEA Asteroids on Earth*. 2021(1), 1–5. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.202149BGS55>
- Bowler, B., Cochran, W., Endl, M., Franson, K., Brandt, T., Dupuy, T. J., MacQueen, P., Kratter, K., Mawet, D., & Ruane, G. (2021). The McDonald Accelerating Stars Survey (MASS): White Dwarf Companions Accelerating the Sun-like Stars 12 Psc and HD 159062.

The Astronomical Journal, 161(3), 106. <https://doi.org/10.3847/1538-3881/abd243>

- CAER. (1999). *Astronomy Diagnostic Test (ADT) Version 2.0*.
<https://solar.physics.montana.edu/aae/adt/>
- Camino, N. E., de Biasi, M. S., Paolantonio, S., Merlo, D. C., & Corti, M. A. (2021). Los astrónomos vuelven a la Secundaria. *Revista de Enseñanza de La Física*, 33, 91–100.
- Elisa, S., Gonzatti, M., Spessatto De Maman, A., & Borges Guarienti, D. (2021). Temas De Astronomía Em Feiras De Ciências: Reflexões Sobre Currículos E Interdisciplinaridade. *Revista Latino-Americana de Educação Em Astronomia*, 31, 67–87.
<https://doi.org/10.37156/RELEA/2021.31.067>
- Galperin, D., & Raviolo, A. (2019). Reference frames and astronomy teaching: the development of a topocentric approach to the lunar phases. *Science Education International*, 30(1), 28–37.
<https://doi.org/10.33828/sei.v30.i1.4>
- Ganón, R. P., & Fernández, J. A. (2008). O Ensino Da Astronomia No Uruguai. *Revista Latino-Americana de Educação Em Astronomia*, 5, 9–23. <https://doi.org/10.37156/RELEA/2008.05.009>
- Gehan, C., Mosser, B., Michel, E., & Cunha, M. (2021). Automated approach to measure stellar inclinations: validation through large-scale measurements on the red giant branch. *Astronomy & Astrophysics*, 645, A124. <https://doi.org/10.1051/0004-6361/202039285>
- Giordano, E. (2021). Una progresión de aprendizaje sobre ideas básicas entre Física y Astronomía - Dialnet. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de Las Ciencias*, 16(2), 272–293.
- Gomes, A., Morgado, B., Benedetti, G., Bouffleur, R., Rommel, F., Banda, M., Kilic, Y., Braga, F., & Sicardy, B. (2022). SORA: Stellar occultation reduction and analysis. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 511(1), 1167–1181. <https://doi.org/10.1093/mnras/stac032>
- Gómez Valverde, V. B. (2015). *La formación docente en Ciencias, Física y Astronomía* [Universidad Nacional de Educación a Distancia].
<https://redined.educacion.gob.es/xmlui/handle/11162/157686>

- Gouda, N., Kobayashi, Y., Yamada, Y., & Yano, Y. (2007). Space astrometry project JASMINE. *Advances in Space Research*, 40(5), 664–671. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2007.05.040>
- Güçhan, S. (2021). Integration of inquiry and play: young children's conceptual change in astronomy. *Journal of Inquiry Based Activities*, 11(1), 1–15.
- Guillen Muñoz, M. E., & Ordoñez Suin, B. E. (2022). *Propuesta didáctica para desarrollar habilidades científicas en los estudiantes del 7º EB de la Unidad Educativa República del Ecuador por medio del estudio de la Astronomía* [Universidad Nacional de Educación]. <http://repositorio.unae.edu.ec/handle/123456789/2494>
- Guo, H., Jones, M. G., Wang, J., & Lin, L. (2021). Star Formation and Quenching of Central Galaxies from Stacked Hi Measurements. *The Astrophysical Journal*, 918(2), 53. <https://doi.org/10.3847/1538-4357/AC062E>
- Kanellidou, M., & Zacharia, Z. (2019). Visualizations in primary education. Effects on the conceptual understanding of basic astronomy concepts for children up to ten years old. *EDULEARN19 Conference, July*, 3080–3084.
- Kovalevsky, J. (2002). *Modern Astrometry*. (2nd. ed). Springer.
- Kyritsis, E., Maravelias, G., Zezas, A., Bonfini, P., Kovelakas, K., & Reig, P. (2022). A new automated tool for the spectral classification of OB stars. *Astronomy & Astrophysics*, 657, A62. <https://doi.org/10.1051/0004-6361/202040224>
- Lucia, M., Arango, C., & Fernanda González Rodríguez, M. (2016). La educación rural en Colombia: experiencias y perspectivas. *Praxis Pedagógica*, 16(19), 79–89. <https://doi.org/10.26620/UNIMINUTO.PRAXIS.16.19.2016.79-89>
- Luhman, K. L. (2021). *A Census of the Stellar Populations in the Sco-Cen Complex*. <https://doi.org/10.3847/1538-3881/ac35e2>
- Luhman, K. L., & Esplin, T. L. (2020). Refining the Census of the Upper Scorpius Association with Gaia. *The Astronomical Journal*, 160(1), 44. <https://doi.org/10.3847/1538-3881/ab9599>

- Marchetti, T. (2021). Gaia EDR3 in 6D: searching for unbound stars in the galaxy. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 503(1), 1374–1389. <https://doi.org/10.1093/MNRAS/STAB599>
- McBride, V., Venugopal, R., Hoosain, M., Chingozha, T., & Govender, K. (2018). The potential of astronomy for socioeconomic development in Africa. *Nature Astronomy* 2018 2:7, 2(7), 511–514. <https://doi.org/10.1038/s41550-018-0524-y>
- Ministerio de Educación Nacional. (2011). *Estándares básicos de competencias en ciencias naturales y ciencias sociales: formar en ciencias, ¡el desafío!*. Biblioteca Digital Magisterio. <http://bibliotecadigital.magisterio.co/libro/estandares-b-sicos-de-competencias-en-ciencias-naturales-y-ciencias-sociales-formar-en>
- Montesinos Comino, B. (2022). La astronomía: Pasado, presente y futuro a través de su sociedad científica. *Encuentros Multidisciplinares*, 70, 1–5. <https://repositorio.uam.es/handle/10486/702757>
- Mora, L. G. (2020). Educación rural en América Latina Escenarios, tendencias y horizontes de investigación. *Márgenes Revista de Educación de La Universidad de Málaga*, 1(2), 48–69. <https://doi.org/10.24310/mgnmar.v1i2.8598>
- Newland, J. (2020). Teaching with Code: Globular Cluster Distance Lab. *Research Notes of the AAS*, 4(7), 118. <https://doi.org/10.3847/2515-5172/aba953>
- Ohyama, M. (2021). Development and validation of astronomy-centred cross-disciplinary teaching materials for fostering thinking development. *Impact*, 2021(4), 10–12. <https://doi.org/10.21820/23987073.2021.4.10>
- Palacios, L. A. R., Guifarro, M. I., & García, L. M. C. (2021). Dificultades en el aprendizaje del álgebra, un estudio con pruebas estandarizadas. *Bolema: Boletim de Educação Matemática*, 35(70), 1016–1033. <https://doi.org/10.1590/1980-4415V35N70A21>
- Pham, N. D. (2021). Astronomy in Vietnam. *Nature Astronomy* 2021 5:5, 5(5), 426–427. <https://doi.org/10.1038/s41550-021-01358-4>
- Pujani, N. M., Arsana, K. G. Y., Suma, K., Selamet, K., & Erlina, N. (2022). The Effectiveness of Introduction to Astronomy Teaching Materials to Improve Problem-Solving and Generic Science Skills. *Jurnal*

Pendidikan IPA Indonesia, 11(2), 333–340.
<https://doi.org/10.15294/JPII.V11I2.34801>

Raab, H. (2018). *Astrometrica*. <http://www.astrometrica.at/>

Ramirez Gonzalez, C. A. (2021). *Estrategia didáctica para desarrollar habilidades científicas en estudiantes de séptimo, con el estudio morfológico de las galaxias y la noción de fractales*. [Universidad Pedagógica Nacional].
<http://repositorio.pedagogica.edu.co/handle/20.500.12209/13450>

Ríos Martínez, Y., Cano Polania, L. F., & Gutiérrez Nivia, M. (2021). *La astrobiología como herramienta pedagógica para el fortalecimiento del desarrollo del pensamiento científico en niños y niñas de transición de dos instituciones educativas de Colombia - 11396/6936* [Universidad la Gran Colombia].
<https://repository.ugc.edu.co/handle/11396/6936>

Rosales, L. (2022). Errores del Área de Matemática presentes en el Aprendizaje de la Física - Dialnet. *Negotium: Revista de Ciencias Gerenciales* , 5–18.

Salimpour, S., Bartlett, S., Fitzgerald, M. T., McKinnon, D. H., Cutts, K. R., James, C. R., Miller, S., Danaia, L., Hollow, R. P., Cabezon, S., Faye, M., Tomita, A., Max, C., de Korte, M., Baudouin, C., Birkenbauma, D., Kallery, M., Anjos, S., Wu, Q., ... Ortiz-Gil, A. (2021). The Gateway Science: a Review of Astronomy in the OECD School Curricula, Including China and South Africa. *Research in Science Education*, 51(4), 975–996. <https://doi.org/10.1007/s11165-020-09922-0>

Slater, E., Morris, J., & McKinnon, D. (2018). Astronomy alternative conceptions in pre-adolescent students in Western Australia. *International Journal of Science Education*, 40(17), 2158–2180.
<https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1522014>

Tock, K. (2020). *Google CoLaboratory as a Platform for Python Coding with Students*. 2(1), 1–13. <https://doi.org/10.32374/rtsre.2019.013>

Torres, N., Bolívar, A., Solbes, J., Parada, M., Torres, N., Bolívar, A., Solbes, J., & Parada, M. (2018). Percepciones de Estudiantes Universitarios Sobre su Formación en Física en Educación Secundaria. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 21(2), 599–606.
<https://doi.org/10.31910/RUDCA.V21.N2.2018.975>

- Tytler, R., Mulligan, J., Prain, V., White, P., Xu, L., Kirk, M., Nielsen, C., & Speldewinde, C. (2021). An interdisciplinary approach to primary school mathematics and science learning. *International Journal of Science Education*, 43(12), 1926–1949.
<https://doi.org/10.1080/09500693.2021.1946727>
- Tytler, R., Prain, V., & Hobbs, L. (2019). Rethinking Disciplinary Links in Interdisciplinary STEM Learning: a Temporal Model. *Research in Science Education* 2019 51:1, 51(1), 269–287.
<https://doi.org/10.1007/S11165-019-09872-2>
- Valderrama, D. A., Flórez, D. S. N., Merchán, N. Y. T., & Villamizar, N. V. (2021). Enseñanza De la Astronomía En Colombia: Aportes y Desafíos. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED, Número Extraordinario*, 2538–2547.
- Valenzuela Vila, M. del M. (2010). El nacimiento de la astronomía antigua. Estabilizaciones y desestabilizaciones culturales. *Gazeta de Antropología* , 26(2).
- Yang, P., Yang, G., Zhang, F., Jiang, B., & Wang, M. (2020). Spectral Classification and Particular Spectra Identification Based on Data Mining. *Archives of Computational Methods in Engineering* 2020 28:3, 28(3), 917–935. <https://doi.org/10.1007/S11831-020-09401-9>
- Zari, E., Rix, H., Frankel, N., Xiang, M., Poggio, E., Drimmel, R., & Tkachenko, A. (2021). *Mapping Luminous Hot Stars in the Galaxy*.
<https://doi.org/10.1051/0004-6361/202039726>