



Cualificación para la enseñanza de la Astronomía en el contexto de la formación inicial docente

Daniel Alejandro Valderrama

Trabajo de grado de maestría presentado para optar al título de Magíster en Ciencias Naturales y Matemática

Director

Hernán Darío Toro Agudelo, Magíster (MSc) en Ingeniería

Universidad Pontificia Bolivariana
Escuela de Ingenierías
Maestría en Ciencias Naturales y Matemática
Medellín, Antioquia, Colombia

2025

El contenido de este documento no ha sido presentado con anterioridad para optar a un título, ya sea en igual forma o con variaciones, en esta o en cualquier otra universidad.

Dedicatoria

Con gratitud y reverencia, dedico este esfuerzo:

A mis estudiantes, quienes cada día me reinventan, me inspiran y me moldean en el ser y el pensar. En ellos yace el latido de un cambio que desafía y construye; con su nobleza y su amor por el mundo, serán el presente y el porvenir de nuestra transformación social, guardianes de un futuro que aún podemos salvar.

A Alexandra, compañera de travesía, cuya amistad es cimiento de mi crecimiento. En nuestras conversaciones profundas y en el intercambio constante, encontramos juntos las sendas del ser, del saber y del hacer. Juntos, somos un equipo imparable.

A Nico, por ser la esencia de la lealtad y la amistad. Gracias por enseñarme la confianza, por ser faro en la constancia de los lazos humanos que sostienen el alma.

A mis amigos, gracias por el cariño, el respeto y la admiración, valores que me sostienen en lo académico y lo personal.

A mis colegas quienes son el referente de lo que debo hacer y lo que no debo hacer para ser un maestro al nivel de los retos que me exige la contemporaneidad.

A mi madre, compañera infatigable y faro de mi camino. A ella, Luz María, debo todo cuanto soy; de su amor y dedicación nacen las mejores partes de mí esencia.

A mi familia, incondicionales en su apoyo y aliento, quienes en cada momento impulsan mi ser hacia nuevas alturas.

Y, finalmente, a quien me ha dado la vida, la sabiduría y la resiliencia necesarias para seguir en esta lucha: a ti, Dios, que en tu silencio me acompañas sin falta, eres el eco y la fuerza que no me permite flaquear.

Agradecimientos

A la Universidad Pontificia Bolivariana y a mi tutor, el profesor Hernán Darío Toro Agudelo, por los aprendizajes invaluable en la Maestría y en mi trabajo. Gracias por la confianza y la fe depositadas en mis intenciones de innovación didáctica.

A la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, a la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental, a su equipo docente, administrativo y estudiantil, por permitirme desarrollar esta investigación y por ser un espacio propicio para la formación de docentes de calidad. Agradezco especialmente a los colegas con quienes discutí esta idea, como Nidia Torres y Rubinstein Barbosa, así como al director del programa, el profesor Néstor Pachón, quienes contribuyeron notablemente al desarrollo de esta investigación.

Un agradecimiento especial a los y las estudiantes: Diana, Shania Michelle, Mónica Yasmin, Laura Sofía, Laura Vanesa, Ana María, Angie Andrea, Julieth Alejandra, Deisy Yuliana, Yessica Andrea, Santiago, Julián Camilo, Deyna Liliana, Tulia Yanneth, Karoll Michelle, Elmer Avilio, Mónica, Osmar Enrique y Karen Adriana.

A la Oficina de Astronomía para la Educación (OAE) de Colombia y al equipo NAEC, Colombia, gracias por permitirme crecer y aprender de ustedes, también por contribuir a consolidar la comunidad académica para la enseñanza de la astronomía en nuestro país.

A Néstor Eduardo Camino y Beatriz García, cuyos legados son semillas de transformación para nuestras Américas. Gracias por su inspiración y ejemplo.

Finalmente, a mi equipo en la Fundación Red AstrodidaXis, docentes, docentes en formación, estudiantes y astrónomos, quienes me han ayudado en estos 4 años de trabajo a consolidar nuevos horizontes para la formación científica, en el área de la astronomía en mi región boyacense, tenemos grandes retos, pero juntos lo hacemos posible.

Tabla de contenido

| | |
|---|----|
| Resumen..... | 17 |
| Abstract..... | 18 |
| Introducción | 19 |
| 1. Planteamiento del problema..... | 23 |
| 1.1 Antecedentes..... | 27 |
| 1.1.1 A nivel global | 27 |
| 1.1.2 A nivel nacional..... | 31 |
| 1.1.2 A nivel Regional..... | 34 |
| 2. Justificación..... | 38 |
| 3 objetivos..... | 41 |
| 3.1 Objetivo general | 41 |
| 3.2 Objetivos específicos | 41 |
| 5 Marco teórico | 42 |
| 5.1. Enseñanza de las Ciencias Naturales | 42 |
| 5.3. Conceptos disciplinares de Astronomía..... | 44 |
| 5.4 Enseñanza Aprendizaje de la Astronomía..... | 48 |
| 5.5. Formación Docente..... | 49 |
| 6. Metodología | 53 |
| 6.1 Fase de la investigación | 54 |
| 6.1.1 Fase de revisión y caracterización de publicaciones sobre enseñanza y aprendizaje de la astronomía..... | 54 |
| 6.1.2 Fase 2: Construcción Curricular y Análisis de la Enseñanza de la Astronomía en la Formación Docente | 55 |

| | |
|--|----|
| 6.1.2. Fase 3. Desarrollo implementación y evaluación de la actividad curricular “Astronomía para la educación” con docentes en formación de la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la UPTC..... | 56 |
| 6.1.2. 1. Conocimientos sobre astronomía en los docentes en formación | 57 |
| 6.1.2.2 Conocimiento Pedagógico General para la enseñanza de la astronomía..... | 57 |
| 6.1.2.3 Diseño de Contenido Programático de asignatura o actividad curricular para la formación inicial docente en astronomía | 58 |
| 6.1.2.4 Implementación de la actividad curricular “Astronomía para la Educación” | 59 |
| 6.4.2.3 Diseño de tramas didácticas por parte de los docentes en formación | 61 |
| 6.4.2.3.1. Orientación y Contextualización Inicial. | 61 |
| 6.4.2.3.2. Diseño y Elaboración de la Trama Didáctica..... | 61 |
| 6.4.2.4. Revisión, reflexión y evaluación de las tramas didácticas | 63 |
| 6.4.2.5. Evaluación del fortalecimiento y apropiación conceptual de los docentes en formación en el proceso | 64 |
| 6.2 Población y muestra..... | 65 |
| 6.3. Aspectos Éticos..... | 66 |
| 7 resultados y discusión | 68 |
| 7.1 Características y Estrategias de Enseñanza en Astronomía: Un Estudio del Periodo 2014-2023 | 68 |
| 7.1.1 La Enseñanza de la astronomía perspectivas desde las categorías de publicación | 75 |
| 7.1.1.1 Intervenciones didácticas..... | 76 |
| 7.1.1.2 Recursos Didácticos, Centros de Ciencias, Observatorios Astronómicos..... | 78 |
| 7.1.1.3 Reflexiones frente a la didáctica de la astronomía..... | 79 |
| 7.1.1.4 Percepciones, concepciones y saberes disciplinares de los docentes frente a la astronomía. | 81 |
| 7.1.1.5 Divulgación Científica..... | 82 |
| 7.1.2 Contenidos disciplinares abordados en la enseñanza de la astronomía | 83 |
| 7.1.3 Tensiones identificadas en la enseñanza de la astronomía | 85 |

| | |
|---|-----|
| 7.1.4 Enseñanza de la Astronomía por Niveles de formación | 87 |
| 7.2. Astronomía y Currículo; Aportes para la construcción de una formación inicial docente en astronomía | 90 |
| 7.2.1 Contexto Histórico..... | 90 |
| 7.2.3 La astronomía en los programas de formación docente en Colombia..... | 96 |
| 7.3 Desarrollo e Implementación de la actividad académica astronomía para la educación, en la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la UPTC Tunja. | 99 |
| 7.3.1 Contexto | 99 |
| 7.3.2 Diagnóstico de conocimiento disciplinar y didáctico frente a la enseñanza de la astronomía en la LCNEA UPTC..... | 100 |
| 7.3.2.1 Conocimientos sobre astronomía en los docentes en formación | 100 |
| 7.3.2.1.1 ¿Qué propiedad de las estrellas nos permite clasificarlas en la secuencia principal del diagrama de Hertzsprung-Russell? | 105 |
| 7.3.2.1.2 ¿Qué característica es común a los planetas terrestres en nuestro Sistema Solar?..... | 106 |
| 7.3.2.1.3 ¿Cuál es la principal fuente de energía del Sol?..... | 107 |
| 7.3.2.1.4 Durante la secuencia principal, ¿en qué se convierte el Hidrogeno y por medio de qué proceso en una estrella como el Sol? | 108 |
| 7.3.2.1.5 ¿Qué fenómeno resulta típicamente de la muerte de una estrella masiva?... | 109 |
| 7.3.2.1.6 Importancia de las Estrellas Variables Cefeidas en la Astronomía..... | 110 |
| 7.3.2.1.7 ¿Qué tipo de galaxia es más común en el universo observable?..... | 111 |
| 7.3.2.1.8 ¿Qué es un Quásar? | 112 |
| 7.3.2.1.9 ¿Cuál es la principal ventaja de un telescopio espacial frente a uno terrestre? | 113 |
| 7.3.2.1.10 ¿En qué región de una nebulosa se inicia típicamente la formación estelar? | 114 |
| 7.3.2.1.11 ¿Qué característica es crucial para la clasificación de Hubble de las galaxias? | 115 |

| | |
|---|-----|
| 7.3.2.1.12 Durante la actividad de observaciones solar, ¿Cuál es el fenómeno que permite estudiar la actividad magnética del Sol?..... | 116 |
| 7.3.2.1.13 ¿Cuál de los siguientes elementos es una consecuencia directa de las tormentas solares sobre la Tierra?..... | 118 |
| 7.3.2.1.14 ¿Cuál de los siguientes efectos es una consecuencia directa de las tormentas solares sobre la Tierra?..... | 119 |
| 7.3.2.1.15 ¿Qué fenómenos causa las mareas oceánicas más extremas, conocidas como mareas vivas?..... | 120 |
| 7.3.2.1.16 ¿Cuál es el efecto de la inclinación axial de la Tierra en la cantidad de radiación solar que recibe una región específica durante el año?..... | 121 |
| 7.3.2.1.17 ¿Qué característica del movimiento de la Luna es crucial para predecir los eclipses solares y lunares?..... | 122 |
| 7.3.2.1.18 ¿Cómo se utiliza el movimiento aparente de las constelaciones para determinar las estaciones en la Tierra? | 123 |
| 7.3.2.1.19 ¿Qué técnica observacional permitiría a un astrónomo aficionado identificar constelaciones y seguir la trayectoria de los planetas a lo largo del año?..... | 124 |
| 7.3.2.1.20 ¿Qué característica distintiva de Júpiter ha contribuido más a nuestro entendimiento de la dinámica atmosférica de los gigantes gaseosos? | 125 |
| 7.3.2.1.21 La Unión astronómica internacional (IAU) reclasificó a Plutón como un planeta enano en 2006. ¿Cuál es la razón principal que impide que Plutón sea clasificado como un planeta en el contexto de las características definitorias establecidas por la IAU??..... | 126 |
| 7.3.2.1.22 ¿Cuál de las siguientes afirmaciones describe correctamente una comparación de escalas entre los cuerpos del Sistema Solar??..... | 127 |
| 7.3.2.1.23 ¿Qué característica distingue a Urano entre los planetas gigantes del Sistema Solar?..... | 129 |
| 7.3.2.1.24 ¿Por qué no ocurre un eclipse solar en cada luna nueva, y un eclipse lunar en cada luna llena?..... | 130 |
| 7.3.2.1.25 ¿Cómo afecta el ciclo solar de aproximadamente 11 años a la Tierra?..... | 131 |
| 7.3.2.1.26 ¿Qué Ley de Kepler describe la relación entre el período orbital del planeta y su distancia al Sol?..... | 132 |
| 7.3.2.2 Conocimiento pedagógico y didáctico general para la enseñanza de la astronomía. | 134 |

| | |
|---|-----|
| 7.3.3 Formulación de Actividad Curricular “Astronomía para la educación”..... | 143 |
| 7.3.4 Implementación de la Actividad Académica “Astronomía para la educación” durante el primer semestre del año 2024 | 149 |
| 7.3.4.1 Libro Vivo: Diario de Campo “Mi experiencia en procesos de enseñanza y aprendizaje de la astronomía”..... | 150 |
| 7.3.4.2 Actividad 1: Reconocimiento del Territorio y Coordenadas Terrestres..... | 151 |
| 7.3.4.3 Actividad 2: Coordenadas Celestes y ubicación en el firmamento..... | 153 |
| 7.3.4.3 Actividad 3: Movimientos Aparentes del Sol desde la perspectiva de la Tierra . | 155 |
| 7.3.4.3 Actividad 4: La Carta Celeste | 157 |
| 7.3.4.3 Actividad 5: Constelaciones | 160 |
| 7.3.4.3 Actividad 6: Movimientos de la Tierra..... | 162 |
| 7.3.4.3 Actividad 7: Características de la Luna y las Relaciones Tierra, Luna, Sol..... | 164 |
| 7.3.4.3 Actividad 8: Características de los planetas del Sistema Solar..... | 167 |
| 7.3.4.3 Actividad 9: Escalas en el Sistema Solar..... | 169 |
| 7.3.4.3 Actividad 10: Juego de Roles; Formulación de una Misión Espacial..... | 173 |
| 7.3.4.3 Actividad 11: Evolución Estelar | 177 |
| 7.3.4.3 Actividad 12: Espectroscopía y Diagrama HR | 179 |
| 7.3.4.3 Actividad 11: Apuntes Básicos de Cosmología..... | 183 |
| 7.3.4.3 Actividad 11: Telescopios e Instrumentos Ópticos..... | 186 |
| 7.3.5 La formación inicial docente en astronomía; Elementos desde la experiencia realizada. | 191 |
| 7.3.5.1 La trama didáctica; una alternativa para darle estructura a los procesos de enseñanza y aprendizaje en la enseñanza de la astronomía..... | 195 |
| 7.3.5.1 Estructura de la Trama Didáctica..... | 195 |
| 7.3.5.1 Diseños de tramas didácticas por los docentes en formación..... | 197 |
| 7.3.5.2 Evaluación, reflexiones y análisis desde las tramas didácticas realizadas | 227 |

| | |
|---|-----|
| 7.3.5 Fortalecimiento conceptual sobre Astronomía logrado con la actividad de formación inicial docente planteada..... | 235 |
| 7.3.5.1 ¿Cuál de las siguientes propiedades de las estrellas es la más importante para clasificarlas en la secuencia principal del diagrama de Hertzsprung-Russell? | 239 |
| 7.3.5.2 ¿Cuál de las siguientes propiedades es una característica compartida por todos los planetas terrestres en nuestro Sistema Solar?..... | 241 |
| 7.3.5.3 Durante la secuencia principal, ¿qué proceso ocurre en el núcleo de una estrella como el Sol? | 242 |
| 7.3.5.4 Durante la secuencia principal, ¿qué proceso ocurre en el núcleo de una estrella como el Sol? | 243 |
| 7.3.5.5 ¿Por qué son cruciales las estrellas variables Cefeidas para medir distancias en el universo? | 244 |
| 7.3.5.6. ¿Qué tipo de galaxia tiene una estructura caracterizada por brazos curvados que se extienden desde un núcleo central? | 245 |
| 7.3.5.7. ¿Dónde se encuentran típicamente los quásares en el Universo? | 246 |
| 7.3.5.7. 8. ¿Cuál es una de las principales ventajas operativas de un telescopio espacial en comparación con uno terrestre?..... | 248 |
| 7.3.5.7. 9. ¿Cuál es la región de una nebulosa donde es más probable que se inicie la formación estelar?..... | 249 |
| 7.3.5.7. 10. ¿Cuál es el criterio principal que utiliza la clasificación de Hubble para categorizar las galaxias?..... | 250 |
| 7.3.5.7. 11. ¿Cuál de los siguientes fenómenos es un indicador claro y específico de la actividad magnética del Sol?..... | 251 |
| 7.3.5.7. 12. ¿Cuál de las siguientes observaciones apoya la existencia de materia oscura en las galaxias?..... | 253 |
| 7.3.5.7. 13. ¿Cuál es una consecuencia directa de las tormentas solares en la Tierra?.... | 254 |
| 7.3.5.7. 14 ¿Cuál es la principal causa de las mareas en la Tierra?..... | 255 |
| 7.3.5.7. 15 ¿Cómo afecta la inclinación axial de la Tierra la cantidad de radiación solar recibida en diferentes partes del planeta?..... | 256 |
| 7.3.5.7. 16 ¿Qué factor del movimiento lunar es fundamental para predecir cuándo ocurrirán los eclipses solares y lunares? | 257 |

| | |
|---|-----|
| 7.3.5.7. 17 ¿Qué factor del movimiento lunar es fundamental para predecir cuándo ocurrirán los eclipses solares y lunares? | 258 |
| 7.3.5.7. 18 ¿Qué factor del movimiento lunar es fundamental para predecir cuándo ocurrirán los eclipses solares y lunares? | 259 |
| 7.3.5.7. 19 ¿Qué característica de Júpiter ha permitido a los científicos estudiar la interacción de las corrientes atmosféricas en los gigantes gaseosos?..... | 261 |
| 7.3.5.7. 20 La Unión Astronómica Internacional (IAU) reclasificó a Plutón como un "planeta enano" en 2006. ¿Cuál es la razón principal que impide que Plutón sea clasificado como un planeta en el contexto de las características definitorias establecidas por la IAU?..... | 262 |
| 7.3.5.7. 21 Considerando las enormes diferencias de tamaño entre los objetos del Sistema Solar, ¿cuál de las siguientes afirmaciones es correcta? | 264 |
| 7.3.5.7. 22 ¿Qué característica única presenta Urano en comparación con los otros planetas gigantes del Sistema Solar? | 265 |
| 7.3.5.23. ¿Qué condición debe cumplirse para que ocurra un eclipse solar?..... | 266 |
| 7.3.5.24. ¿Cómo afecta el ciclo solar de aproximadamente 11 años a la Tierra?..... | 267 |
| 7.4 Prospectivas para la formación inicial docente en la enseñanza de la astronomía..... | 269 |
| 9. Conclusiones | 273 |
| 10 recomendaciones | 283 |
| Referencias..... | 286 |

Lista de tablas

| | | |
|-----------------|---|-----|
| Tabla 1 | Algunos conceptos disciplinares sobre astronomía claves en el trabajo..... | 40 |
| Tabla 2 | Temáticas y competencias de la astronomía en los EBC de las Ciencias Naturales..... | 86 |
| Tabla 3 | Astronomía en los DBA..... | 88 |
| Tabla 4 | Asignaturas de astronomía en los programas de pregrado de Licenciatura en Ciencias Naturales y LCNEA de Colombia..... | 89 |
| Tabla 5 | Cuestionario de reconocimiento sobre conocimientos de astronomía..... | 93 |
| Tabla 6 | Rúbrica de clasificación sobre el conocimiento pedagógico general para la enseñanza de la astronomía..... | 128 |
| Tabla 7 | Respuestas de los estudiantes sobre los conocimientos pedagógicos generales en la enseñanza de la astronomía. | 131 |
| Tabla 8 | Contenido programático de la asignatura Astronomía para la Educación. | 137 |
| Tabla 9 | Componentes propuestos para la misión espacial. | 167 |
| Tabla 10 | Estructura de la trama didáctica. | 189 |
| Tabla 11 | Generalidades de los diseños de trama didáctica estudiantes E1, E3, E4, E5. | 191 |
| Tabla 12 | Generalidades de los diseños de trama didáctica estudiantes E6, E7, E8, E9 y E10.... | 197 |
| Tabla 13 | Generalidades de los diseños de trama didáctica estudiantes E11, E12, E13, E14 y E15. | 205 |
| Tabla 14 | Generalidades de los diseños de trama didáctica estudiantes E16, E17, E18, E19 y E20. | 213 |
| Tabla 15 | Rubrica de valoración de las tramas didácticas..... | 222 |
| Tabla 16 | Test posintervención sobre el fortalecimiento conceptual en astronomía. | 229 |

Lista de figuras

| | |
|---|-----|
| Figura 1 Cantidad de Publicaciones por tipo de documento y año..... | 62 |
| Figura 2 Distribución Geográfica de las publicaciones analizadas | 64 |
| Figura 3 Porcentaje de publicaciones por idioma de publicación..... | 73 |
| Figura 4 Principales revistas y editoriales que publican sobre enseñanza de la astronomía..... | 69 |
| Figura 5 Cantidad de publicaciones por categoría..... | 71 |
| Figura 6 Distribución de publicaciones por identidad disciplinar..... | 79 |
| Figura 7 Tensiones y problemáticas abordadas en la enseñanza de la astronomía..... | 82 |
| Figura 8 Enseñanza de la astronomía por niveles de formación..... | 84 |
| Figura 9 Representatividad de la astronomía en los EBC de las Ciencias Naturales..... | 90 |
| Figura 10 Resultados de la pregunta 1..... | 105 |
| Figura 11 Respuestas a la pregunta 2 | 107 |
| Figura 12 Respuestas a la pregunta 3..... | 108 |
| Figura 13 Respuestas a la pregunta 4 | 109 |
| Figura 14 Respuesta a la pregunta 5..... | 110 |
| Figura 15 Respuestas a la pregunta 6..... | 166 |
| Figura 16 Respuestas a la pregunta 7..... | 107 |
| Figura 17 Respuestas a la pregunta 8. | 108 |
| Figura 18 Respuestas a la pregunta 9. | 109 |
| Figura 19 Respuestas a la pregunta 10. | 110 |
| Figura 20 Respuestas a la pregunta 11. | 111 |
| Figura 21 Respuestas a la pregunta 12 | 113 |
| Figura 22 Respuestas a la pregunta 13. | 114 |
| Figura 23 Respuestas a la pregunta 14 | 115 |
| Figura 24 Respuestas a la pregunta 15. | 116 |
| Figura 25 Respuestas a la pregunta 16. | 117 |
| Figura 26 Respuestas a la pregunta 17. | 118 |
| Figura 27 Respuestas a la pregunta 18. | 119 |
| Figura 28 Respuestas a la pregunta 19. | 120 |

| | |
|--|-----|
| Figura 29 Respuestas a la pregunta 20. | 121 |
| Figura 30 Respuestas a la pregunta 21. | 123 |
| Figura 31 Respuestas a la pregunta 22. | 124 |
| Figura 32 Respuestas a la pregunta 23. | 125 |
| Figura 33 Respuestas a la pregunta 24. | 126 |
| Figura 34 Respuestas a la pregunta 25. | 127 |
| Figura 35 Respuestas a la pregunta 26. | 128 |
| Figura 36 Distribución por niveles del conocimiento pedagógico. | 138 |
| Figura 37 Diarios de campo E20, E12 y E10 Actividad 1 Territorio y coordenadas geográficas..... | 147 |
| Figura 38 Actividad 2 Coordenadas Celestes, Diarios de Campo E19, E17, E12 y E11 respectivamente. | 150 |
| Figura 39 Actividad 3 Movimientos Aparentes del Sol, Diarios de Campo E20, E18, E9 respectivamente. | 152 |
| Figura 40 Actividad Carta Celeste Diario de Campo E20. | 154 |
| Figura 41 Actividad Constelaciones, Fotografía tomada por los estudiantes en el campus de la UPTC, Diarios de Campo E11, E19. | 157 |
| Figura 42 Actividad Movimientos de la Tierra, Diarios de Campo E20, E6, E3 y E15. | 159 |
| Figura 43 Actividad Luna, relaciones Luna, Tierra, Sol, Diarios de Campo E18, E6 y E10..... | 162 |
| Figura 44 Actividad Características del Sistema Solar, Diarios de Campo E15, E20 y E19 respectivamente. | 164 |
| Figura 45 Construcción de escala de diámetros y distancias para los planetas del Sistema Solar. Diarios de Campo E18, E16 y E1 respectivamente. | 166 |
| Figura 46 Escala de diámetros y distancias con los planetas del Sistema Solar, Fotografía de la representación de las escalas, diarios de campo E20 y E15 respectivamente. | 167 |
| Figura 47 Desempeño en la formulación de la misión espacial por grupos de trabajo..... | 171 |
| Figura 48 Apartado de la misión espacial formulada por el grupo 4. | 172 |
| Figura 49 Actividad de Evolución Estelar, apartados diario de campo E10, E11, E15 y E18... | 174 |
| Figura 50 Espectrómetro casero..... | 176 |
| Figura 51 Actividad Espectrometría y Diagrama HR, apartados de los diarios de campo E20, E18, E10 y E11..... | 177 |

| | |
|---|-----|
| Figura 52 Actividad de apuntes básicos de Cosmología, apartados de diarios de campo E20, E18, E12 y E6. | 181 |
| Figura 53 Actividad de telescopios y observación astronómica, diarios de campo E18, E11 y E12. | 184 |
| Figura 54 Modelo de formación inicial docente en astronomía. | 192 |
| Figura 55 Niveles alcanzados en la trama didáctica I. | 228 |
| Figura 56 Niveles alcanzados en la trama didáctica II. | 230 |
| Figura 57 Niveles alcanzados en la trama didáctica III. | 232 |
| Figura 58 Respuestas a la pregunta 1 posintervención. | 238 |
| Figura 59 Respuestas a la pregunta 2 posintervención. | 240 |
| Figura 60 Respuestas a la pregunta 3 posintervención. | 242 |
| Figura 61 Respuestas a la pregunta 4 posintervención. | 243 |
| Figura 62 Respuestas a la pregunta 5 posintervención. | 244 |
| Figura 63 Respuestas a la pregunta 6 posintervención. | 245 |
| Figura 64 Respuestas a la pregunta 7 posintervención. | 246 |
| Figura 65 Respuestas a la pregunta 8 posintervención. | 247 |
| Figura 66 Respuestas a la pregunta 9 posintervención. | 248 |
| Figura 67 Respuestas a la pregunta 10 posintervención. | 250 |
| Figura 68 Respuestas a la pregunta 11 posintervención. | 251 |
| Figura 69 Respuestas a la pregunta 12 posintervención. | 252 |
| Figura 70 Respuestas a la pregunta 13 posintervención. | 253 |
| Figura 71 Respuestas a la pregunta 14 posintervención. | 254 |
| Figura 72 Respuestas a la pregunta 15 posintervención. | 255 |
| Figura 73 Respuestas a la pregunta 16 posintervención. | 257 |
| Figura 74 Respuestas a la pregunta 17 posintervención. | 258 |
| Figura 75 Respuestas a la pregunta 18 posintervención. | 260 |
| Figura 76 Respuestas a la pregunta 19 posintervención. | 261 |
| Figura 77 Respuestas a la pregunta 20 posintervención. | 262 |
| Figura 78 Respuestas a la pregunta 21 posintervención. | 264 |
| Figura 79 Respuestas a la pregunta 22 posintervención. | 265 |
| Figura 80 Respuestas a la pregunta 23 posintervención. | 266 |
| Figura 81 Respuestas a la pregunta 24 posintervención. | 267 |

Resumen

La presente investigación aborda la cualificación para la enseñanza de la astronomía en el contexto de la formación docente en ciencias naturales, con el objetivo de mejorar las competencias didácticas y disciplinarias en esta área. Se describe un marco teórico fundamentado en el constructivismo, que orienta la metodología hacia una enseñanza activa y contextualizada. La investigación emplea un enfoque cualitativo, con fases que incluyen la revisión de literatura, la construcción curricular y la implementación de una actividad académica, "Astronomía para la Educación", en la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Esta actividad buscó evaluar y fortalecer el conocimiento disciplinar, pedagógico y didáctico de los docentes en formación.

Los resultados destacan que la enseñanza de la astronomía enfrenta limitaciones por su escasa inclusión en los currículos, lo cual afecta la comprensión y el interés de los estudiantes en temas astronómicos. Sin embargo, se observa que con la implementación de la actividad curricular se mejora la apropiación conceptual y didáctica en astronomía. Concluyendo que es esencial reformular los currículos de formación docente para integrar la astronomía de forma coherente, promoviendo así un aprendizaje profundo y significativo que prepare a los futuros docentes para enfrentar los retos educativos en ciencias astronómicas y contribuir a una educación científica más sólida y crítica en Colombia.

Palabras clave: Astronomía, Currículo, Formación Docente, Pedagogía, Didáctica

Abstract

The present research addresses the qualification for astronomy teaching within the context of teacher training in natural sciences, aiming to enhance both didactic and disciplinary competencies in this field. A theoretical framework grounded in constructivism is described, guiding the methodology towards an active and contextualized teaching approach. The study adopts a qualitative approach, encompassing phases that include a literature review, curricular development, and the implementation of an academic activity, “Astronomy for Education,” in the bachelor’s Programme in Natural Sciences and Environmental Education at the Pedagogical and Technological University of Colombia. This activity sought to evaluate and strengthen the disciplinary, pedagogical, and didactic knowledge of pre-service teachers.

The findings highlight that the teaching of astronomy faces limitations due to its limited inclusion in curricula, impacting students' understanding and interest in astronomical topics. However, it is noted that implementing the curricular activity improves conceptual and didactic engagement with astronomy. The study concludes that it is essential to reformulate teacher training curricula to integrate astronomy in a coherent manner, thereby promoting a deep and meaningful learning experience that prepares future teachers to address educational challenges in astronomical sciences and contribute to a stronger and more critical scientific education in Colombia.

Keywords: Astronomy, Curriculum, Teacher Training, Pedagogy, Didactics.

Introducción

La presente investigación se orientó hacia la cualificación para la enseñanza de la astronomía dentro de la formación inicial de docentes en ciencias naturales, respondiendo a la necesidad de fortalecer tanto el conocimiento disciplinar como las competencias pedagógicas en un área que, a pesar de su relevancia científica y cultural, ha sido subrepresentada en los currículos educativos en Colombia (Triana, 2024; Valderrama et al., 2021a). El documento se planteó en un contexto donde la astronomía es percibida como una herramienta de alfabetización científica con un potencial significativo para fomentar el pensamiento crítico, la curiosidad y el aprendizaje significativo en los estudiantes (Manosalva Hurtado et al., 2017; Pompea & Russo, 2020a; Solbes & Palomar, 2013b). Sin embargo, su inclusión en los planes de formación docente y en el currículo escolar resulta, en la mayoría de los casos, limitada o meramente superficial.

El problema central que motivó esta investigación radica en la escasa integración de contenidos astronómicos en los programas de licenciatura en ciencias naturales y educación ambiental. En un país donde la astronomía no es parte esencial del currículo en los niveles de formación docente, se observa una brecha significativa en cuanto a la preparación de los futuros maestros para abordar esta área de conocimiento en sus prácticas educativas. La falta de competencias específicas en astronomía tiene como consecuencia una enseñanza en la que predominan enfoques simplificados y fragmentados que no logran captar la complejidad de los fenómenos astronómicos ni estimular en los estudiantes el interés por la ciencia y el universo (Bartelmebs, 2016; Borragini, 2016).

Para abordar esta problemática, la investigación se centró en los siguientes objetivos: identificar las carencias en la formación de los docentes en relación con la enseñanza de la astronomía, desarrollar un currículo específico que facilite la apropiación didáctica de esta disciplina, y evaluar el impacto de una actividad académica “Astronomía para la Educación” diseñada para fortalecer el conocimiento pedagógico y disciplinar en los docentes en formación. En este sentido, el estudio plantea preguntas clave sobre los métodos más efectivos para la enseñanza de la astronomía y la manera en que se pueden transformar las prácticas educativas en ciencias para incorporar un enfoque más integral y contextualizado de la astronomía en el currículo docente.

La metodología de investigación adoptada fue de enfoque cualitativo, estructurada en tres fases: la primera consistió en una revisión de literatura sobre las prácticas y estrategias actuales en

la enseñanza de la astronomía a nivel internacional y nacional; la segunda abordó la construcción curricular, en la cual se diseñaron contenidos y estrategias pedagógicas específicos para el contexto de la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC); finalmente, la tercera fase consistió en la implementación y evaluación de la actividad “Astronomía para la Educación”. Esta actividad se desarrolló con docentes en formación de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC) y buscó fomentar una comprensión profunda y contextualizada de los temas astronómicos, a la vez que promovía el desarrollo de competencias didácticas adaptadas a las necesidades del aula.

El proceso de implementación de la actividad incluyó la participación de los futuros docentes en el diseño de tramas didácticas como insumos didácticos relevantes en la formación de docentes en ciencias naturales (Pedraza-Jiménez, 2021), la utilización de herramientas tecnológicas como simuladores de planetarios y la realización de observaciones astronómicas prácticas. Estos componentes permitieron que los participantes no solo mejoraran su conocimiento conceptual sobre temas como el Sistema Solar, los movimientos de los cuerpos celestes y la estructura estelar, sino que también desarrollaran estrategias pedagógicas para enseñar estos contenidos en un lenguaje accesible y comprensible para estudiantes de diferentes niveles escolares.

Los resultados de esta intervención indicaron que, aunque los docentes en formación generalmente tenían una comprensión básica de los conceptos astronómicos, existían concepciones alternativas y falta de profundización en ciertos temas clave. Por ejemplo, muchos participantes tenían dificultades para explicar fenómenos como las estaciones del año y las fases lunares, temas directamente relacionados con los lineamientos curriculares de la educación básica primaria en Colombia. No obstante, la actividad “Astronomía para la Educación” mostró ser efectiva para mejorar la precisión conceptual de los docentes en formación y para fomentar una mayor seguridad en la enseñanza de temas astronómicos.

La justificación de esta investigación se basa en la importancia de la astronomía como una disciplina científica integral, que no solo contribuye al conocimiento del universo, sino que también facilita el desarrollo de habilidades críticas y analíticas en los estudiantes (Neagu & Tercu, 2023; Taufiq et al., 2020a). La inclusión de la astronomía en la formación docente se presenta como una oportunidad para enriquecer el currículo de ciencias naturales y, en última instancia, para ofrecer una educación más completa y significativa a los estudiantes. En un mundo cada vez más

influenciado por el avance tecnológico y la exploración espacial, la comprensión de los fenómenos astronómicos se convierte en una competencia esencial para la ciudadanía informada y crítica que las sociedades modernas demandan (Aristeidou & Herodotou, 2020; Karaman, 2023a; Price & Lee, 2013).

El documento también reflexiona sobre la necesidad de una reforma curricular en la formación docente que permita integrar la astronomía de forma coherente y sistemática. En el análisis de la literatura se evidenció que, en países como Estados Unidos, algunas regiones de Europa y ciertos estados de América Latina, se ha avanzado en la incorporación de la astronomía en el currículo escolar mediante programas específicos y proyectos de formación docente. Estos modelos internacionales fueron considerados para el diseño de la actividad implementada en la UPTC, adaptando estrategias exitosas como el uso de tecnologías digitales y la observación práctica a un contexto local, en el que los recursos suelen ser limitados y los conocimientos de astronomía son aún escasos entre los docentes (Galperin et al., 2023; Rodríguez Henao & Díaz Álvarez, 2016).

La investigación concluye que una reforma curricular en la formación inicial de docentes en ciencias naturales es fundamental para promover un aprendizaje integral y crítico en astronomía. Los hallazgos sugieren que la implementación de actividades como “Astronomía para la Educación” y el uso de recursos didácticos innovadores pueden contribuir significativamente a la preparación de los futuros maestros, capacitándolos para enfrentar los retos educativos de una disciplina científica que requiere tanto una sólida base conceptual como habilidades pedagógicas especializadas.

Además, se destaca la necesidad de políticas educativas que apoyen la formación continua en astronomía, de manera que los docentes puedan actualizar sus conocimientos y adaptarse a los cambios en los enfoques pedagógicos y tecnológicos de la ciencia. El documento argumenta que, para que la astronomía cumpla su rol de alfabetización científica, debe ser enseñada por docentes que posean una comprensión sólida y crítica de los conceptos astronómicos y que sean capaces de vincular estos contenidos con la vida cotidiana y el entorno cultural de los estudiantes. En este sentido, el estudio propone que la astronomía sea una disciplina con un rol significativo en la formación de docentes de ciencias naturales, lo cual podría tener un impacto positivo en el desarrollo de competencias científicas en los estudiantes y en la calidad de la educación en Colombia.

De manera que, el presente trabajo sienta las bases para una transformación en la enseñanza de la astronomía dentro de la formación docente en Colombia. A través de un análisis detallado de las necesidades y carencias en este campo, así como de la implementación de una actividad académica orientada al fortalecimiento de competencias, la investigación proporciona recomendaciones para una integración efectiva de la astronomía en el currículo educativo. Esta propuesta, fundamentada en una visión interdisciplinaria, sistémica y constructivista, aspira a contribuir al desarrollo de una educación científica inclusiva y de alta calidad que prepare a los futuros docentes para promover en sus estudiantes una comprensión profunda y crítica de los fenómenos astronómicos y del universo en general.

1. Planteamiento del problema

Las discusiones en torno a una didáctica específica para la enseñanza de la astronomía han cobrado importancia en las últimas décadas, consolidándose como una disciplina emergente que combina el rigor científico de la astronomía y sus áreas complementarias, con la pedagogía. Sin embargo, su desarrollo enfrenta retos significativos a nivel global, nacional y local. Estos desafíos limitan en gran medida el impacto potencial de la astronomía como herramienta de alfabetización científica y dificultan su enseñanza efectiva en los contextos escolares (Abril & Arévalo, 2022; N. E. Camino, 2011, 2023; Linares-Hernández, 2015). Identificar estas problemáticas es fundamental para comprender la magnitud de los retos que enfrenta la astronomía en la educación, así como las posibles consecuencias de no abordarlos adecuadamente, entre las cuales destacan la perpetuación de una educación científica deficiente y la transmisión de conceptos erróneos o incompletos sobre el universo (Balastegui et al., 2020; López & Bautista, 2019; Moya Torregrosa, 2019; Solbes & Palomar, 2013a).

En el contexto global, la astronomía se presenta de forma discontinua y desigual en los currículos educativos. En algunas regiones, como partes de Europa y América del Norte, se le ha otorgado una importancia relativamente alta, con programas y cursos específicos que buscan no solo desarrollar conocimientos técnicos, sino también fomentar el pensamiento crítico y la curiosidad científica. Sin embargo, en la mayoría de los países, la astronomía sigue siendo una asignatura marginal, relegada a unidades menores dentro de la enseñanza de las ciencias naturales, lo que limita la profundidad con la que se abordan los temas astronómicos (Alexandre & Leite, 2021; Quinteros & Galperin, 2021; Valderrama et al., 2021b; Valderrama & Navarrete Florez, 2020). Esta fragmentación curricular afecta negativamente la comprensión de los estudiantes sobre temas esenciales, como los movimientos de los cuerpos celestes, la formación estelar o el ciclo evolutivo de los planetas, y puede llevar a una visión reduccionista y simplificada de la astronomía.

En países como Uruguay, algunas provincias argentinas y ciertas instituciones en Brasil, se han implementado esfuerzos para consolidar la astronomía como una materia independiente en la educación secundaria (Ganón & Fernández, 2008; Merlo et al., 2023; Slovinski et al., 2021). Este enfoque permite una enseñanza más estructurada, en la cual los estudiantes pueden explorar los conceptos de manera detallada y en relación con sus contextos culturales y naturales. Sin embargo,

la falta de un consenso global en cuanto a la importancia de la astronomía en la educación formal perpetúa un escenario en el que, dependiendo del país o región, los estudiantes pueden tener experiencias educativas muy dispares. Las consecuencias de esta desigualdad en la enseñanza de la astronomía se reflejan en la variabilidad de los niveles de conocimiento y en las concepciones alternativas que los estudiantes adquieren sobre el universo, creando una población con alfabetización científica dispar y, en muchos casos, insuficiente para enfrentar los retos tecnológicos y ambientales del futuro (Rabanales Loyola et al., 2021; Solbes & Palomar, 2013b; Valderrama et al., 2024).

A nivel nacional, en Colombia, la situación es particularmente crítica debido a la fragmentación y marginalización de la astronomía dentro del currículo de ciencias naturales y sociales. Los Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales sugieren temas como las relaciones Tierra-Luna-Sol, el Sistema Solar y ciertos aspectos de la evolución estelar. Sin embargo, la forma en que estos contenidos se integran en la educación es limitada y, en muchos casos, superficial (Duque Escobar, 2009; Pinzón, 2016; Sanabria García, 2023; Valderrama et al., 2021b). Al abordarse de manera dispersa y sin continuidad, los estudiantes no logran desarrollar una comprensión profunda de los conceptos fundamentales. Por ejemplo, el enfoque técnico predominante en la enseñanza de las ciencias naturales y por tanto de la astronomía en Colombia, basado en los principios de la física y las matemáticas, no facilita la construcción de un conocimiento crítico ni promueve habilidades de resolución de problemas (Díaz Ballén, 2019). Este tipo de enseñanza está desconectado de las necesidades cognitivas de los estudiantes, quienes requieren enfoques que fomenten la comprensión conceptual y el aprendizaje significativo en lugar de una memorización mecánica de fórmulas y definiciones.

Otra problemática relevante en el contexto colombiano es la falta de acceso a recursos didácticos adecuados y a infraestructuras de apoyo para la enseñanza de la astronomía. Muchos de los recursos y materiales didácticos necesarios para una enseñanza efectiva de la astronomía, como telescopios, software especializado o incluso mapas celestes, están concentrados en universidades y centros académicos de grandes ciudades (Gil Mejía, 2024; Sanabria García, 2023; Valderrama & Navarrete Flórez, 2020). Esto limita las oportunidades de aprendizaje para estudiantes y docentes en zonas rurales o de bajos recursos (Pineda Caro et al., 2023; Velásquez Ruiz, 2017). La consecuencia inmediata es que muchos estudiantes colombianos no tienen acceso a experiencias prácticas en astronomía, lo que no solo afecta su motivación y curiosidad hacia la ciencia, sino que

también limita su comprensión de conceptos abstractos que, de otra manera, podrían ser explorados a través de la observación directa o actividades experimentales.

Además, en la mayoría de los programas de formación docente en ciencias naturales y educación ambiental en Colombia, tal como se contempla en el desarrollo del diagnóstico realizado en este trabajo, la astronomía ocupa un lugar marginal o se aborda de manera optativa. Esto es especialmente problemático en los programas de licenciatura en ciencias naturales y educación ambiental, en los cuales solo una minoría incluye asignaturas relacionadas con la astronomía, y cuando lo hacen, suelen ser de carácter electivo. La consecuencia de esta omisión es que los futuros docentes terminan su formación con un conocimiento superficial de la astronomía, sin las competencias necesarias para abordar de manera efectiva y profunda los temas astronómicos en el aula. Como resultado, se perpetúan concepciones alternativas y errores conceptuales entre los estudiantes, ya que los docentes carecen de las herramientas necesarias para corregir dichas ideas y facilitar un aprendizaje significativo en astronomía (Lugo López & Bautista, 2019; Ramirez, 2023; Triana, 2024; Valderrama, 2023a; Vizcaíno Arévalo, 2023).

En el contexto local, en la región nororiental de Colombia, donde la UPTC desempeña un papel fundamental en la formación de docentes, se observa una problemática aún más pronunciada debido a la falta de recursos, tanto materiales como académicos, para el desarrollo de la astronomía en la educación. A pesar de que los estudiantes y futuros docentes de la región muestran interés en el campo de la astronomía, las oportunidades para una formación sólida en esta disciplina son escasas (Valderrama et al., 2024; Valderrama & Navarrete Florez, 2020). Las instituciones educativas en la región generalmente carecen de los recursos básicos para enseñar astronomía, como laboratorios, equipos de observación o acceso a tecnologías que faciliten la comprensión de los fenómenos astronómicos y lo que es peor, del capital humano capacitado para orientar esta disciplina. Esto se traduce en una dependencia de materiales externos y métodos de enseñanza tradicionales que no permiten un aprendizaje práctico ni experimental, afectando el interés y la motivación de los estudiantes hacia la ciencia.

Desde la formulación de este trabajo, se identifica una tendencia a nivel global que refleja una falta de estrategias de enseñanza adaptadas a las particularidades de la astronomía. Aunque los avances tecnológicos han permitido el desarrollo de herramientas como simuladores y plataformas de realidad aumentada, la brecha en el acceso a estas tecnologías se ha ampliado, especialmente en países de bajos ingresos o regiones rurales (Leyton, 2024; Sunkel & Trucco, 2010). Esta carencia

de recursos y de formación técnica entre los docentes no solo limita las experiencias de aprendizaje de los estudiantes, sino que también perpetúa un modelo de enseñanza que depende de metodologías tradicionales y, en muchos casos, obsoletas. En términos de comprensión científica, esto genera una visión limitada de la astronomía, donde los estudiantes carecen de oportunidades para explorar los fenómenos de manera interactiva y contextualizada, lo cual es esencial para la construcción de un conocimiento profundo y significativo en este campo.

Por su parte, la revisión de la literatura revela que, en el ámbito nacional, los currículos de formación docente carecen de una estructura que permita el desarrollo de competencias específicas en astronomía. La astronomía, al no ser parte integral de los currículos, se presenta de manera incidental y en función de los intereses individuales de los docentes, lo cual genera una formación desigual y fragmentada en los futuros educadores (Sanabria García, 2023). Esta fragmentación curricular se traduce en una falta de preparación de los docentes para enfrentar los desafíos de la enseñanza de la astronomía en un contexto que requiere conocimientos interdisciplinarios y habilidades didácticas específicas. Los futuros docentes no solo enfrentan dificultades para comprender los conceptos científicos de la astronomía, sino también para integrarlos en el aula de una forma que promueva la reflexión y el pensamiento crítico entre los estudiantes (Funes, 2021; Funes et al., 2021). La consecuencia es una educación en astronomía que perpetúa enfoques superficiales, centrados en la transmisión de datos y definiciones, en lugar de fomentar una verdadera comprensión científica.

De esta manera, la falta de integración de la astronomía en los currículos de formación inicial docente y las limitaciones en los recursos didácticos y metodológicos disponibles plantean serios obstáculos para la enseñanza de esta disciplina en Colombia. La consecuencia de no abordar estas problemáticas es la perpetuación de una enseñanza deficiente en astronomía, caracterizada por la presencia de concepciones alternativas y la ausencia de competencias científicas sólidas. Para enfrentar estos desafíos, es necesario reformular los currículos de formación docente para incluir de manera coherente y sistemática contenidos de astronomía que promuevan tanto el conocimiento disciplinar como las habilidades didácticas necesarias para su enseñanza. Solo así se podrá garantizar que los futuros docentes estén adecuadamente preparados para educar a una nueva generación de estudiantes que comprenda y valore la astronomía, y que esté equipada para participar activamente en una sociedad cada vez más influenciada por el conocimiento científico y tecnológico.

Desde estas perspectivas surge la pregunta de investigación:

¿De qué manera se puede desarrollar una propuesta de cualificación docente en Astronomía para el programa de Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la UPTC?

1.1 Antecedentes

A continuación, se presentan las principales tendencias en los procesos de enseñanza y aprendizaje de la astronomía, en términos generales a nivel global, nacional y regional, sin embargo, en vista de que uno de los objetivos está relacionado con identificar las características de los contenidos objeto de estudio en el marco de las estrategias usadas en la enseñanza de la astronomía entre 2014 a 2023, la revisión de antecedentes se amplía de manera considerablemente profunda en el apartado 7.1 de los resultados.

1.1.1 A nivel global

Los antecedentes de la didáctica de la astronomía a nivel global han evolucionado considerablemente en las últimas décadas, motivados en gran medida por la creciente necesidad de mejorar la enseñanza de las ciencias y, en particular, la comprensión de los conceptos astronómicos. La astronomía, una disciplina que integra conocimientos de física, matemática, biología, química y geografía, presenta desafíos únicos para los docentes debido a su alto nivel de abstracción y la escala de tiempo y espacio en la que se desarrollan sus fenómenos. En el ámbito internacional, la didáctica de la astronomía se ha enfocado en abordar múltiples problemáticas, desde la escasa preparación de los docentes en conceptos específicos de astronomía hasta la persistencia de concepciones alternativas o erróneas en los estudiantes. En este apartado, se analizan los principales estudios y desarrollos que han contribuido a la construcción de una base teórica y metodológica para la enseñanza de la astronomía en el contexto internacional.

Uno de los temas centrales en los antecedentes internacionales es el problema de las concepciones alternativas y los conocimientos previos de los estudiantes y docentes sobre conceptos básicos de astronomía. Estudios como el de Karaman, (2023) han explorado las concepciones de los docentes en ejercicio respecto a la distinción entre ciencia y pseudociencia, en contextos específicos como la astronomía y la astrología. Este estudio subraya la importancia de una comprensión adecuada de la naturaleza de la ciencia (NOS, por sus siglas en inglés) en los

programas de formación de profesores, para que los docentes puedan transmitir una visión científica clara y crítica a sus estudiantes. Los resultados muestran que muchos docentes aún poseen percepciones no alineadas con el modelo actual de NOS, lo cual sugiere que la formación profesional debería integrar una perspectiva pluralista que refleje las contribuciones de diversas disciplinas científicas.

En cuanto a la metodología de observación, Kraus, (2023) destaca la relevancia de la observación como método didáctico en la enseñanza de la ciencia y, particularmente, de la astronomía. Este trabajo aborda la dificultad de caracterizar la observación de manera exhaustiva, dada su complejidad y multidimensionalidad. La propuesta de Kraus se centra en estructurar la observación en varias dimensiones epistemológicas, filosóficas y educativas, lo que facilita su incorporación en los programas de formación docente y permite a los futuros maestros comprender y aplicar la observación de una manera más efectiva. La observación no solo se utiliza como una técnica para estudiar el universo, sino también como un medio para desarrollar habilidades científicas críticas en los estudiantes, tales como el análisis, la síntesis y la interpretación de datos.

Otro aspecto relevante en la literatura es la baja familiaridad de los docentes con los conceptos astronómicos fundamentales, especialmente en países de América Latina. Rodrigues et al., (2023) llevaron a cabo un estudio en Chile para mapear el nivel de conocimiento de los docentes en ejercicio sobre temas clave de astronomía. Los resultados revelaron que existe un conocimiento limitado sobre fenómenos cotidianos como el movimiento diurno, las estaciones y las fases de la Luna. Este estudio sugiere que una de las barreras más significativas para la enseñanza efectiva de la astronomía radica en la falta de programas de desarrollo profesional que profundicen en conceptos básicos y promuevan el dominio de ideas científicas clave. Además, se observó que factores demográficos, como el género y el nivel de educación, influyen en el rendimiento de los docentes en la enseñanza de astronomía, lo que resalta la necesidad de enfoques diferenciados en la capacitación docente.

La integración de tecnologías digitales en la enseñanza de la astronomía es otro de los temas abordados extensamente en la literatura internacional. Oktay, Avci y Sen (2022) presentan una intervención didáctica para docentes en formación que utiliza Stellarium, un software de planetario virtual, bajo la estrategia REACT (Relacionar, Participar, Aplicar, Cooperar y Transferir). Este estudio destaca la efectividad de los planetarios virtuales en la corrección de conceptos erróneos y en la facilitación del aprendizaje de constelaciones y fenómenos astronómicos. Los participantes

expresaron satisfacción con el uso de la tecnología y recomendaron incluir más historias mitológicas como recurso contextual para enriquecer las lecciones (Oktay et al., 2022). La incorporación de planetarios virtuales y otras tecnologías emergentes se ha propuesto como un medio accesible y efectivo para acercar la astronomía a los estudiantes en contextos donde el acceso a telescopios y observatorios es limitado.

La importancia de la epistemología en la enseñanza de la astronomía también ha sido un tema recurrente en la literatura. Dos Santos Batista y Peduzzi (2022) analizan la relación entre Tierra y Universo desde la perspectiva epistemológica de la resolución de problemas de Larry Laudan. Este enfoque permite una reinterpretación histórico-filosófica de temas clave, como las fases lunares y las estaciones, que son fundamentales para la comprensión de los fenómenos astronómicos. La investigación propone que una visión epistemológica ayuda a los docentes a corregir errores conceptuales y facilita la transposición de los conocimientos científicos a los materiales de enseñanza, lo que contribuye a una educación científica de mayor calidad. Esta contextualización histórico-filosófica proporciona a los docentes herramientas para contrarrestar concepciones de sentido común y promover una comprensión más profunda y fundamentada de los fenómenos astronómicos (dos Santos Batista & de Quadro Peduzzi, 2022).

Asimismo, estudios como el de Sibbersen (2022) destacan el uso de telescopios electrónicos en la enseñanza de la astronomía, un recurso que ha permitido a docentes y estudiantes explorar objetos del espacio profundo sin los costos y limitaciones logísticas de los telescopios tradicionales. Este tipo de telescopios digitales no solo facilita la observación de cuerpos celestes como nebulosas y galaxias, sino que también permite a los estudiantes experimentar directamente con datos astronómicos, mejorando así su comprensión y su apreciación por la ciencia. La disponibilidad de recursos como el eVscope de Unistellar y su implementación en programas educativos ha demostrado ser una herramienta valiosa para enriquecer las experiencias de aprendizaje y reducir las barreras de acceso a la observación astronómica (Sibbersen, 2022).

En el ámbito de la epistemología y la historia de la astronomía, Lima, Alves-Brito y Nascimento (2022) analizaron un curso de extensión en astrofísica y epistemología en Brasil, donde se discutieron episodios clave de la astronomía, como la Ley de Titius-Bode y la materia oscura, en relación con concepciones epistemológicas. Los resultados de este curso mostraron que los participantes mejoraron su coherencia interna al posicionarse epistemológicamente, lo cual es crucial para formar una comprensión más sólida de la ciencia y su naturaleza. Este tipo de

intervención evidencia la importancia de integrar la epistemología en la formación de docentes, no solo como una herramienta para el desarrollo de una visión científica crítica, sino también como un medio para hacer de la enseñanza de la astronomía un proceso de reflexión y confrontación de ideas (Lima et al., 2022).

La efectividad de los métodos de enseñanza también ha sido objeto de estudio en la literatura sobre didáctica de la astronomía. Kiroğlu, Türk y Erdoğan (2021) compararon el uso de modelos prácticos y simulaciones por computadora en la enseñanza de las fases de la Luna y los eclipses. Su estudio reveló que ambos métodos son efectivos, pero los modelos prácticos demostraron una mayor retención de conocimientos a largo plazo. Este hallazgo sugiere que la enseñanza de la astronomía debe combinar diferentes metodologías didácticas para maximizar el aprendizaje y la retención de conceptos, adaptándose a las características y necesidades de los estudiantes. Además, se destaca la importancia de los modelos prácticos como una herramienta para fortalecer las concepciones científicas y desplazar las ideas alternativas que comúnmente tienen los estudiantes sobre estos fenómenos (Kiroğlu et al., 2021).

Por otro lado, la literatura también ha enfatizado el papel de los juegos didácticos como una estrategia para mejorar la comprensión de conceptos astronómicos. Susman y Pavlin (2020) realizaron un estudio en Eslovenia donde introdujeron juegos didácticos para enseñar contenidos básicos de astronomía a docentes en servicio. Los resultados mostraron que los juegos mejoraron significativamente el conocimiento y la comprensión de los profesores sobre temas astronómicos y se consideraron adecuados para su uso en el aula. Esta investigación respalda la inclusión de enfoques lúdicos en la didáctica de la astronomía, dado que permiten una interacción activa y significativa con los conceptos, lo cual es especialmente útil en un campo donde los conceptos pueden parecer abstractos y lejanos a la experiencia cotidiana de los estudiantes (Susman & Pavlin, 2020).

Por otra parte, un enfoque emergente en la literatura internacional es el uso de comunidades de aprendizaje virtuales y blogs para el desarrollo profesional docente en astronomía. Anantasook y Yuenyong (2014) analizaron el uso de un blog como comunidad de aprendizaje para apoyar la enseñanza de astronomía en Tailandia. Este tipo de plataforma permite que los docentes compartan recursos, discutan estrategias pedagógicas y colaboren en el desarrollo de contenidos, lo que facilita la formación continua y el intercambio de conocimientos entre pares. Esta metodología ofrece una solución viable para la actualización pedagógica en contextos donde los recursos educativos

formales son limitados y permite que los docentes construyan un conocimiento colaborativo y contextualizado en astronomía (Anantasook et al., 2019).

De manera que los antecedentes globales sobre didáctica de la astronomía para la formación docente muestran que existen esfuerzos significativos para mejorar la enseñanza de esta disciplina mediante la integración de la epistemología, el uso de tecnologías digitales y la implementación de enfoques didácticos innovadores como los modelos prácticos, los juegos y las comunidades de aprendizaje en línea. Sin embargo, aún persisten desafíos relacionados con las concepciones alternativas, la falta de formación específica y la disponibilidad de recursos. La didáctica de la astronomía a nivel mundial continúa en proceso de consolidación, y es evidente que una formación docente sólida y una educación científica rigurosa son elementos fundamentales para promover una comprensión científica y crítica de los fenómenos astronómicos en la sociedad.

1.1.2 A nivel nacional

En Colombia, la formación docente en astronomía enfrenta importantes desafíos relacionados con la escasa inclusión de esta disciplina en los programas curriculares de las licenciaturas en ciencias naturales y educación básica. A pesar del potencial de la astronomía para promover el pensamiento crítico y la comprensión científica, su presencia en la formación inicial docente en Colombia ha sido limitada, lo que ha generado una serie de carencias que impactan en la enseñanza de este campo en el ámbito escolar.

En un análisis de los programas de formación docente en ciencias naturales en el país, Triana (2024) reveló que la astronomía no constituye un componente esencial en los currículos universitarios, en contraste con países de la región como México y Brasil, donde estos contenidos están más formalizados. Este estudio cualitativo, realizado mediante la revisión de documentos curriculares y encuestas a 39 docentes colombianos, mostró que los profesores en formación a menudo deben recurrir a fuentes externas y autodidactas, como materiales en internet y talleres extracurriculares, para suplir la falta de preparación en astronomía, lo cual refleja una dependencia de recursos informales que subraya la necesidad urgente de incorporar contenidos astronómicos en los planes de estudio de formación docente. Esta situación resalta una brecha significativa entre las competencias requeridas para enseñar astronomía y la preparación académica proporcionada en las instituciones educativas, limitando la capacidad de los futuros docentes para abordar estos temas de manera efectiva en sus clases (Triana, 2024).

En un estudio complementario, Sanabria García (2023) llevó a cabo una investigación en colaboración con la Oficina de Astronomía para la Educación (OAE) para analizar las prácticas de enseñanza de la astronomía en la educación básica y media en Colombia, así como su relación con el plan de estudios de ciencias naturales. Este trabajo se basó en una encuesta aplicada a 250 docentes en activo y utilizó técnicas de análisis de agrupamiento mediante el método de k-modos para clasificar los enfoques y estrategias más comunes en la enseñanza de esta disciplina en el país. Los resultados indicaron que la astronomía en Colombia se presenta mayormente en actividades extracurriculares, como clubes de ciencia, lo que demuestra una falta de integración formal en el currículo escolar. Sanabria García destacó que esta situación responde a la carencia de programas de formación específicos en astronomía dentro del sistema educativo, lo cual limita la posibilidad de que los estudiantes adquieran conocimientos astronómicos dentro del aula y promueve la perpetuación de concepciones alternativas en los estudiantes. El estudio concluyó que es fundamental fortalecer la formación docente en astronomía mediante el desarrollo de programas formales que integren esta ciencia en el currículo de ciencias naturales, promoviendo un aprendizaje significativo que permita a los estudiantes relacionar la astronomía con el contexto científico y cotidiano (Sanabria García, 2023).

Otro aspecto relevante en la literatura sobre la formación docente en astronomía en Colombia es la introducción de herramientas pedagógicas que permitan a los profesores en formación desarrollar competencias para enseñar los fenómenos celestes de manera contextualizada. Ramírez (2023) exploró el uso del "Diario del Cielo" como una herramienta didáctica adaptada a las particularidades geográficas y culturales de Colombia. Basado en modelos previamente desarrollados en países como Italia y Brasil, el "Diario del Cielo" se implementó en talleres prácticos con docentes en formación y en ejercicio en la ciudad de Bogotá, permitiendo a los participantes realizar observaciones directas del cielo y registrar fenómenos astronómicos a lo largo de varias sesiones. Este recurso, que incorpora elementos como los horarios de salida y puesta de los astros, así como fenómenos culturales y tradicionales vinculados a la observación del cielo, se mostró eficaz para mejorar la comprensión de los ciclos astronómicos entre los participantes. Los resultados de la investigación subrayaron el valor de vincular la astronomía con el contexto cultural de los estudiantes, lo cual no solo facilita la comprensión de los fenómenos astronómicos, sino que también promueve un interés genuino en la enseñanza de la astronomía y en la conservación del patrimonio cultural (Ramírez, 2023).

Asimismo, el diagnóstico sobre las concepciones alternativas y el conocimiento de los docentes en formación sobre los fenómenos astronómicos básicos es una preocupación recurrente en la literatura. Lugo López y Bautista (2019) realizaron un estudio en la Universidad Pedagógica Nacional en el que diagnosticaron el estado de los conocimientos en astronomía entre un grupo de 35 estudiantes de pedagogía. Utilizando cuestionarios abiertos y grupos de discusión, la investigación identificó que una gran parte de los participantes presentaba concepciones alternativas sobre conceptos fundamentales como las estaciones, los movimientos de los astros y los efectos de la latitud en la observación del cielo. En particular, se observó que algunos de los futuros docentes explicaban las estaciones del año en términos de proximidad de la Tierra al Sol, una idea errónea que persiste debido a la falta de instrucción formal en astronomía en los programas de formación. Este estudio resaltó la importancia de desarrollar estrategias específicas para abordar y corregir estas concepciones alternativas, ya que la transmisión de estas ideas erróneas a los estudiantes en el aula puede limitar su comprensión científica y dificultar el aprendizaje de temas más avanzados en ciencias (Lugo & Bautista, 2019).

Por otro lado, Vallejo Villegas (2022) implementó un enfoque novedoso en la enseñanza de la astronomía mediante el uso de simulaciones interactivas diseñadas para facilitar la comprensión de conceptos astrofísicos complejos, como la evolución estelar. En su investigación en la Universidad de Antioquia, se desarrollaron doce simulaciones, utilizando herramientas de programación como JavaScript y WebGL, que permitieron crear un entorno interactivo de aprendizaje en línea. Para evaluar la efectividad de estas simulaciones, Vallejo Villegas aplicó una prueba de conocimientos a estudiantes de secundaria antes y después de utilizar la simulación sobre evolución estelar, comparando los resultados con los obtenidos por un grupo que recibió una clase tradicional. Los resultados mostraron una mejora significativa en la comprensión de los conceptos por parte de los estudiantes que utilizaron la simulación, destacando el potencial de las herramientas tecnológicas para enriquecer la enseñanza de la astronomía y permitir una comprensión más intuitiva y profunda de los fenómenos celestes. Este estudio subrayó la efectividad de las simulaciones interactivas como recursos educativos en contextos donde el acceso a telescopios y observatorios es limitado, y sugirió su integración en programas de formación docente para mejorar la enseñanza de la astronomía en el país (Vallejo V, 2022).

Finalmente, Vásquez Blanco (2019) desarrolló un módulo didáctico sobre la evolución del Sol destinado a docentes en formación en la Universidad Pedagógica Nacional, con el fin de

fortalecer su capacidad para enseñar temas astronómicos en la educación secundaria. El módulo incluyó actividades de fácil implementación que abordaban conceptos como la presión, luminosidad, brillo, magnitud aparente y absoluta, permitiendo a los futuros docentes experimentar con conceptos astronómicos sin necesidad de instrumentos sofisticados. Implementado en un grupo de estudiantes de astronomía general, este módulo fue evaluado positivamente por los participantes, quienes valoraron su aplicabilidad y facilidad de uso en el aula. Los resultados sugirieron que iniciativas como esta pueden ser una base útil para desarrollar recursos educativos que permitan a los docentes en formación adquirir competencias en astronomía y promover una enseñanza accesible y contextualizada de esta disciplina en el sistema educativo colombiano (Vásquez Blanco, 2018).

En conjunto, estos estudios revelan la importancia de promover una formación más integral y formalizada en astronomía para los docentes colombianos, resaltando la necesidad de incorporar contenidos específicos en los programas de licenciatura y de desarrollar recursos pedagógicos que permitan a los futuros profesores conectar la ciencia con el contexto cultural de sus estudiantes. Además, muestran que la integración de tecnologías como simulaciones interactivas y herramientas de observación directa puede ser una estrategia efectiva para abordar la enseñanza de conceptos complejos en astronomía, facilitando así una comprensión científica robusta de los fenómenos astronómicos en el ámbito escolar.

1.1.2 A nivel Regional

En el departamento de Boyacá, los estudios sobre la formación docente en astronomía son escasos, limitándose principalmente a esfuerzos recientes y aislados de investigación y extensión. No obstante, esta región ha mostrado un considerable potencial para el desarrollo de la educación astronómica debido a la presencia de programas formativos y recursos naturales favorables para la observación astronómica. La investigación de Vargas, Niño y Romero (2011) sobre arqueoastronomía muisca reveló la trascendencia histórica de la astronomía en la cultura precolombina de Boyacá, señalando cómo los habitantes originales de esta región, específicamente en lugares como Tunja y Villa de Leyva, empleaban el conocimiento astronómico en sus prácticas culturales (Vargas et al., 2011). Estos hallazgos se complementaron con los estudios de Guaman (2019), quienes identificaron evidencias arqueoastronómicas en la vereda Moniquirá de Villa de

Leyva, mostrando que la astronomía fue una actividad fundamental en la organización sociocultural de los antiguos pobladores (Guaman Galindo, 2017).

A nivel académico y de investigación, la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC) ha sido un actor clave en la región, con el establecimiento del Grupo de Investigación en Astronomía y Cosmología, que ha generado avances en la enseñanza teórica y experimental de la astronomía. La creación del Observatorio Astronómico de la UPTC en 2020 marcó un hito significativo, al ser el único observatorio universitario operativo en Boyacá, proporcionando un recurso vital para la investigación y la educación en astronomía en el departamento (Alfonso et al., 2023). Además, las condiciones climáticas de la zona, en municipios como Villa de Leyva, Chíquiza y Santa Sofía, ofrecen cielos despejados y baja humedad, ideales para la práctica astronómica (González Díaz, 2015). Este contexto favorable sugiere que el desarrollo de programas educativos en astronomía podría fomentar las vocaciones científicas en Boyacá, consolidando una estructura didáctica y curricular que responda a las particularidades de la región.

En relación con el quehacer docente en astronomía, un estudio reciente en la Revista Internacional de Pedagogía e Innovación Educativa analiza las tensiones y distensiones en la enseñanza de la astronomía, subrayando cómo la limitada formación docente afecta la implementación de estos contenidos, a pesar del creciente interés estudiantil. Se propone un cambio en la formación de educadores en facultades de educación, pasando de un modelo de transmisión de conocimiento a uno de construcción conjunta con los estudiantes, promoviendo una mayor interacción entre científicos, docentes y estudiantes en Boyacá (Valderrama, 2023a)

Por otro lado, la Fundación AstrodidaXis ha promovido actividades de divulgación científica y formación docente mediante talleres, conversatorios y campamentos en municipios como Moniquirá y Sutamarchán. En el semillero AstrodidaXis Young, aproximadamente 270 estudiantes de secundaria han participado en jornadas de observación astronómica y conversatorios sobre astronomía y cosmología, destacando una inclinación hacia carreras científicas en muchos de ellos. Además, el I Workshop sobre Enseñanza de la Astronomía en Colombia, organizado por esta fundación, demostró el impacto positivo en la capacitación docente en ciencias astronómicas (Valderrama, 2023a)

Un análisis exploratorio de los conocimientos astronómicos de 241 estudiantes secundarios en Boyacá reveló fortalezas y debilidades en conceptos de astronomía. Esta evaluación mostró que

existen áreas de mejora en la comprensión de temas como las fuerzas fundamentales del universo y el origen de los elementos, destacando la importancia de fortalecer la enseñanza de la astronomía desde una perspectiva estructurada y alineada con los estándares nacionales (Valderrama et al., 2024)

A su vez, el Observatorio Astronómico Goranchacha, adscrito a la UPTC, ha desempeñado un papel fundamental en la educación y difusión de la astronomía, contribuyendo a la formación científica y didáctica en la región. Un análisis reciente evaluó el impacto de este observatorio y propuso nuevas perspectivas para su desarrollo, resaltando su rol como espacio para el crecimiento científico en Boyacá (Alfonso et al., 2023)

De igual manera, en la enseñanza primaria, el estudio *Apropiación conceptual de la astronomía en el contexto de la educación primaria* planteó una secuencia didáctica virtual para estudiantes de cuarto grado, adaptada a las restricciones de la pandemia. Este enfoque permitió a los niños desarrollar una amplia apropiación conceptual mediante actividades interactivas y diálogos científicos, promoviendo la formación científica temprana en astronomía (Valderrama & Navarrete Florez, 2020)

Por otra parte, el proyecto *Pensamiento Computacional: Un Abordaje Didáctico para el Aprendizaje de la Astrofísica Estelar en la Escuela Normal Superior Leonor Álvarez Pinzón* implementó un enfoque innovador que integra habilidades de pensamiento computacional para comprender conceptos de astrofísica. Mediante talleres específicos, los estudiantes desarrollaron competencias en áreas como la abstracción y el pensamiento algorítmico, logrando avances en la comprensión de la evolución estelar y la paralaje (Martínez Raba & Moreno Católico, 2024)

En el ámbito de la pedagogía museística, un proyecto realizado en el Museo Arqueológico Suamox en Sogamoso implementó material didáctico para estudiantes de quinto grado. Este trabajo se enfocó en la relación entre la perspectiva científica occidental y la cosmovisión muisca, promoviendo la apropiación de conceptos astronómicos y físicos mediante talleres en el museo, lo que reforzó la educación interdisciplinaria en ciencias (Buitrago Parra & Garavito Vargas, 2021)

Otro estudio, *Astronomía en el Aula: Los Nortes en el Mundo que Habitamos*, exploró cómo los estudiantes y docentes reflexionan sobre su orientación espacial mediante actividades de campo, fomentando la comprensión interdisciplinaria y cultural de los puntos cardinales y sus implicaciones en la vida cotidiana y la identidad (Martínez & Gracia, 2023)

El Campamento Astronómico Andrómeda en la Institución Educativa Departamental La Florida promovió la participación femenina en STEM mediante la observación de cuerpos celestes y la construcción de cohetes. Este proyecto no solo incentivó la curiosidad científica, sino que también abordó la brecha de género en ciencias astronómicas, ofreciendo un enfoque empoderador y libre de discriminación (López, 2023)

Finalmente, en el ámbito de la educación secundaria, el proyecto *Astrobiology in Secondary Education: A Diagnosis of Prior Knowledge* diagnosticó los conocimientos previos en astrobiología de estudiantes secundarios. El análisis reveló la influencia de conceptos pseudocientíficos en sus interpretaciones, subrayando la necesidad de intervenciones didácticas que promuevan una comprensión científica y crítica en temas relacionados con la vida en el universo (Valderrama, Umbarila Benavides, et al., 2023).

2. Justificación

El estudio de la enseñanza de la astronomía en la educación básica y media representa una oportunidad significativa para abordar brechas evidentes en la formación científica de los estudiantes (Giraldo Acevedo et al., 2024; Solbes & Palomar, 2013b; Valverde & Näslund-Hadley, 2011). En un contexto en el que la astronomía no se encuentra integrada como un área de conocimiento independiente en los planes de estudio de educación formal en Colombia, resulta relevante proponer investigaciones que exploren las dinámicas y estrategias que actualmente se implementan para su enseñanza y, sobre todo, evaluar su pertinencia en la formación docente. Esta investigación se fundamenta en la necesidad de enriquecer la didáctica en astronomía desde una perspectiva que promueva el aprendizaje significativo, la contextualización de los fenómenos astronómicos en relación con el entorno cotidiano de los estudiantes y la integración de esta disciplina en las prácticas pedagógicas cotidianas de los docentes en formación y ejercicio.

La investigación que aquí se plantea adquiere relevancia al considerar que el conocimiento en astronomía no solo promueve la comprensión de fenómenos naturales de gran escala, sino que también fomenta en los estudiantes la curiosidad científica y el pensamiento crítico, habilidades necesarias para enfrentar los desafíos del siglo XXI (Donato Morales, 2020; Martínez Raba & Moreno Católico, 2024; Valderrama & Navarrete Florez, 2020). La falta de formación docente específica en astronomía limita la capacidad de los educadores para despertar dicho interés en los estudiantes, dado que los contenidos relacionados con el cosmos, las estrellas, el Sistema Solar y los fenómenos espaciales suelen presentarse de manera fragmentada o superficial (Arias Urriago et al., 2017; Gangui et al., 2017; Gonzatti et al., 2013; Merlo et al., 2023). En consecuencia, muchos estudiantes completan su educación formal con un conocimiento incompleto y descontextualizado de la astronomía, situación que podría revertirse mediante estrategias de enseñanza más integrales y orientadas a la indagación.

El presente estudio busca no solo describir y analizar las prácticas existentes en la enseñanza de la astronomía, sino también contribuir a la construcción de propuestas didácticas que, a partir de esta evaluación, permitan integrar la astronomía en el currículo de ciencias de manera coherente y profunda. Al plantear estrategias metodológicas innovadoras y contextualizadas, este proyecto responde a la necesidad de enriquecer la formación docente en una disciplina que históricamente ha sido marginada en los procesos educativos formales en Colombia (Sanabria García, 2023; Triana, 2024; Valderrama et al., 2021a). Con ello, se pretende no solo mejorar la comprensión de

los conceptos astronómicos por parte de los futuros docentes, sino también ofrecerles herramientas didácticas que faciliten su enseñanza y que, al mismo tiempo, incentiven a los estudiantes a explorar estos temas desde una perspectiva crítica, analítica e integral (Alfonso et al., 2023; Donato Morales, 2020).

Este estudio resulta, además, pertinente en el contexto nacional debido al reciente crecimiento en la popularidad de la astronomía en espacios de educación no formal, tales como observatorios, planetarios y clubes de aficionados, que han demostrado el interés latente de la sociedad por el conocimiento astronómico (Alfonso et al., 2023; Barrantes Clavijo, 2017; N. Camino et al., 2019; Tarquino Cabra, 2017). Sin embargo, la falta de una articulación con los espacios de educación formal limita el impacto de estos esfuerzos, los cuales, aunque enriquecedores, no logran consolidarse como parte integral de la experiencia educativa de los estudiantes (Valderrama, Benavides, et al., 2023). Al proponer un enfoque de investigación orientado a la formación docente en astronomía, este estudio no solo reconoce la necesidad de fortalecer la enseñanza de esta disciplina en los niveles educativos básicos, sino que también resalta la importancia de que los docentes en formación reciban una preparación adecuada en la enseñanza de contenidos astronómicos, fortaleciendo los lineamientos existentes para la enseñanza de la astronomía en el currículo escolar colombiano, así como una eventual actualización de los mismos en los que la astronomía tenga un papel más relevante.

En el ámbito teórico, esta investigación se justifica al abordar un vacío en el conocimiento sobre las prácticas de enseñanza de la astronomía en Colombia, particularmente en la formación docente. Al centrarse en un análisis exhaustivo de las estrategias, recursos y enfoques pedagógicos utilizados por docentes en formación, el estudio buscó generar un cuerpo de conocimiento que permita fundamentar teóricamente nuevas propuestas didácticas para la enseñanza de la astronomía en el país. Los resultados de esta investigación podrían, en este sentido, ser extrapolables a otras disciplinas científicas, promoviendo una visión más amplia e interdisciplinaria de la educación en ciencias, y al mismo tiempo, aportando elementos teóricos y metodológicos que contribuyan a la consolidación de enfoques didácticos pertinentes, inclusivos y contextualizados.

En términos metodológicos, la investigación se presenta como un aporte novedoso al emplear un enfoque mixto que combina el análisis de discurso con metodologías participativas, permitiendo obtener una comprensión detallada de las percepciones y experiencias de los docentes en formación respecto a la enseñanza de la astronomía. Este enfoque facilita la recolección de datos

en contextos reales y ofrece una perspectiva enriquecedora sobre las estrategias que actualmente se implementan en las instituciones formadoras de docentes, así como sobre las posibles mejoras en la formación inicial en astronomía. La metodología adoptada también permitirá explorar en profundidad las dinámicas de enseñanza y aprendizaje en escenarios de aula, generando información valiosa para la optimización de las prácticas pedagógicas en el área de astronomía.

De manera que, esta investigación tiene implicaciones prácticas que benefician a múltiples sectores de la educación en ciencias naturales. Por un lado, los programas de formación docente en ciencias podrán incorporar los hallazgos y recomendaciones de este estudio para optimizar sus contenidos y enfoques pedagógicos en astronomía. Por otro lado, los docentes en ejercicio encontrarán en este estudio herramientas prácticas y teóricas que les permitan enriquecer sus clases, proporcionando una enseñanza más completa y atractiva para los estudiantes. A largo plazo, la implementación de los conocimientos y estrategias aquí planteadas podría contribuir a la formación de una ciudadanía con una mayor comprensión de los fenómenos astronómicos y, en consecuencia, con una visión más profunda y crítica del lugar del ser humano en el universo.

3 objetivos

3.1 Objetivo general

Desarrollar una propuesta de formación inicial docente en Astronomía para el programa de Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la UPTC

3.2 Objetivos específicos

- Identificar las características de los contenidos objeto de estudio en el marco de las estrategias usadas en la enseñanza de la astronomía entre 2014 a 2023.
- Implementar un programa académico de formación en enseñanza de la astronomía para los docentes en formación de la Licenciatura en Ciencias Naturales de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC).
- Caracterizar propuestas didácticas para la enseñanza de la astronomía diseñadas por los estudiantes de Licenciatura en Ciencias Naturales en Educación Ambiental (LCNEA)

5 Marco teórico

5.1. Enseñanza de las Ciencias Naturales

En el marco de la educación científica, las ciencias naturales se constituyen como una base fundamental para comprender el entorno natural, sus leyes y los fenómenos que lo configuran (Viviescas & Sacristán, 2020). La educación en ciencias naturales tiene como objetivo no solo la adquisición de conocimientos específicos en áreas como la física, la química, la biología y la geología, sino también el desarrollo de una comprensión profunda de los procesos que gobiernan el mundo natural, promoviendo habilidades de indagación, pensamiento crítico y toma de decisiones informada (Espinoza Alvarado, 2023). La formación en ciencias naturales permite a los individuos interpretar y relacionarse con el entorno de una manera que fomenta la curiosidad científica, la resolución de problemas y la capacidad para formular y contrastar hipótesis (Berry & Tapia-Gutiérrez, 2022; Castelblanco et al., 2020). En este contexto, las ciencias naturales no son solo un conjunto de conocimientos aislados, sino una disciplina integradora que proporciona las herramientas necesarias para interpretar y contextualizar el conocimiento desde una perspectiva que trasciende el aula, fomentando ciudadanos críticos y conscientes de su papel en el mundo.

Dentro de este marco, se adopta el paradigma del constructivismo como fundamento teórico para el proceso de enseñanza-aprendizaje en ciencias naturales, especialmente en el área de la astronomía. El constructivismo, basado en las teorías de Piaget y Vygotsky, sostiene que el conocimiento se construye activamente a través de la interacción del individuo con su entorno (Elizondo, 2024). En el contexto educativo, esta teoría plantea que los estudiantes deben participar en experiencias significativas que les permitan vincular el conocimiento nuevo con sus conocimientos previos, facilitando así un aprendizaje profundo y duradero. Vygotsky, en particular, resalta la importancia de la mediación social en el aprendizaje, sugiriendo que el conocimiento es producto de la interacción con otros individuos y con el entorno cultural (Vielma & Salas, 2000). Así, el constructivismo no solo se centra en el desarrollo cognitivo individual, sino también en la influencia del contexto y la cultura en la formación del conocimiento científico.

Desde esta perspectiva, las ciencias naturales se enseñan no solo como contenidos conceptuales, sino como un conjunto de prácticas y métodos que buscan emular el trabajo científico real, promoviendo el aprendizaje a través de la indagación y la experimentación. Este enfoque se ve reflejado en el modelo de aprendizaje por indagación, el cual fomenta que los estudiantes se

conviertan en protagonistas de su propio proceso de aprendizaje al participar activamente en la formulación de preguntas, el diseño de experimentos y la interpretación de datos. Al enseñar ciencias naturales bajo este modelo, se promueve un desarrollo de competencias científicas que incluyen no solo el conocimiento teórico, sino también habilidades prácticas y actitudes críticas, esenciales para la comprensión y la resolución de problemas complejos (Berry & Tapia-Gutiérrez, 2022). La astronomía, como parte de las ciencias naturales, se beneficia de este enfoque al involucrar a los estudiantes en observaciones directas y en la construcción de modelos que expliquen fenómenos astronómicos, tales como el movimiento de los planetas y las fases de la luna.

En el ámbito de las ciencias naturales, el conocimiento científico se organiza en torno a teorías y modelos que intentan explicar y predecir fenómenos observables en la naturaleza. Este conocimiento se desarrolla y valida a través de métodos empíricos, lo que implica que se fundamenta en la observación, la experimentación y la verificación sistemática (Maletta, 2024). Dentro de este contexto, la enseñanza de las ciencias naturales busca no solo transmitir conocimientos ya establecidos, sino también introducir a los estudiantes en el proceso de construcción del conocimiento científico. Esto incluye una comprensión de la naturaleza del conocimiento científico y de las características distintivas del método científico, tales como la formulación de hipótesis, la experimentación controlada, la recolección de datos y la interpretación de resultados. La astronomía, al ser una ciencia empírica y observacional, ofrece un contexto ideal para que los estudiantes experimenten estos procesos de manera directa y significativa, facilitando una comprensión integral de los métodos científicos.

El estudio de la astronomía en el contexto de las ciencias naturales adquiere especial relevancia al permitir una visión interdisciplinaria que conecta conocimientos de física, matemática y geografía, entre otras áreas (Valderrama & Navarrete Florez, 2020). La astronomía se caracteriza por su capacidad de despertar el interés y la curiosidad de los estudiantes, ya que aborda temas que, por su naturaleza, capturan la imaginación y el deseo de explorar el universo (Oropeza, 2018). La enseñanza de la astronomía, por tanto, representa una oportunidad única para integrar diversas disciplinas científicas, promoviendo un aprendizaje que no solo es conceptual, sino también experiencial y contextualizado. Este enfoque interdisciplinario permite que los estudiantes comprendan la astronomía no como un conjunto de conocimientos aislados, sino como una ciencia integrada y en constante interacción con otros campos del saber, lo que les permite desarrollar una visión holística de la naturaleza y de su lugar en el cosmos.

Por lo tanto, la inclusión de la astronomía en la educación en ciencias naturales responde a la necesidad de formar individuos con una comprensión amplia y crítica de su entorno, capaces de tomar decisiones informadas y de enfrentar los retos que plantea un mundo en constante cambio. La astronomía, al cuestionar nuestro lugar en el universo y explorar las grandes preguntas sobre el origen y el destino de los cuerpos celestes, promueve una reflexión profunda sobre la naturaleza de la existencia y el conocimiento humano. Así, la educación en ciencias naturales, y en particular la enseñanza de la astronomía se orienta no solo a la formación de competencias científicas, sino también al desarrollo de valores y actitudes que fomenten una apreciación del universo y una responsabilidad ética hacia nuestro planeta y hacia las futuras generaciones.

5.3. Conceptos disciplinares de Astronomía

La astronomía es una ciencia que no solo se ocupa de observar y analizar los objetos celestes y los fenómenos que ocurren fuera de la atmósfera terrestre, sino que también involucra un marco epistemológico complejo. Como disciplina científica, la astronomía está fundamentada en principios observacionales y teóricos que permiten la construcción de modelos sobre la estructura y el comportamiento del universo. Desde una perspectiva epistemológica, la astronomía integra el conocimiento empírico derivado de la observación y experimentación con teorías que buscan explicar la naturaleza y evolución de los cuerpos celestes.

El carácter interdisciplinario de la astronomía se evidencia en su relación con otras ciencias como la física, la biología, las matemáticas y la química, lo que le permite abordar fenómenos desde diversas perspectivas. Esta multidimensionalidad convierte a la astronomía en una herramienta educativa poderosa para el desarrollo del pensamiento crítico, la curiosidad científica y la capacidad de abstracción en los estudiantes. Así, en el ámbito educativo, la astronomía no solo se presenta como un campo de conocimiento, sino también como un medio para promover habilidades cognitivas superiores, facilitando la comprensión de conceptos abstractos a través de la observación directa y el uso de modelos teóricos.

A continuación, se presentan, en la tabla 1, algunos conceptos y definiciones disciplinares clave en astronomía abordados en este trabajo de grado. Estos conceptos fueron seleccionados por su relevancia tanto en el ámbito académico como en el educativo, y su comprensión resulta fundamental para el desarrollo de una visión científica integrada de los fenómenos astronómicos.

Es importante señalar que varios de estos términos se definen o explican a lo largo del trabajo; en este apartado, se ofrecen definiciones generales de los mismos.

Tabla 1

Algunos conceptos disciplinares sobre astronomía claves en el trabajo.

| Concepto | Definición |
|----------------------------|---|
| Fases de la Luna | Las fases de la Luna son las distintas fracciones iluminadas de su superficie visible desde la Tierra, determinadas por la posición relativa entre el Sol, la Tierra y la Luna en su órbita. Estas fases ocurren debido al cambio en el ángulo desde el cual observamos la parte iluminada de la Luna mientras orbita la Tierra. Este ciclo, conocido como mes sinódico y de aproximadamente 29.5 días, ha sido esencial en calendarios antiguos y modernos, y ha influido en prácticas agrícolas, tradiciones culturales y la organización temporal en diversas civilizaciones. |
| Coordenadas Terrestres | El sistema de coordenadas terrestres consta de tres variables que permiten identificar ubicaciones precisas en la superficie de la Tierra mediante tres parámetros: latitud (distancia al ecuador en grados), longitud (distancia desde el meridiano de Greenwich) y altitud (altura en relación con el nivel del mar). La latitud y longitud son angulares, mientras que la altitud es una medida lineal. Este sistema es fundamental en cartografía, navegación y astronomía, ya que permite relacionar fenómenos astronómicos, como la observación de eventos celestes, con ubicaciones geográficas específicas. |
| Coordenadas Celestes | El sistema de coordenadas celestes consta de dos variables que permiten la ubicación de objetos en la esfera celeste. Utiliza la ascensión recta (análoga a la longitud geográfica) y la declinación (análoga a la latitud geográfica) para ubicar con precisión cuerpos celestes. En el sistema ecuatorial, que está alineado con el ecuador celeste, estas coordenadas permiten a los astrónomos trazar mapas del cielo y seguir el movimiento aparente de estrellas, planetas y otros cuerpos. Este sistema es clave en la astronomía observacional y en la navegación celeste. |
| Movimientos de la Tierra | La Tierra realiza varios movimientos fundamentales. La rotación es el giro sobre su propio eje que genera el ciclo de día y noche; la traslación es su movimiento orbital alrededor del Sol que causa las estaciones; la precesión, un movimiento más lento, es el cambio gradual en la orientación del eje de rotación terrestre, mientras que la nutación son pequeñas oscilaciones sobre este eje. Estos movimientos son esenciales para la astronomía, ya que afectan la observación de estrellas, la organización de los calendarios y la variación en la intensidad y distribución de la luz solar. |
| Eclipses Solares y Lunares | Un eclipse solar ocurre cuando la Luna se sitúa entre el Sol y la Tierra, bloqueando parcial o totalmente la luz solar. Un eclipse lunar sucede cuando la Tierra se interpone entre el Sol y la Luna, proyectando su sombra sobre la Luna. Los eclipses solares pueden ser totales, parciales o anulares, mientras que los eclipses lunares pueden ser penumbrales, parciales o totales. Estos eventos han sido de gran interés científico para estudiar el comportamiento de los cuerpos celestes y tienen un valor cultural importante, ya que en muchas civilizaciones fueron considerados eventos de augurio. |

| | |
|--------------------------------------|--|
| Diagrama de Hertzsprung-Russell (HR) | <p>El diagrama HR clasifica las estrellas según su luminosidad y temperatura superficial. Las estrellas en la secuencia principal fusionan hidrógeno en helio, mientras que las gigantes rojas y enanas blancas representan fases evolutivas posteriores. Este gráfico permite estudiar cómo las propiedades físicas de las estrellas varían a lo largo de su vida, facilitando la identificación de su estado evolutivo. Es una herramienta clave en astrofísica para comprender el ciclo de vida estelar, desde el nacimiento hasta la muerte.</p> |
| Secuencia Principal | <p>La secuencia principal es una fase prolongada en la vida de una estrella durante la cual fusiona hidrógeno en helio en su núcleo, manteniendo un equilibrio entre la presión de radiación y la fuerza de gravedad. Las estrellas en esta fase son estables y su masa determina su luminosidad y color. Este estado, que puede durar miles de millones de años, es fundamental para entender la estabilidad y evolución de las estrellas, como el Sol, que actualmente se encuentra en esta fase.</p> |
| Fusión Nuclear | <p>La fusión nuclear es el proceso mediante el cual los núcleos de hidrógeno se combinan para formar helio, liberando enormes cantidades de energía en forma de radiación. Este proceso ocurre en el núcleo de las estrellas, y es responsable de su luminosidad y estabilidad durante la secuencia principal. Además, es el mecanismo por el cual se generan elementos ligeros en el universo, y la energía liberada permite a las estrellas resistir el colapso gravitacional.</p> |
| Supernova | <p>Una supernova es la explosión violenta de una estrella masiva al finalizar su ciclo de vida, que dispersa elementos pesados en el espacio y contribuye al enriquecimiento químico del medio interestelar. Esta explosión puede dar lugar a la formación de estrellas de neutrones o agujeros negros, dependiendo de la masa de la estrella original. Las supernovas son tan luminosas que pueden ser observadas a grandes distancias, lo cual permite utilizarlas para medir distancias cósmicas.</p> |
| Cefeidas | <p>Las cefeidas son estrellas variables que experimentan cambios periódicos en su luminosidad debido a pulsaciones en sus capas externas. Existe una relación directa entre el periodo de variación y su luminosidad intrínseca, lo que permite usarlas como "velas estándar" para medir distancias astronómicas. Estas estrellas han sido esenciales en la calibración de la escala de distancias del universo y han contribuido al estudio de galaxias lejanas.</p> |
| Galaxia Espiral | <p>Una galaxia espiral posee un núcleo central rodeado de brazos en espiral, donde predominan estrellas jóvenes, gas y polvo. Estos brazos son regiones de intensa formación estelar y caracterizan galaxias como la Vía Láctea. La estructura espiral se debe a la rotación diferencial de la galaxia, y su estudio permite comprender la dinámica galáctica y los procesos de formación estelar en el universo.</p> |
| Quásar | <p>Un quásar es el núcleo activo de una galaxia distante extremadamente brillante, alimentado por un agujero negro supermasivo en su centro. La energía que emite un quásar proviene del material que cae en el agujero negro, generando una radiación intensa que puede observarse a grandes distancias. Los quásares son fundamentales para estudiar el universo temprano, ya que su luz tarda miles de millones de años en llegar a la Tierra.</p> |
| Telescopio Espacial | <p>Un telescopio espacial es un instrumento situado fuera de la atmósfera terrestre, lo que permite eliminar las distorsiones causadas por la atmósfera y observar una mayor gama del espectro electromagnético, como las bandas ultravioleta e infrarroja. Telescopios como el Hubble han proporcionado imágenes nítidas y detalladas de galaxias y nebulosas, siendo cruciales para la investigación astronómica y el conocimiento del universo profundo.</p> |

| | |
|-------------------------|--|
| Nebulosa | <p>Una nebulosa es una nube de gas y polvo en el espacio interestelar, a menudo ubicada en zonas de formación estelar. Las regiones más densas y frías, conocidas como núcleos de condensación, son el origen de nuevas estrellas. Existen varios tipos de nebulosas: de emisión, que brillan por la radiación de estrellas cercanas; de reflexión, que reflejan la luz de estrellas próximas; y planetarias, restos de estrellas moribundas. Las nebulosas son esenciales en el ciclo de vida de las estrellas.</p> |
| Clasificación de Hubble | <p>La clasificación de Hubble organiza las galaxias en elípticas, espirales e irregulares, según su forma y estructura. Este sistema es clave para entender la evolución galáctica, ya que sugiere cómo las galaxias pueden transformarse con el tiempo. Las elípticas suelen ser más antiguas y carecen de gas para formar nuevas estrellas, mientras que las espirales y las irregulares son más activas en formación estelar.</p> |
| Manchas Solares | <p>Las manchas solares son regiones más frías y oscuras en la superficie del Sol, causadas por intensa actividad magnética. Estas manchas siguen un ciclo de aproximadamente 11 años, durante el cual aumentan y disminuyen en número, y su estudio es importante para entender el clima espacial. Las manchas solares pueden afectar la tecnología terrestre al influir en la magnetosfera y generar eventos como tormentas geomagnéticas.</p> |
| Materia Oscura | <p>La materia oscura es una forma de materia que no emite ni absorbe luz, pero cuya existencia se infiere a través de sus efectos gravitacionales en la materia visible, como las estrellas y las galaxias. Aunque su naturaleza exacta es desconocida, representa aproximadamente el 27% de la materia y energía del universo. La materia oscura es fundamental para entender la estructura a gran escala del cosmos y el comportamiento de los cúmulos galácticos.</p> |
| Tormentas Solares | <p>Las tormentas solares son explosiones en la superficie del Sol que liberan partículas cargadas, afectando la magnetosfera terrestre y generando fenómenos como las auroras. Estas tormentas pueden interferir con las comunicaciones, los sistemas de navegación y las redes eléctricas en la Tierra, por lo que estudiar el clima espacial es esencial para mitigar sus efectos en la tecnología moderna.</p> |
| Mareas Vivas | <p>Las mareas vivas son mareas más altas y bajas que ocurren cuando el Sol, la Tierra y la Luna están alineados, ya sea en Luna nueva o llena. Esta alineación intensifica las fuerzas gravitacionales, resultando en mareas más extremas. Las mareas vivas ayudan a estudiar la interacción gravitacional entre estos cuerpos y son importantes en la navegación y en el estudio de los efectos de las mareas en los ecosistemas costeros.</p> |
| Estaciones del Año | <p>Las estaciones del año se deben a la inclinación del eje terrestre respecto al plano de su órbita alrededor del Sol. Este ángulo hace que distintas áreas de la Tierra reciban diferentes cantidades de luz solar durante el año, causando variaciones estacionales. Este ciclo es fundamental en meteorología, agricultura y cultura, ya que afecta los climas y los ecosistemas en todo el planeta.</p> |
| Paralaje | <p>La paralaje es un método de medición de distancias estelares basado en el desplazamiento aparente de una estrella debido al movimiento orbital de la Tierra. Este fenómeno es crucial para determinar escalas de distancia y comprender la estructura de nuestra galaxia y el universo cercano.</p> |
| Movimiento Retrógrado | <p>El movimiento retrógrado es el aparente retroceso de un planeta en el cielo, resultado de la diferencia en velocidades orbitales entre la Tierra y el planeta observado. Este fenómeno fue clave en la transición del modelo geocéntrico al heliocéntrico y en la comprensión de la mecánica orbital.</p> |

| | |
|--|---|
| Ley de Gravitación Universal de Newton | La ley de gravitación universal establece que todos los cuerpos se atraen con una fuerza proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia. Este principio es fundamental para comprender la dinámica planetaria y la estructura del universo. |
| Inclinación Axial de la Tierra | La inclinación axial es el ángulo entre el eje de rotación de la Tierra y su órbita alrededor del Sol. Esta inclinación causa las estaciones, al cambiar la cantidad de luz solar recibida en cada hemisferio, afectando climas y ecosistemas a lo largo del año. |
| Modelo Heliocéntrico y Geocéntrico | El modelo geocéntrico situaba a la Tierra en el centro del universo, mientras que el modelo heliocéntrico, propuesto por Copérnico, ubica al Sol en el centro del sistema solar. Esta transición fue clave en la revolución científica y fundamentó la astronomía moderna al establecer un modelo basado en observaciones precisas. |

5.4 Paradigmas de Enseñanza y Aprendizaje de la Astronomía

La enseñanza y el aprendizaje de la astronomía en el aula pueden fundamentarse en diversos enfoques y paradigmas, cada uno con sus propios principios y estrategias para facilitar la comprensión de esta ciencia compleja y multidimensional. Si bien el constructivismo ha demostrado ser una base eficaz para muchas estrategias didácticas, no es el único marco posible ni el único enfoque relevante en la educación astronómica. Los enfoques instructivistas, que priorizan la transmisión estructurada de contenidos y el desarrollo de habilidades específicas, también juegan un rol significativo, especialmente al abordar los fundamentos conceptuales y teóricos de la astronomía que requieren una base sólida de conocimientos científicos previamente establecidos, según se intuye de los resultados de algunas investigaciones (García Herrero, 2014).

La enseñanza de la astronomía puede enriquecerse con un enfoque interdisciplinario, en el que los estudiantes integran conocimientos de diversas áreas científicas, como la física, la química y las matemáticas, y también desarrollan una apreciación de la historia y la filosofía de la ciencia. Este enfoque favorece la construcción de una visión más amplia de los fenómenos astronómicos, en la que los estudiantes no solo aprenden los conceptos fundamentales, sino que también exploran cómo estos han sido interpretados y aplicados a lo largo del tiempo y en diferentes contextos culturales (Bozzoli, 2021; González Redondo, 2014; Ten & Monrós, 2006).

Desde el ámbito epistemológico, la enseñanza de la astronomía se centra en cómo se genera y valida el conocimiento astronómico, destacando el rol de la observación sistemática y el desarrollo de modelos y teorías que buscan explicar fenómenos que van más allá de la experiencia cotidiana. Este enfoque permite que los estudiantes comprendan la naturaleza provisional del conocimiento científico, donde las teorías y los modelos evolucionan en respuesta a nuevas

evidencias y observaciones (Alonso & Mas, 1999; Carreño Díaz, 2014). La enseñanza de la astronomía, por tanto, implica no solo transmitir información, sino también desarrollar habilidades para interpretar críticamente los datos y los modelos científicos y para entender el carácter evolutivo de las teorías científicas.

Algunos enfoques, como la enseñanza de las ciencias basada en la indagación, promueven que los estudiantes participen activamente en la generación de preguntas y en la exploración de respuestas mediante actividades prácticas y proyectos de investigación (Reyes-Cárdenas & Padilla, 2012). Esto incluye la implementación de estrategias como la observación directa del cielo y el uso de herramientas de simulación, que acercan a los estudiantes al proceso real de investigación en astronomía. Este enfoque investigativo fomenta la habilidad de interpretar datos y el desarrollo de un pensamiento científico crítico, que son esenciales para entender fenómenos astronómicos complejos y para aplicar el conocimiento astronómico en problemas prácticos y contextuales.

Por otro lado, la integración de tecnología y herramientas digitales en la enseñanza de la astronomía permite que los estudiantes experimenten y exploren el cosmos de manera accesible y detallada (Vallejo V, 2022). El uso de simuladores, software de visualización del cielo, y herramientas como los telescopios digitales amplía las posibilidades de observación y análisis, haciendo que los conceptos astronómicos sean más tangibles y facilitando la comprensión de fenómenos que ocurren a escalas imposibles de observar directamente. Esto no solo enriquece la experiencia de aprendizaje, sino que también permite una enseñanza inclusiva y personalizada, en la que los estudiantes pueden experimentar con distintos métodos y recursos según sus necesidades y estilos de aprendizaje.

De esta manera se puede evidenciar que la enseñanza de la astronomía en el aula constituye un campo fértil para la reflexión y la formación de una conciencia crítica sobre nuestro lugar en el universo y la interconexión de la Tierra con el resto del cosmos. Al enseñar astronomía, los educadores no solo preparan a los estudiantes para comprender temas científicos específicos, sino que también fomentan una visión amplia e integrada del conocimiento, donde las ciencias naturales dialogan con la historia, la filosofía y la tecnología, enriqueciendo la comprensión y la apreciación del universo y promoviendo la formación de ciudadanos críticos y científicamente alfabetizados.

5.5. Formación Docente

La formación inicial de docentes, especialmente en el contexto de la enseñanza de la astronomía y las ciencias naturales. La formación docente es un proceso continuo y multifacético

que no solo busca transmitir conocimientos disciplinarios, sino también desarrollar competencias pedagógicas, didácticas, éticas y de reflexión crítica que permitan al educador adaptar su enseñanza a los desafíos contemporáneos y a las necesidades específicas de sus estudiantes (Figueroa Céspedes et al., 2020; Romero et al., 2017).

Este proceso incluye varios elementos fundamentales que interactúan para crear una preparación integral. Entre ellos destacan:

Dominio Disciplinar: En el ámbito de las ciencias, y particularmente en la astronomía, el dominio disciplinar es esencial. Un docente necesita una comprensión sólida de los conceptos, teorías y modelos científicos básicos que sustentan la astronomía, como las leyes de Kepler, el modelo heliocéntrico, la evolución estelar y la estructura del universo. Sin esta base disciplinaria, resulta difícil transmitir de manera efectiva el conocimiento a los estudiantes y fomentar una comprensión profunda y significativa de la materia (Sánchez Ponce, 2013).

Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC): Este concepto, ampliamente explorado por investigadores como Shulman (1987), se refiere al conocimiento que tiene el docente sobre cómo enseñar de manera efectiva los contenidos específicos de su disciplina (Shulman, 1987). En el caso de la astronomía, el CDC implica conocer no solo los conceptos astronómicos, sino también las estrategias y métodos más efectivos para enseñar estos temas en el aula. Esto incluye saber cuáles son las ideas previas de los estudiantes, las dificultades comunes en la comprensión de ciertos fenómenos (como la interpretación de las fases lunares o la noción de escalas espaciales) y los recursos pedagógicos que pueden facilitar la enseñanza, como simulaciones, modelos visuales y actividades de observación directa.

Competencias Pedagógicas y Epistemológicas: La formación docente en astronomía debe desarrollar en los educadores una comprensión epistemológica de la ciencia. Es decir, deben comprender cómo se construye el conocimiento científico, cuáles son los métodos de investigación y validación en astronomía y cómo esta disciplina ha evolucionado históricamente. Esta perspectiva epistemológica es clave para que el docente pueda transmitir no solo conocimientos científicos, sino también una visión crítica y reflexiva sobre el papel de la ciencia en la sociedad, promoviendo así en sus estudiantes una actitud inquisitiva y fundamentada hacia el conocimiento científico (Portocarrero-Gutierrez, 2023).

Desarrollo de Habilidades de Investigación Educativa: Un componente esencial en la formación de docentes es la capacidad de llevar a cabo investigación en educación, especialmente

en el contexto de la didáctica de la astronomía. La investigación educativa permite a los docentes identificar problemas específicos en su práctica, analizar el impacto de sus estrategias de enseñanza y adaptar sus métodos para mejorar los resultados de aprendizaje. Este enfoque investigativo fomenta una actitud de mejora continua y profesionalismo, impulsando al docente a experimentar, reflexionar y transformar su práctica pedagógica en función de las evidencias y hallazgos derivados de su propia experiencia en el aula (Estrada, 2019).

Contextualización y Pertinencia Cultural: La formación docente debe incluir un componente de contextualización que permita al educador adaptar sus contenidos y metodologías al contexto cultural y social de sus estudiantes (Cabrales Perdomo et al., 2024). En el caso de la astronomía, esto implica reconocer y valorar el conocimiento astronómico ancestral o popular que existe en diversas culturas, así como integrar perspectivas locales que puedan enriquecer la comprensión de los fenómenos celestes. Este enfoque no solo hace que el aprendizaje sea más relevante y accesible para los estudiantes, sino que también fomenta una mayor conexión y aprecio por la ciencia en su vida cotidiana.

Ética Profesional y Responsabilidad Social: La formación docente también abarca el desarrollo de una ética profesional sólida y un sentido de responsabilidad social. Los docentes tienen el deber de formar ciudadanos críticos y bien informados, capaces de tomar decisiones basadas en evidencias y de comprender los impactos de la ciencia y la tecnología en la sociedad (Martínez-Valdivia et al., 2022). Este compromiso ético es especialmente relevante en la enseñanza de la astronomía, ya que temas como el cambio climático, la exploración espacial y la preservación del medio ambiente son parte integral de la ciencia y tienen implicaciones éticas y sociales que deben ser abordadas en el aula.

5.6 Paradigmas y Enfoques en la Formación Docente en Astronomía

En cuanto a los paradigmas que sustentan la formación docente en astronomía, es frecuente que se adopte un enfoque constructivista, que considera el aprendizaje como un proceso activo en el que el estudiante (en este caso, el docente en formación) construye su conocimiento a través de experiencias y reflexiones personales. Este enfoque constructivista se complementa con una perspectiva crítica, que enfatiza la importancia de que los docentes sean agentes de cambio capaces de cuestionar y mejorar las prácticas educativas existentes (Valderrama & González Pardo, 2024).

El paradigma del aprendizaje situado es también relevante, ya que sugiere que el conocimiento se adquiere mejor en contextos que reflejan su uso real (Gómez et al., 2015). Para la

astronomía, esto implica que los docentes en formación deben tener experiencias prácticas, como observación directa del cielo, uso de telescopios, manejo de software de simulación y la construcción de modelos astronómicos. Estas experiencias les permiten no solo comprender mejor los conceptos, sino también desarrollar las habilidades necesarias para enseñar estos contenidos de manera efectiva en sus aulas.

Desde estas perspectivas, la formación de docentes en astronomía tiene un valor educativo profundo, ya que esta disciplina ofrece una oportunidad única para conectar a los estudiantes con preguntas fundamentales sobre el universo y su lugar en él. Una formación docente sólida en esta área no solo mejora la calidad de la enseñanza, sino que también contribuye a la formación integral de los estudiantes, fomentando en ellos el pensamiento crítico, la curiosidad científica y una perspectiva amplia sobre el mundo.

A partir de lo anterior, la formación docente en astronomía debe ser un proceso integral y multidimensional, que abarque no solo el dominio disciplinario, sino también competencias pedagógicas, epistemológicas, investigativas, culturales y éticas. Solo a través de una preparación tan completa es posible formar a docentes capaces de enseñar astronomía de manera efectiva y significativa, inspirando a sus estudiantes y contribuyendo a una educación científica de alta calidad en nuestras sociedades.

6. Metodología

Para abordar el estudio de la enseñanza de la astronomía en la formación docente, este trabajo se enmarca en un paradigma cualitativo con enfoque crítico-social, que permite la exploración de los fenómenos educativos desde una perspectiva interpretativa y transformadora (Pérez Vargas & Nieto-Bravo, 2020). A diferencia de enfoques cuantitativos, que priorizan la medición y cuantificación de variables, el paradigma cualitativo posibilita una comprensión profunda de los significados, experiencias y prácticas educativas en torno a la astronomía, atendiendo a los contextos sociales y culturales específicos de los docentes en formación. Este enfoque crítico-social no solo busca describir y analizar el proceso educativo, sino también fomentar una reflexión crítica sobre las prácticas actuales y promover cambios significativos en la manera de enseñar astronomía, adecuándose a las necesidades contextuales y epistemológicas de los futuros docentes.

El método utilizado en este proyecto es la investigación-acción, que se caracteriza por un ciclo continuo de planificación, acción, observación y reflexión (Blández Ángel, 2000). La elección de este método se justifica, en primer lugar, por la naturaleza práctica del proyecto, cuyo propósito es intervenir y mejorar los procesos de enseñanza de la astronomía en el contexto de la formación docente. En segundo lugar, la investigación-acción permite a los investigadores y participantes (docentes en formación y profesores) colaborar en el diseño y evaluación de prácticas didácticas, generando un proceso de aprendizaje colectivo que involucra tanto a quienes enseñan como a quienes están en formación (Muñoz Giraldo et al., 2002). Este tipo de investigación es ideal para contextos educativos, donde se busca no solo adquirir conocimientos, sino también mejorar las prácticas pedagógicas y desarrollar capacidades críticas y reflexivas en los participantes (Restrepo Gómez, 2004)

Desde el punto de vista del tipo de investigación, este estudio se clasifica como una investigación cualitativa aplicada (Castro Maldonado et al., 2023), orientada a la creación de conocimientos prácticos y a la implementación de estrategias didácticas que promuevan el aprendizaje de la astronomía en los futuros docentes. La investigación aplicada se enfoca en resolver problemas específicos, en este caso, las necesidades formativas en astronomía de los estudiantes de la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC). A través de la aplicación de metodologías activas

y contextualizadas, el proyecto buscaba impactar directamente en la calidad de la formación de los docentes, promoviendo una didáctica de la astronomía que sea pertinente, significativa y adaptable al contexto educativo colombiano.

Este enfoque metodológico permite cumplir con los objetivos del proyecto, que incluyen diagnosticar las necesidades y saberes previos de los estudiantes, diseñar y aplicar una intervención didáctica en astronomía, y evaluar su efectividad en la mejora de los conocimientos y habilidades de los futuros docentes.

6.1 Fase de la investigación

6.1.1 Fase de revisión y caracterización de publicaciones sobre enseñanza y aprendizaje de la astronomía

En el desarrollo de la primera fase metodológica, se realizó una revisión sistemática orientada a clasificar y analizar las tendencias en la enseñanza de la astronomía entre 2014 y 2023. Este enfoque metodológico, permitió estructurar una búsqueda exhaustiva y categorizada de publicaciones científicas en bases de datos reconocidas como Scopus, Science Direct, Web of Science y Google Scholar. Para abarcar una perspectiva lingüística diversa, la búsqueda se realizó utilizando palabras clave en español, portugués e inglés, tales como “Enseñanza de la astronomía,” “Astronomy Education,” y “Educação em astronomia.”

Inicialmente, se integraron los resultados de las búsquedas en una base de datos en Excel, consolidando 872 documentos que incluían estudios académicos en revistas o editoriales indexadas, con el fin de ofrecer una visión contextualizada que incluyera tanto publicaciones internacionales como nacionales. Ante la limitación en la cantidad de documentos colombianos en la enseñanza de la astronomía, se realizó una búsqueda adicional de trabajos de grado y estudios locales, lo que permitió un análisis más representativo de la situación educativa en el país y su contraste con el panorama global.

La depuración de esta base de datos fue realizada mediante la aplicación de criterios de inclusión y exclusión. Los criterios de inclusión consideraron aquellos documentos académicos avalados por instituciones o revistas científicas, que contenían en su título, palabras clave o resumen términos relacionados con “Astronomía” y “Educación,” y que hubieran sido publicados dentro del periodo de interés (2014-2023). Se excluyeron aquellos documentos que, aunque cumplían con los criterios iniciales, no abordaban específicamente aspectos pedagógicos de la astronomía, así como los duplicados presentes en distintas bases de datos.

Posteriormente, los documentos seleccionados fueron organizados en categorías y subcategorías temáticas definidas a partir de indicadores como el año de publicación, idioma, tipo de documento, objetivo, metodología y conclusiones principales.

Para el análisis de los datos compilados, se empleó el lenguaje de programación Python, dada su capacidad para manipular grandes volúmenes de información y generar visualizaciones de datos precisas. Con el uso de las bibliotecas Pandas, Matplotlib y Seaborn, se llevaron a cabo procesos de limpieza de datos, como la eliminación de duplicados y la aplicación de los filtros de inclusión y exclusión. La clasificación y categorización de los documentos se realizó mediante algoritmos de agrupación, lo que facilitó una estructuración coherente de la información en las categorías definidas. Finalmente, se generaron visualizaciones gráficas, tales como histogramas y gráficos de líneas, que permitieron identificar tendencias y patrones en las publicaciones sobre la enseñanza de la astronomía en los últimos años.

6.1.2 Fase 2: Construcción Curricular y Análisis de la Enseñanza de la Astronomía en la Formación Docente

En la segunda fase metodológica de esta investigación, se exploraron y analizaron las estructuras curriculares de la astronomía en la formación de docentes en Ciencias Naturales y Educación Ambiental en Colombia, con el objetivo de identificar los avances, limitaciones y potencialidades en la inclusión de esta disciplina. Este análisis se desarrolló en varias etapas, partiendo de una contextualización histórica de la enseñanza de las Ciencias Naturales y de la astronomía en el currículo educativo colombiano, para después abordar el estado actual de la astronomía en los Estándares Básicos de Competencias (EBC), los Derechos Básicos de Aprendizaje (DBA) y los programas de formación docente.

En primer lugar, se realizó un estudio documental en torno al contexto histórico de la enseñanza de las Ciencias Naturales en Colombia. Este proceso incluyó la revisión de políticas educativas, documentos oficiales y estudios históricos para comprender cómo la astronomía se ha ido integrando al currículo.

Una vez establecido el contexto histórico, se procedió a analizar la representación de la astronomía en los EBC y DBA a través de un mapeo curricular. Este mapeo incluyó una revisión exhaustiva de los lineamientos para identificar los temas astronómicos y las competencias

relacionadas en los distintos niveles educativos, desde primaria hasta educación media. La información recopilada fue organizada en tablas para facilitar su interpretación y análisis.

El siguiente paso en esta fase fue la revisión de los programas de pregrado en Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental en Colombia, con un enfoque particular en la inclusión de asignaturas de astronomía. Se realizó un análisis curricular de los programas de formación docente de 25 universidades, examinando los planes de estudio para identificar las asignaturas relacionadas con astronomía, sus contenidos y su carga académica.

Para fortalecer el análisis, se implementaron herramientas de visualización de datos para ilustrar la distribución de la astronomía en los programas de formación docente y su relación con el contexto geográfico y académico. Este proceso incluyó la generación de gráficos y tablas que mostraron tanto la representación de la astronomía en los EBC y DBA como la oferta de asignaturas en los programas de formación docente.

En conjunto, esta segunda fase metodológica permitió desarrollar un análisis detallado sobre el estado actual de la enseñanza de la astronomía en el sistema educativo colombiano, revelando una serie de vacíos y fragmentaciones en su integración curricular. Los resultados de esta fase destacan la necesidad de fortalecer la formación inicial en astronomía dentro de los programas de licenciatura en Ciencias Naturales, promover un desarrollo curricular más coherente y continuo en los EBC y DBA, y considerar la implementación de políticas educativas que faciliten una mayor representatividad de la astronomía en el currículo escolar y en la formación docente.

6.1.3. Fase 3. Desarrollo implementación y evaluación de la actividad curricular “Astronomía para la educación” con docentes en formación de la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la UPTC.

Para desarrollar esta fase, inicialmente se implementó un diagnóstico inicial que abordó tanto el conocimiento conceptual en astronomía como el conocimiento didáctico y pedagógico necesario para su enseñanza, a través de dos actividades fundamentales: (1) diagnóstico de los conocimientos disciplinares en astronomía y (2) evaluación del conocimiento pedagógico general aplicado a la enseñanza de esta área. A continuación, se describe en detalle el proceso metodológico seguido para cada actividad, los instrumentos empleados, la recolección y el análisis de los datos obtenidos.

6.1.2. 1. Conocimientos sobre astronomía en los docentes en formación

Para reconocer el nivel de conocimientos disciplinares en astronomía de los estudiantes de octavo semestre, se seleccionó una muestra no aleatoria de 41 participantes, ya que en este semestre los estudiantes han completado la mayoría de sus asignaturas en ciencias naturales y casi la totalidad de su línea pedagógico-didáctica. El instrumento principal empleado fue un cuestionario de opción múltiple, validado previamente por un grupo de expertos en astronomía y en enseñanza de las ciencias, con el objetivo de asegurar su pertinencia y su capacidad de diagnóstico efectivo. El cuestionario, que consta de 26 preguntas, abarcó temas clave en astronomía, incluyendo clasificación estelar, evolución estelar, astronomía planetaria, observación astronómica y fenómenos cósmicos.

Cada pregunta del cuestionario presentaba opciones con un único ítem correcto, y se formuló de manera que explorara no solo los conocimientos superficiales, sino también la comprensión profunda de conceptos fundamentales. Las preguntas se diseñaron en una secuencia que va de conceptos más básicos a más avanzados, permitiendo identificar los niveles de dominio en distintos aspectos de la astronomía. Los datos se recolectaron de forma presencial, garantizando que los estudiantes tuvieran tiempo suficiente para responder cada pregunta con detenimiento.

El análisis de los datos se realizó mediante estadística descriptiva, con la cual se cuantificaron las respuestas correctas e incorrectas en cada ítem y se calculó el porcentaje de aciertos en cada área temática. Además, para evaluar la estructura de los conocimientos y posibles concepciones alternativas, se examinó la distribución de las respuestas incorrectas en relación con los errores conceptuales más frecuentes. Este análisis permitió identificar áreas de conocimiento con vacíos significativos, evidenciando las temáticas que requieren un refuerzo en el proceso de formación docente.

6.1.2.2 Conocimiento Pedagógico General para la enseñanza de la astronomía

En paralelo, se evaluaron las habilidades pedagógicas y didácticas de los estudiantes respecto a la enseñanza de la astronomía. Para ello, se diseñó una serie de preguntas abiertas que indagaban sobre aspectos pedagógicos fundamentales: adaptación de contenido, estímulo del pensamiento crítico, uso de herramientas tecnológicas y contextualización cultural. Las preguntas fueron formuladas de manera que invitaran a los estudiantes a reflexionar sobre cómo integrarían estrategias de enseñanza adaptadas a estilos de aprendizaje diversos y cómo utilizarían recursos tecnológicos para facilitar la comprensión de los conceptos astronómicos.

Las respuestas se recopilaron y se analizaron mediante una rúbrica de evaluación cualitativa, en la cual se clasificaron los desempeños de los estudiantes en tres niveles: avanzado, intermedio y básico. Cada respuesta fue evaluada en función de su claridad, coherencia y la profundidad con que abordaba los elementos pedagógicos solicitados. Esta rúbrica permitía no solo identificar el nivel de competencia en cada criterio, sino también observar patrones en las respuestas que indicaran una tendencia en la forma en que los estudiantes conciben y estructuran sus estrategias didácticas para la astronomía.

En conjunto, el diagnóstico proporcionó un análisis integral del conocimiento disciplinar y didáctico de los estudiantes de octavo semestre de la LCNEA en la UPTC, brindando insumos esenciales para el diseño de la asignatura "Astronomía para la Educación". Estos datos permitieron definir los objetivos de formación y estructurar la metodología de la asignatura en función de las áreas que requieren un desarrollo pedagógico y conceptual más profundo, con el fin de fortalecer las competencias docentes en astronomía dentro del contexto educativo y cultural de la región de Boyacá.

6.1.2.3 Diseño de Contenido Programático de asignatura o actividad curricular para la formación inicial docente en astronomía

Para la formulación del contenido programático de la asignatura "Astronomía para la Educación", se desarrolló una metodología rigurosa y secuencial que integró las anteriores fases metodológicas, fundamentada en un enfoque sistémico de diseño curricular. Este proceso fue orientado a establecer una propuesta educativa coherente con los objetivos de formación de la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la UPTC, garantizando que los futuros docentes adquieran competencias sólidas en astronomía aplicadas al contexto educativo. Esta estructura fue organizada en apartados clave, cada uno de los cuales aborda aspectos fundamentales de la astronomía para la educación, es necesario aclarar que el formato utilizado, fue coherente con los lineamientos institucionales de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, esto permite comprender, porque la estructura integra los componentes que se describen en los resultados y que entre otros son:

- **Presentación:** Una introducción a la asignatura que describe la relevancia de la astronomía en el contexto educativo y su contribución al desarrollo de habilidades de pensamiento crítico y analítico en los futuros docentes.

- **Justificación:** Un análisis de la importancia contemporánea de la astronomía, destacando su papel en la alfabetización científica y en la formación de ciudadanos críticos, capacitados para discernir información en un entorno sobresaturado de datos.
- **Competencias y Resultados de Aprendizaje:** Se definieron competencias específicas y resultados de aprendizaje alineados con los objetivos de formación de la licenciatura, enfatizando el desarrollo de habilidades investigativas y la aplicación práctica de conceptos astronómicos en el aula.
- **Metodología de Enseñanza:** Se diseñaron metodologías de aprendizaje activo y participativo, que incluyen actividades de observación, foros de discusión y proyectos de investigación, fomentando una enseñanza contextualizada y relevante para el entorno educativo.
- **Evaluación:** Se planteó un sistema de evaluación continua, que incluye rúbricas para la evaluación de actividades grupales e individuales, así como autoevaluaciones que promuevan la reflexión personal de los estudiantes sobre su aprendizaje y desarrollo.

6.1.2.4 Implementación de la actividad curricular “Astronomía para la Educación”

Para la implementación de la actividad curricular "Astronomía para la Educación," se desarrolló una serie de procedimientos metodológicos orientados a asegurar una experiencia de aprendizaje práctica y reflexiva, adaptada al contexto formativo de los estudiantes de la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la UPTC. Este proceso involucró una planificación detallada de actividades, un sistema de registro de observaciones y reflexiones, y el empleo de recursos digitales y físicos que facilitaron una aproximación activa al conocimiento astronómico.

La asignatura fue implementada con un grupo de 20 estudiantes en el primer semestre de 2024, quienes participaron en actividades que abarcaron tanto la observación directa de fenómenos astronómicos como el uso de herramientas digitales y el análisis de conceptos teóricos. La implementación se desarrolló con componentes como:

- **Planificación de Actividades Prácticas y de Campo:** La planificación de la asignatura se basó en la integración de actividades que combinan la observación astronómica, la exploración del territorio y el uso de simuladores y aplicaciones

digitales. Esta combinación permitió a los estudiantes conectar el conocimiento teórico con experiencias prácticas, fundamentales para fortalecer sus competencias tanto en los contenidos disciplinares de astronomía como en habilidades pedagógicas. Cada actividad fue diseñada para desarrollarse en diferentes entornos (campo, aula y plataformas digitales) y se organizaron salidas de observación en sitios de relevancia astronómica y cultural en la ciudad de Tunja.

- **Uso de Diarios Reflexivos como Herramienta de Registro:** Se estableció el "Libro Vivo: Diario de Campo," en el cual cada estudiante documentó sus experiencias de aprendizaje. Este diario funcionó como un registro continuo donde los estudiantes reflejaron sus observaciones, progresos y reflexiones sobre las actividades realizadas. El diario también fomentó la autoevaluación, ya que cada entrada implicaba un análisis crítico de sus experiencias y una evaluación de sus logros y áreas de mejora en la comprensión y enseñanza de la astronomía.
- **Desarrollo de Actividades de Observación y Análisis de Datos:** Las actividades prácticas incluyeron el reconocimiento de coordenadas terrestres y celestes, la observación de movimientos aparentes del Sol, la ubicación de constelaciones mediante el uso de cartas celestes y aplicaciones digitales, la exploración de las características de los planetas del sistema solar, entre otros. Los estudiantes, además, utilizaron simuladores y software astronómico, como Stellarium, que les permitió simular fenómenos astronómicos y observar el firmamento en tiempo real. Estas herramientas facilitaron la conexión entre los conceptos teóricos y su aplicación en un contexto observable.
- **Evaluación Continua y Sistematización de Experiencias:** La evaluación de los estudiantes fue continua y se apoyó en la revisión de sus diarios de campo, en los cuales registraron observaciones detalladas y reflexiones sobre cada actividad. Se utilizaron rúbricas para evaluar tanto el contenido conceptual de las observaciones como el desarrollo de habilidades pedagógicas y reflexivas. La sistematización de las experiencias en el diario promovió una práctica de autoevaluación y reflexión crítica, lo cual es esencial para su formación como docentes.
- **Análisis de Datos Recolectados:** Al concluir cada actividad, los diarios de campo proporcionaron una base de datos rica en observaciones y reflexiones de los

estudiantes, que fue analizada para evaluar el impacto de la implementación en el desarrollo de sus competencias. Se identificaron patrones de aprendizaje y avances en la comprensión de conceptos astronómicos, lo cual permitió ajustar las actividades y mejorar la experiencia formativa en tiempo real.

6.4.2.3 Diseño de tramas didácticas por parte de los docentes en formación

El apartado de "Diseño de tramas didácticas por parte de los docentes en formación" respondió a una metodología detallada y estructurada, que buscaba consolidar las competencias pedagógicas y didácticas de los docentes en formación en el ámbito de la enseñanza de la astronomía. Esta fase se llevó a cabo en el contexto de la asignatura "Astronomía para la Educación" y se enfocó en el desarrollo de habilidades de planificación y secuenciación de contenidos específicos para el proceso educativo en este campo.

6.4.2.3.1. Orientación y Contextualización Inicial.

El primer paso en esta metodología fue una sesión de orientación, en la que los docentes en formación recibieron una introducción a los elementos fundamentales de una trama didáctica. En esta sesión, se discutió la estructura general y las secciones clave que debía incluir cada trama, tales como objetivos específicos, justificación del tema, aspectos epistemológicos e históricos, marco teórico, red conceptual, y estrategias pedagógicas. Esta contextualización se complementó con una revisión de ejemplos de tramas didácticas previas y recursos de referencia, lo cual permitió a los docentes en formación comprender mejor los requisitos y expectativas para su propio trabajo.

La selección de los temas también formó parte de esta etapa inicial. Cada docente en formación tuvo la libertad de escoger un tema específico de astronomía que considerara relevante, permitiéndoles no solo trabajar en un área de interés personal, sino también contextualizarlo para el nivel educativo de los estudiantes a quienes se destinaría la trama. Este enfoque contribuyó a personalizar el proceso y fomentó el compromiso y la motivación, ya que los docentes en formación pudieron adaptar sus diseños a un contexto de aprendizaje auténtico.

6.4.2.3.2. Diseño y Elaboración de la Trama Didáctica

La etapa de diseño de la trama didáctica fue el núcleo de esta metodología y se estructuró en torno a la integración de múltiples componentes pedagógicos. En esta fase, cada participante desarrolló su propuesta considerando un marco integral que incluyera los siguientes elementos:

- **Objetivos en Tres Dimensiones (Saber, Saber Hacer y Saber Ser):** Los objetivos de aprendizaje se diseñaron de forma que abordaran tanto el conocimiento conceptual

(Saber), como las habilidades prácticas (Saber Hacer) y las actitudes (Saber Ser). La estructura de estos objetivos buscaba no solo transmitir contenidos de astronomía, sino también fomentar habilidades investigativas y actitudes reflexivas y críticas en los estudiantes.

- **Justificación y Relevancia:** Cada trama debía incluir una justificación que explicara la relevancia del tema escogido y su importancia en la educación científica y ciudadana. Este apartado incentivó a los docentes en formación a reflexionar sobre el valor formativo de la astronomía y su potencial para promover un pensamiento crítico y contextualizado en los estudiantes.
- **Aspectos Epistemológicos e Históricos:** La inclusión de una sección sobre los aspectos epistemológicos e históricos de los temas de astronomía seleccionados fue fundamental para fomentar una comprensión profunda y contextualizada de los contenidos. Los docentes en formación investigaron los desarrollos históricos de los conceptos astronómicos, desde sus primeras formulaciones hasta su evolución científica actual. Este enfoque permitió que los participantes comprendieran la astronomía como una disciplina en constante evolución, con un contexto histórico y epistemológico que enriquece su enseñanza.
- **Marco Teórico y Red Conceptual:** Cada trama se fundamentó en un marco teórico que apoyaba las estrategias de enseñanza propuestas. Este marco incluía referencias a teorías pedagógicas y didácticas aplicadas al aprendizaje de la astronomía. Además, se elaboró una red conceptual para organizar visualmente los conceptos clave y sus interrelaciones, facilitando así la enseñanza y la comprensión de los temas tratados.
- **Interdisciplinariedad y Estrategias Pedagógicas:** Las tramas debían también identificar conexiones interdisciplinarias con otras áreas del conocimiento, destacando la astronomía como una disciplina integrada y conectada con otros campos.

Finalmente, cada trama didáctica fue presentada en una sesión grupal, en la cual los participantes explicaron las decisiones metodológicas, los objetivos de aprendizaje y las estrategias empleadas. Esta presentación no solo permitió la evaluación final de cada trama, sino que también sirvió como un espacio de intercambio de ideas y prácticas, en el que los docentes en formación

compartieron sus experiencias y reflexiones sobre el proceso. La retroalimentación de los compañeros y del docente titular en esta etapa fue fundamental para enriquecer el aprendizaje colaborativo y para fomentar un ambiente de apoyo y construcción colectiva del conocimiento.

6.4.2.4. Revisión, reflexión y evaluación de las tramas didácticas

Para la fase de revisión, reflexión y evaluación de las tramas didácticas, se implementó una metodología detallada orientada a la evaluación cualitativa y cuantitativa de las producciones de los docentes en formación. Esta metodología se desarrolló en varias etapas y se apoyó en la rúbrica de valoración (Tabla 14) que incluyó criterios específicos para valorar múltiples dimensiones pedagógicas y didácticas, como la justificación de las nociones conceptuales, la exploración de conocimientos previos, el desarrollo conceptual en distintos niveles, y la construcción de redes conceptuales.

El proceso comenzó con una sesión de orientación en la que los docentes en formación recibieron una explicación detallada de los criterios de evaluación. Estos criterios, incluidos en la rúbrica, abarcaron desde la justificación de los conceptos seleccionados hasta el desarrollo de habilidades específicas y la contextualización sociocultural de los contenidos. Esta fase permitió a los docentes en formación familiarizarse con los objetivos de la evaluación, entendiendo tanto la estructura como las expectativas de cada nivel de logro. A partir de esta presentación, los participantes fueron orientados sobre cómo cada aspecto de la rúbrica reflejaba competencias clave en la enseñanza de la astronomía, subrayando la importancia de una planeación fundamentada, rigurosa y reflexiva.

En la etapa de evaluación inicial, los docentes en formación realizaron una autoevaluación de sus propias tramas didácticas utilizando la rúbrica. Esta autoevaluación les permitió identificar fortalezas y áreas de mejora en su diseño didáctico. Se les solicitó que revisaran cada criterio y evaluaran en qué nivel de logro consideraban que se encontraba su propuesta, apoyándose en ejemplos específicos de sus trabajos. Esta autoevaluación buscaba fomentar la reflexión crítica y el análisis introspectivo, promoviendo que los participantes valoraran su propia producción de manera objetiva y detallada.

Posterior, a la entrega final de las tramas didácticas, el docente titular de la asignatura realizó un análisis cualitativo de las tramas didácticas, revisando cada propuesta de acuerdo con los niveles establecidos en la rúbrica. Este análisis se enfocó en evaluar cómo cada trama abordaba los criterios de justificación de la noción conceptual, exploración de conocimientos previos,

complejidad conceptual, red conceptual, y demás dimensiones clave. La revisión incluyó observaciones detalladas sobre los logros alcanzados y recomendaciones específicas para cada participante. Además, el docente ofreció retroalimentación sobre aspectos de innovación, creatividad y contextualización sociocultural, fomentando que los docentes en formación incorporaran estos elementos en sus futuras prácticas educativas.

Finalmente, el proceso incluyó una fase de documentación en la que se sistematizaron los resultados obtenidos en cada criterio de la rúbrica. Esta documentación consistió en la elaboración de un informe en el que se registraron los niveles de logro alcanzados por cada participante, así como los aspectos de mejora identificados en el análisis de las tramas didácticas. Este informe permitió obtener una visión integral del proceso de evaluación y facilitó la identificación de tendencias y patrones en el desarrollo de las competencias pedagógicas de los docentes en formación. Además, la sistematización de este proceso se utilizó como insumo para reflexionar sobre la efectividad de la metodología empleada, permitiendo realizar ajustes y mejoras en futuras implementaciones.

6.4.2.5. Evaluación del fortalecimiento y apropiación conceptual de los docentes en formación en el proceso

Para la evaluación de la apropiación y fortalecimiento conceptual en astronomía en los docentes en formación, se utilizó una metodología estructurada que incluyó el diseño y aplicación de un instrumento de evaluación tipo test posintervención. Este test fue desarrollado específicamente para medir tanto el conocimiento conceptual adquirido como la identificación de áreas de fortaleza y debilidad en los conceptos clave de la astronomía tras la actividad formativa inicial.

El test fue diseñado siguiendo un enfoque de evaluación formativa y diagnóstica, que permitió valorar el nivel de comprensión en diversos temas fundamentales de la astronomía. Se estructuró en preguntas de opción múltiple que abordaron una serie de conceptos críticos, tales como clasificación estelar en el diagrama de Hertzsprung-Russell, procesos estelares de fusión nuclear, características de los planetas terrestres, estructura galáctica, y fenómenos astronómicos relacionados con la actividad solar y los efectos de los ciclos solares en la Tierra. La selección de estos temas se basó en los objetivos de aprendizaje establecidos en la intervención, enfocándose en contenidos esenciales para la enseñanza de astronomía en contextos educativos.

La metodología del test posintervención comprendió las siguientes etapas:

- **Diseño y Validación del Instrumento:** El cuestionario fue diseñado, para su posterior validación por expertos en astronomía y en enseñanza de las ciencias, quienes se aseguraron de que cada pregunta cubriera aspectos fundamentales de la astronomía. La validación del instrumento garantizó su pertinencia para diagnosticar los conocimientos conceptuales y la efectividad de la intervención formativa.
- **Aplicación del Test:** El test fue aplicado a los 20 estudiantes que cursaron la asignatura, el mismo se realizó de manera presencial, brindando a los participantes tiempo suficiente para responder cada pregunta detalladamente. Este enfoque presencial permitió un ambiente controlado que facilitó la atención concentrada en la evaluación y evitó la interferencia de factores externos.
- **Análisis de Resultados:** Para evaluar el grado de apropiación conceptual, los datos recopilados fueron analizados de manera cuantitativa, calculando los porcentajes de respuestas correctas e incorrectas en cada pregunta y en cada tema evaluado. Este análisis detallado permitió identificar las áreas de mayor fortaleza, así como aquellos conceptos que todavía presentan desafíos y requieren de refuerzo adicional en futuras intervenciones.
- **Reflexión y Retroalimentación:** Los resultados fueron presentados en gráficos que facilitaron una interpretación visual de los niveles de comprensión alcanzados por los docentes en formación en cada tema. Esta representación permitió identificar patrones y tendencias en el aprendizaje, y se integró como un insumo para la retroalimentación formativa, orientando a los participantes sobre los logros y las áreas que aún necesitan desarrollo.

6.2 Población y muestra

En el marco del desarrollo de actividades investigativas orientadas hacia la mejora de los procesos pedagógicos en astronomía, esta investigación se realizó con estudiantes de la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental (LCNEA) de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC) en Tunja, Boyacá, Colombia, en el periodo de tiempo comprendido entre agosto del 2023 y noviembre del 2024. La LCNEA, fue fundada con el propósito de formar docentes altamente competentes y comprometidos con la transformación social y ambiental, está acreditada en alta calidad por el Ministerio de Educación Nacional y se destaca por su enfoque en la construcción de una cultura científica, social y ambientalmente responsable (LCNEA, 2017)

La población seleccionada para este estudio se dividió en dos grupos: un primer grupo de 41 estudiantes de octavo semestre, quienes participaron en la etapa de diagnóstico, y un segundo grupo compuesto por 20 estudiantes matriculados en la asignatura “Astronomía para la Educación”.

La selección de estos grupos se realizó teniendo en cuenta la estructura curricular de la LCNEA, que organiza el currículo en torno a los componentes de biología, química, física, educación ambiental y pedagogía, permitiendo una comprensión interdisciplinaria del entorno natural y sus problemáticas. Este enfoque sistémico y holístico de la formación facilita la integración de la astronomía en la enseñanza de las ciencias naturales, dotando a los estudiantes de habilidades para analizar fenómenos científicos desde una perspectiva crítica y contextualizada, alineada con la misión del programa y su compromiso con la transformación educativa en los contextos locales y regionales.

En consecuencia, la muestra fue definida de acuerdo con los objetivos del proyecto y la estructura de la asignatura de astronomía, asegurando la representación de los estudiantes en etapas avanzadas de su formación docente. Esto permitió no solo la recopilación de datos valiosos para el diagnóstico de competencias y actitudes frente a la astronomía en la educación, sino también el análisis de la efectividad de las estrategias didácticas implementadas durante el curso.

6.3. Aspectos Éticos

En esta investigación, se adoptaron medidas éticas rigurosas para asegurar el respeto a los derechos de los participantes y la integridad del proceso investigativo, alineadas con los principios éticos en la investigación educativa y los lineamientos institucionales de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC). La investigación se llevó a cabo considerando el bienestar y la dignidad de los estudiantes de la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental, así como la confidencialidad y el manejo adecuado de la información.

Primero, se obtuvo el consentimiento informado de los participantes, quienes fueron informados sobre los objetivos de la investigación, la naturaleza de su participación y la voluntariedad de su colaboración. Se les explicó detalladamente que los datos recolectados serían utilizados únicamente con fines académicos y de mejora pedagógica en el área de astronomía, y que su participación no tendría ninguna repercusión en sus evaluaciones o calificaciones dentro de la asignatura.

Asimismo, se garantizó la confidencialidad y anonimato de los datos personales y académicos de los estudiantes. Todos los registros, resultados y análisis se codificaron y trataron

de manera que no se pudiera identificar a ningún individuo, preservando su privacidad en todas las fases de la investigación. Esta medida fue especialmente importante para asegurar que los estudiantes pudieran expresarse libremente y sin temor a juicios o repercusiones académicas.

El uso de instrumentos de evaluación, como los cuestionarios y las rúbricas, fue diseñado y revisado para ser justo y no generar ningún tipo de presión o ansiedad en los participantes. Además, se cuidó que las preguntas y actividades planteadas fueran respetuosas y culturalmente apropiadas, evitando contenidos que pudieran ser sensibles o inadecuados en el contexto educativo de los estudiantes.

La ética de la investigación también abarcó un compromiso con la veracidad y transparencia en la presentación de los resultados. Los datos se reportaron de manera fiel y precisa, sin alteraciones que pudieran llevar a interpretaciones erróneas. El investigador posee los soportes de todas las etapas de la investigación, con cuya revisión se podrá comprobar que los mismos reflejarán de manera objetiva el impacto de las intervenciones educativas en el fortalecimiento del conocimiento de astronomía.

7 resultados y discusión

A continuación, se presentan los resultados del trabajo investigativo, los cuales exploran diversos aspectos relacionados con la enseñanza de la astronomía en el contexto colombiano. En primer lugar, se caracterizaron las estrategias pedagógicas implementadas en la enseñanza y el aprendizaje de la astronomía, analizando su efectividad, adaptabilidad y coherencia con los objetivos formativos en ciencias naturales. Este análisis incluyó una revisión exhaustiva del currículo educativo nacional, destacando tanto las limitaciones como las oportunidades en la integración de contenidos astronómicos en las diferentes etapas del sistema educativo colombiano. En segundo lugar, se formuló la actividad curricular titulada "Astronomía para la Educación", diseñada específicamente para fortalecer las competencias docentes en esta disciplina y ofrecer un enfoque metodológico innovador que facilite la transmisión de conceptos astronómicos complejos a estudiantes de distintos niveles. Finalmente, se evaluaron los resultados de la implementación de esta actividad en contextos educativos reales, permitiendo reflexionar y teorizar sobre los principales logros y desafíos en la cualificación docente. Este proceso arrojó hallazgos significativos en términos de competencias pedagógicas, metodológicas y disciplinares, demostrando que la formación docente en astronomía puede tener un impacto positivo en la enseñanza de las ciencias y contribuir al desarrollo de una educación científica más robusta y contextualizada.

7.1 Características y Estrategias de Enseñanza en Astronomía: Un Estudio del Periodo 2014-2023

La enseñanza de la astronomía ha experimentado transformaciones profundas durante la última década, influenciadas por avances tecnológicos y la incorporación de enfoques pedagógicos interdisciplinarios. Este apartado se centra en identificar las características y estrategias clave en la educación astronómica a nivel global, destacando tendencias que reflejan la evolución de los métodos y contenidos utilizados entre 2014 y 2023. En este contexto, el análisis de las prácticas docentes y de los recursos empleados ofrece una visión integral de cómo la tecnología, como la realidad virtual y las simulaciones digitales, han enriquecido las experiencias de aprendizaje, haciéndolas más accesibles e interactivas. Sin embargo, también se pone en evidencia la necesidad de capacitación constante para los docentes, con el fin de integrar estos recursos de manera efectiva en el aula y superar la brecha que existe entre la innovación tecnológica y su aplicación pedagógica.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir de la revisión de 870 documentos sobre educación astronómica. Estos hallazgos ilustran no solo las metodologías didácticas predominantes y los recursos más utilizados, sino también los desafíos y oportunidades en el campo. En particular, se subraya la importancia de una enseñanza que fomente la interdisciplinariedad, la accesibilidad y la reflexión crítica, elementos esenciales para una educación astronómica adaptada a las realidades del siglo XXI. La información recopilada ofrece un marco robusto para el diseño de propuestas formativas que respondan tanto a las necesidades de alfabetización científica como al desarrollo de competencias analíticas en los estudiantes.

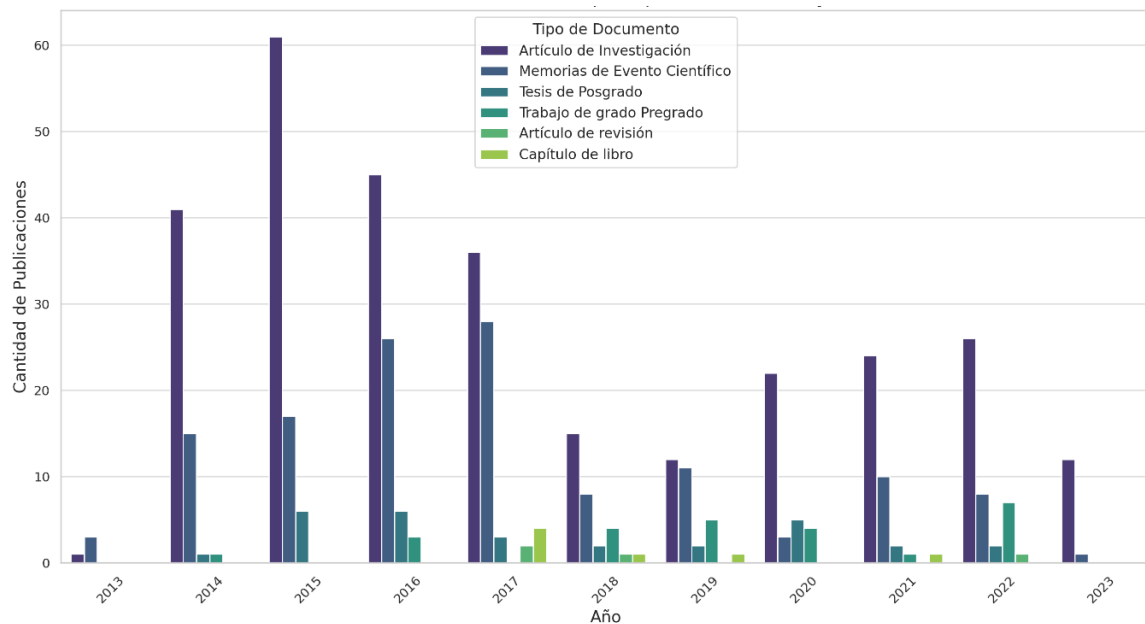
A partir de la revisión se depuró la base de datos a 490 documentos, sobre enseñanza de la astronomía, estos evidencian una fuerte tendencia mundial al fortalecimiento del aprendizaje de esta ciencia como insumo para la construcción de conocimiento científico y tecnológico, derivado de la innovación didáctica que sobre la misma se realice.

El crecimiento del número de investigaciones y publicaciones en el campo de la didáctica de la astronomía puede atribuirse a diversas razones fundamentales. En primer lugar, la creciente accesibilidad a la tecnología y la información, lo que ha permitido que más personas se interesen por la astronomía y busquen comprenderla de manera más profunda lo que genera una demanda constante de métodos y recursos educativos eficaces (Valderrama, 2023b). Además, la conciencia sobre la importancia de la ciencia y la educación STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas) ha aumentado en todo el mundo, lo que ha impulsado un mayor interés en la enseñanza de la astronomía como una forma de promover la alfabetización científica (Rollinde, 2019; A. Yang et al., 2019). Además, los avances en la investigación astronómica, como el descubrimiento de exoplanetas y la exploración del sistema solar, han generado nuevas preguntas y desafíos educativos, lo que ha motivado a académicos y educadores a investigar y desarrollar enfoques pedagógicos innovadores en este campo (Cardamone y Kung, 2019; Eriksson, 2019a).

En la figura 1, se puede apreciar la cantidad y los tipos de publicación en el periodo de tiempo seleccionado. Se identifica una gama variada de contribuciones académicas que reflejan el dinamismo y la constante evolución en el campo de la didáctica de la astronomía. A través de la evaluación de los datos recopilados, se observa un espectro amplio de formatos de publicación, donde se incluyen artículos de investigación y memorias de eventos científicos, que subrayan la riqueza de enfoques y metodologías empleadas en la enseñanza de esta ciencia.

La distribución de las publicaciones a lo largo de los años muestra fluctuaciones significativas, que pueden atribuirse a diversos factores, tales como avances científicos en el campo de la astronomía (Cardamone y Kung, 2019; Eriksson, 2019a), la celebración de eventos académicos internacionales (Dwarkadas, 2022; Ulyanov et al., 2016), y la publicación de investigaciones que capturan la atención de la comunidad educativa. Estas variaciones reflejan momentos de particular interés y actividad, lo que evidencia cómo la comunidad se adapta y responde a las tendencias globales, los descubrimientos científicos y las necesidades educativas emergentes.

Figura 1 Cantidad de Publicaciones por tipo de documento y año.



El análisis detallado de los datos revela que la didáctica de la astronomía está en una fase de expansión y consolidación, marcada por un incremento en la diversidad de enfoques pedagógicos y disciplinares. Esta diversidad es crucial para enfrentar los desafíos educativos contemporáneos, promoviendo un aprendizaje de la astronomía que sea inclusivo, accesible, y adaptado a las realidades tecnológicas y sociales actuales (Backes et al., 2018; Okada y Matsuura, 2018). La variabilidad en el volumen de publicaciones anuales, con picos que sugieren una intensa actividad investigativa o la respuesta a necesidades educativas específicas, indica la vitalidad del campo y su capacidad para innovar y adaptarse a los cambios.

Este panorama, caracterizado por una rica polifonía de voces y perspectivas, no solo subraya el estado actual y la evolución del campo de la enseñanza de la astronomía, sino que también sugiere áreas de interés prioritario y cambios en las prioridades de investigación y práctica educativa. La evidencia extraída de la revisión sistemática proporciona una base sólida para futuras investigaciones y prácticas educativas en astronomía, apuntando hacia áreas de crecimiento potencial y destacando la importancia de mantener un diálogo activo y constructivo dentro de la comunidad educativa y científica. En conjunto, estos hallazgos reflejan el compromiso continuo con la innovación educativa y el desarrollo de enfoques pedagógicos que faciliten un entendimiento profundo y accesible del universo, esto promueve así la alfabetización científica en un contexto global cada vez más centrado en la ciencia y la tecnología.

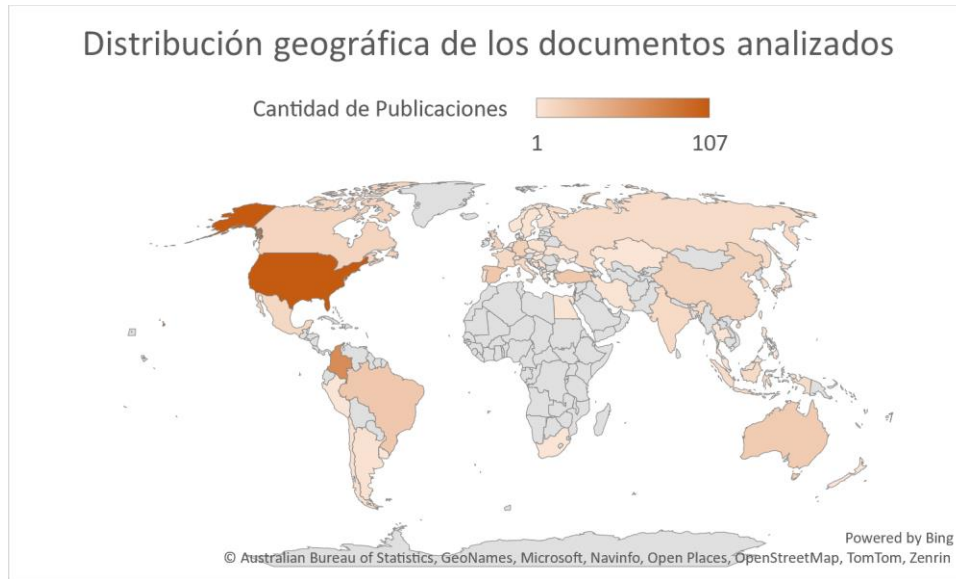
Respecto a la distribución geográfica de las publicaciones, la figura 2 muestra revela una distribución global significativa, lo que indica un interés extendido y un avance significativo en este campo de estudio. Es de destacar que la densidad de publicaciones refleja una variabilidad geográfica marcada, con Estados Unidos encabezando la lista con 107 documentos, lo que representa un foco de producción científica y sugiere una inversión sustancial en investigación educativa astronómica (Dwarkadas, 2021; Pompea y Russo, 2020). Australia y Brasil también se distinguen con 20 y 24 publicaciones, respectivamente, lo que indica un compromiso robusto con la disciplina en dichos países (De Freitas et al., 2015a; Mckinnon y Danaia, 2008; Oliveira et al., 2021).

Otros países como Alemania (17), España (23) y Turquía (23) aportan números considerables que reflejan comunidades científicas activas y dedicadas a la pedagogía astronómica. Además, la dispersión de publicaciones a través de países como India, Japón y Reino Unido, con 7, 10 y 10 documentos respectivamente, denota la importancia otorgada a la astronomía en diferentes contextos culturales y educativos. La presencia de publicaciones en un espectro tan amplio de países resalta la naturaleza universal de la astronomía como una ciencia que no solo cruza fronteras geográficas, sino que también une a la comunidad científica global en su esfuerzo por mejorar la calidad y el alcance de la educación científica.

Sin embargo, es imperativo señalar que la presencia de un solo documento en varios países sugiere que, si bien el interés en la enseñanza de la astronomía está geográficamente extendido, el nivel de desarrollo de investigación y publicaciones en algunas regiones aún puede estar en etapas iniciales. Este espectro de productividad invita a un análisis más profundo de las barreras y

oportunidades para la enseñanza de la astronomía, considerando factores socioeconómicos, políticas educativas y recursos disponibles para la investigación.

Figura 2 *Distribución Geográfica de las publicaciones analizadas.*



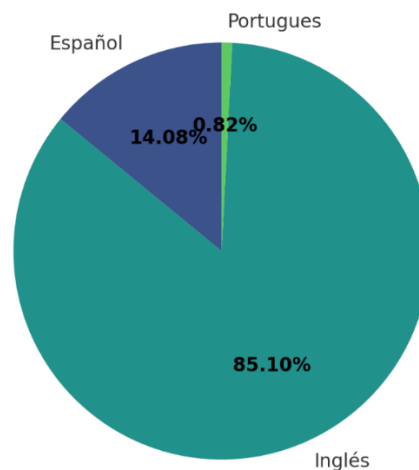
La presencia de Colombia como un contribuyente significativo en la región de América Latina es particularmente notable, la producción académica de Colombia en la enseñanza de la astronomía resalta por su enfoque y contribución significativa, especialmente en comparación con la producción académica de países con tradiciones más consolidadas en esta área. La proliferación de publicaciones en Colombia, especialmente desde los programas de posgrado, refleja un vigoroso compromiso con la enseñanza y la investigación en astronomía. Este compromiso se evidencia en la realización de trabajos de grado y en la disseminación de artículos científicos centrados en la didáctica de la astronomía. La tendencia de Colombia a producir investigaciones en este campo sugiere una comunidad científica activa que reconoce la relevancia de la astronomía para el desarrollo tecnológico y la consolidación del pensamiento científico (Valderrama et al., 2021; Valderrama y Navarrete Flórez, 2020).

La comparación con la actividad investigativa internacional revela que Colombia podría beneficiarse de un enfoque más integrado y de una expansión geográfica de sus esfuerzos investigativos para evitar la centralización de la producción académica alrededor de sus principales centros educativos. A nivel internacional, la participación de Colombia en la enseñanza de la

astronomía demuestra la universalidad del interés científico y la necesidad de colaboración y participación más equitativa a nivel global. Además, la enseñanza de la astronomía a nivel mundial se manifiesta como una prioridad en muchas regiones, lo cual refleja la naturaleza global de la curiosidad científica y la importancia de la inclusión y diversidad en la educación científica.

De esta manera, Colombia, al posicionarse como un actor activo en la producción de conocimiento astronómico, no solo contribuye al avance de esta ciencia, sino que también enfatiza la importancia de la interdisciplinariedad y la educación científica integrada. El análisis de la producción académica colombiana en la enseñanza de la astronomía proporciona valiosas lecciones sobre la promoción de un enfoque holístico en la ciencia, la educación y la integración de saberes diversos para la construcción de una comprensión más completa del universo y su didáctica.

Figura 3 *Porcentaje de publicaciones por idioma de publicación.*



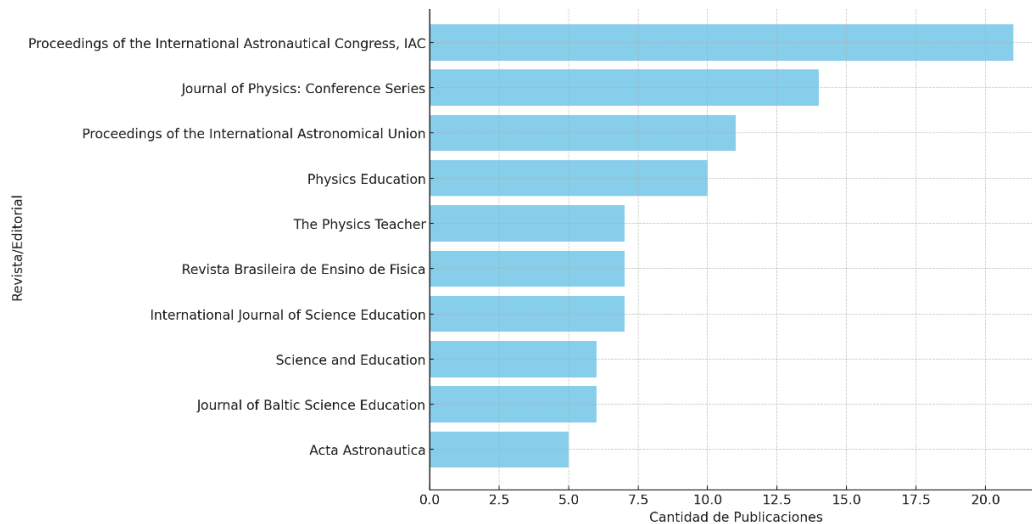
La figura 3 proporciona una visualización clara de la distribución porcentual de las publicaciones por idioma en el campo de la enseñanza de la astronomía. El inglés se destaca como el idioma predominante, con un 85.10% de las publicaciones, lo cual refleja su estatus como el lenguaje de comunicación científica dominante a nivel global. Esto subraya la accesibilidad y la amplia difusión que el uso del inglés proporciona en la comunidad académica y científica internacional. Por su parte, el español, con un 14.08%, muestra una presencia significativa, lo cual indica que hay una sólida producción de investigación en la enseñanza de la astronomía en las regiones de habla hispana. Esto puede atribuirse a la expansión de la investigación científica y educativa en estos países y al esfuerzo por publicar y compartir resultados dentro de la propia

región lingüística. Finalmente, el portugués, aunque representa un porcentaje mucho menor con un 0.82%, aún refleja una contribución importante. Si bien el volumen de publicaciones en portugués es más limitado comparado con el inglés y el español, su presencia demuestra que la investigación en la enseñanza de la astronomía también tiene un alcance en la comunidad de habla portuguesa, particularmente en Brasil.

En general, estos datos no solo nos informan sobre qué idiomas se utilizan para publicar investigaciones en la enseñanza de la astronomía, sino que pueden implicar la influencia de factores culturales, económicos y educativos que afectan a la producción científica en diferentes regiones del mundo. Además, esta distribución lingüística puede influir en la dirección de las futuras iniciativas de colaboración internacional, la traducción y la divulgación de investigaciones para garantizar una mayor inclusividad y diversidad en la ciencia de la enseñanza de la astronomía.

Al revisar los idiomas de publicación, se aprecia también la relación de estos con el interés por las publicaciones de alto impacto que se vinculan en las bases de datos seleccionadas, de esta manera, se categorizaron las 10 principales revistas en las que se han realizan publicaciones sobre el área de la educación en astronomía, las cuales se pueden visualizar en la figura 4.

Figura 4 Principales revistas y editoriales que publican sobre enseñanza de la astronomía.



La predominancia de "Proceedings of the International Astronautical Congress", "Journal of Physics: Conference Series", y "Proceedings of the International Astronomical Union" en las posiciones líderes, con 21, 14 y 11 publicaciones respectivamente, destaca la importancia de estas

plataformas como foros principales para la presentación y discusión de avances en la educación astronómica a nivel internacional.

La concentración de publicaciones en estas revistas y actas de congresos no solo subraya la relevancia de eventos especializados en astronomía para la comunidad científica, sino también indica la existencia de una red de conocimiento que favorece la colaboración y el intercambio interdisciplinario. La presencia de publicaciones en "Physics Education" y "The Physics Teacher" con 10 y 7 publicaciones respectivamente, refuerza la percepción de que la educación en física y astronomía están profundamente interconectadas (Junior et al., 2018; Tabares Gallego, 2022; Urrutia et al., 2021), promoviendo un enfoque didáctico que trasciende las disciplinas individuales para fomentar una comprensión más holística del universo.

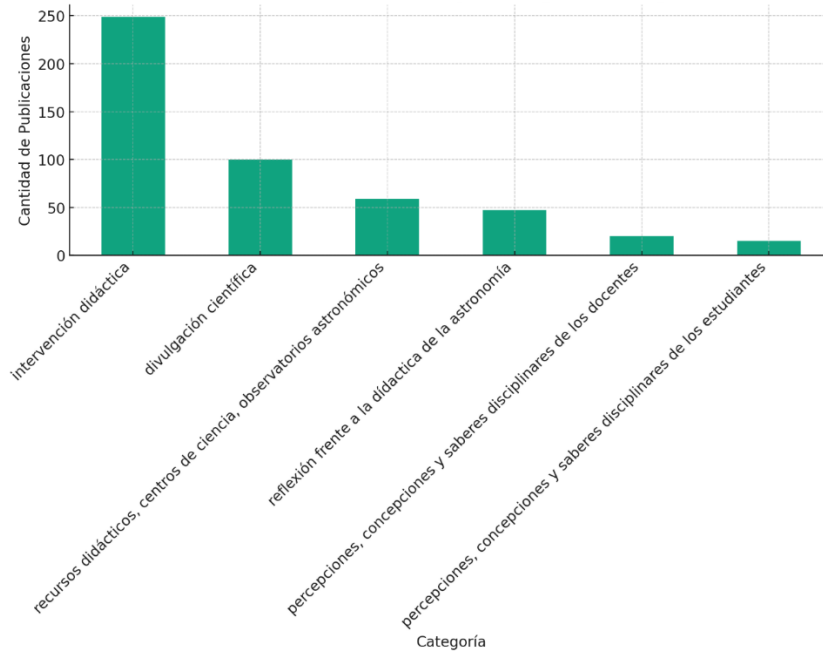
La variedad en el perfil de las revistas, que incluye desde publicaciones específicas de enseñanza de la física y la astronomía hasta actas de congresos internacionales, sugiere una diversidad de enfoques y metodologías en la investigación educativa. Este espectro amplio de foros de publicación demuestra un campo vibrante y en constante evolución, donde los investigadores buscan no solo avanzar en el conocimiento disciplinar sino también en las pedagogías aplicadas para mejorar la enseñanza y el aprendizaje de la astronomía.

7.1.1 La Enseñanza de la astronomía perspectivas desde las categorías de publicación

La tendencia global en la investigación sobre la enseñanza de la astronomía, como se ilustra en la figura 5, destaca un interés distintivo en la intervención didáctica, subrayando la prioridad que se le da a la mejora de las prácticas educativas en este campo. Esto es seguido por un énfasis considerable en la divulgación científica y el desarrollo de recursos didácticos, lo que refleja un esfuerzo por comunicar la astronomía de manera efectiva y accesible, además de proporcionar a educadores y estudiantes las herramientas necesarias para una exploración significativa del universo. Las categorías restantes, que incluyen la reflexión sobre la didáctica de la astronomía y la comprensión disciplinaria tanto de docentes como de estudiantes, sugieren una conciencia sobre la necesidad de una base conceptual sólida y una pedagogía reflexiva. Estos aspectos son esenciales para fomentar una comprensión profunda de la astronomía y se alinean con los objetivos educativos contemporáneos de promover la alfabetización científica y la participación ciudadana en la ciencia a nivel mundial. Estos enfoques representan una respuesta colectiva a las dinámicas cambiantes de

los entornos educativos modernos y una prueba de la naturaleza interconectada de la investigación educativa en la era de la globalización.

Figura 5 Cantidad de publicaciones por categoría.



7.1.1.1 Intervenciones didácticas

La transformación en la enseñanza de la astronomía, impulsada por intervenciones didácticas innovadoras durante la última década, refleja un profundo reexamen de cómo se conceptualiza y entrega la educación astronómica. Las tendencias actuales sugieren una evolución hacia enfoques más inclusivos, interactivos y multidisciplinarios, que no solo buscan impartir conocimiento, sino también fomentar una comprensión más profunda y personal del universo y sus fenómenos.

Una de las áreas de creciente interés es la integración de la astronomía con el arte y la cultura (Banerjee et al., 2015; Pompea y Carsten-Conner, 2015; Servidio et al., 2014; Woolmer et al., 2016), buscando crear experiencias de aprendizaje que sean tan emotivas como educativas. Este enfoque, que se puede ver en la inclusión de estrategias didácticas STEAM (Chubko et al., 2019; Jimenez Fernandez y Acevedo Moreno, 2023; Kersting et al., 2023; Lee, 2016), no solo facilita una comprensión más rica y matizada de los conceptos astronómicos, sino que también promueve una mayor apreciación de la astronomía dentro de contextos culturales e históricos más amplios.

Por ejemplo, al combinar el estudio de la astronomía con elementos artísticos y literarios, los educadores pueden inspirar a los estudiantes a ver el cielo no solo como un objeto de estudio científico, sino también como una fuente de inspiración y maravilla.

Además, el uso de tecnologías emergentes y realidad aumentada o virtual está revolucionando la manera en que se pueden explorar conceptos astronómicos complejos en el aula. La creación de simulaciones interactivas y entornos inmersivos permite a los estudiantes experimentar virtualmente la vastedad del espacio, la estructura de los sistemas planetarios, e incluso eventos astronómicos en tiempo real, superando así las limitaciones de los recursos educativos tradicionales. Estas herramientas tecnológicas no solo mejoran la accesibilidad del aprendizaje astronómico, sino que también permiten una exploración más personalizada y autodirigida del cosmos. La inclusión de software accesible para personas con discapacidad visual y la conceptualización de principios astronómicos fundamentales mediante enfoques más armonizados con la ley de Kepler ilustran el esfuerzo por hacer la astronomía accesible y comprensible para todos los estudiantes (Augusto y Martínez, 2019; Clements et al., 2017; Kersting et al., 2020; Martínez Becerra et al., 2018). Esto no solo amplía el alcance de quienes pueden beneficiarse de la educación astronómica, sino que también promueve una mayor equidad en el aula. El uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs) (Celasco et al., 2016; De Paor et al., 2016; Kersting et al., 2020; Yuzbasioglu et al., 2020) y estrategias STEAM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas) en la educación astronómica subraya un enfoque pedagógico que valora tanto la interdisciplinariedad como la capacidad de adaptación a nuevas herramientas y medios de aprendizaje (Banerjee et al., 2015; De Freitas et al., 2015b; Pompea y Carsten-Conner, 2015; Woolmer et al., 2016).

El compromiso con la inclusión y la equidad en la educación astronómica se ha vuelto cada vez más evidente, con esfuerzos significativos dirigidos a hacer que los recursos y las oportunidades de aprendizaje sean accesibles para todos los estudiantes, independientemente de sus antecedentes o capacidades. Las intervenciones didácticas se diseñan cada vez más para abordar y eliminar barreras físicas, culturales y socioeconómicas, promoviendo un entorno de aprendizaje donde cada estudiante puede participar plenamente en la exploración del universo.

Finalmente, la enseñanza de la astronomía se está orientado hacia la promoción de la ciudadanía científica y la conciencia ambiental (Celasco et al., 2016; Trouille et al., 2019). Al comprender el lugar de la humanidad en el universo y los delicados equilibrios que gobiernan los

sistemas planetarios, incluido el nuestro, los estudiantes pueden desarrollar una mayor apreciación por la necesidad de prácticas sostenibles y la protección del ambiente. La astronomía, por lo tanto, se convierte en un vehículo no solo para la educación científica, sino también para la responsabilidad ética y ambiental (Mukhamedrakhimova et al., 2017).

Estas tendencias en la enseñanza de la astronomía reflejan un enfoque holístico y futuro, donde la educación astronómica se ve no solo como la adquisición de conocimientos, sino como una oportunidad para fomentar la curiosidad, la empatía, y un sentido de conexión con el cosmos. Al abrazar metodologías y tecnologías innovadoras, y al centrarse en la inclusión y la interdisciplinariedad, la educación astronómica está preparada para inspirar y desafiar a las nuevas generaciones de estudiantes, educadores y entusiastas del espacio.

7.1.1.2 Recursos Didácticos, Centros de Ciencias, Observatorios Astronómicos.

La enseñanza de la astronomía, en la última década ha sido testigo de una era definida por la convergencia sin precedentes entre avances en tecnologías de simulación y metodologías pedagógicas avanzadas. La transición de los modelos estáticos tridimensionales del sistema solar a simulaciones dinámicas ha potenciado la capacidad de los estudiantes de interactuar con representaciones virtuales del cosmos, facilitando una comprensión más matizada de fenómenos astronómicos en un entorno controlado y replicable (García Santiago y Martos Jumillas, 2016). La adopción de herramientas como DPSAT marca una evolución significativa hacia una mayor democratización de la investigación astronómica, empoderando a estudiantes y docentes, incluso en contextos con restricciones presupuestarias como en Tailandia, para participar directamente en el análisis fenomenológico de datos astronómicos (Ki Cho et al., 2023).

Los centros de ciencia se han erigido como plataformas multidisciplinarias que amalgaman conocimiento, permitiendo que experiencias educativas interactivas, como exposiciones y talleres, faciliten el aprendizaje activo y práctico. Actúan como nodos de diseminación y exploración científica, incentivando la comprensión de conceptos complejos a través de experiencias que trascienden la enseñanza puramente teórica (Valderrama, Yizeth, et al., 2023a). La integración de temas como la cosmología con dimensiones socioculturales más amplias, incluyendo aspectos de la religión, evidencia una perspectiva pedagógica que valora la interconexión de la ciencia con el tejido sociocultural más amplio (Salimpour y Fitzgerald, 2021).

La función tradicional de los observatorios astronómicos está siendo recalibrada para servir como laboratorios didácticos, proporcionando un contexto práctico para la instrucción científica. Iniciativas como la implementación de observatorios de bajo costo, pero con capacidades de investigación avanzadas han abierto la astronomía a una participación más amplia y han demostrado que la investigación significativa puede ser accesible y viable en instituciones educativas de diferentes escalas (Andersen, 2020). Dichos observatorios no solo enriquecen la comprensión conceptual de los estudiantes, sino que también fomentan una cultura de aprendizaje empírico y exploratorio (Alfonso et al., 2023).

Así, el campo de la enseñanza de la astronomía se está remodelando hacia un paradigma en el cual la interactividad, la inmersión en entornos de datos reales y el acceso a herramientas de investigación avanzadas son fundamentales. Este enfoque enfatiza un aprendizaje científico procesal y reflexivo, donde la experimentación y el análisis de datos reales se convierten en elementos centrales del proceso educativo, lo que promueve un compromiso más profundo y un entendimiento más riguroso de la ciencia astronómica.

7.1.1.3 Reflexiones frente a la didáctica de la astronomía

Los cerca de 50 documentos que abordan las reflexiones actuales sobre la didáctica de la astronomía ofrecen un panorama comprensivo y enriquecedor de los avances y desafíos en la enseñanza de esta ciencia. Estos trabajos revelan una notable diversidad de enfoques pedagógicos y metodológicos, y ponen de relieve una creciente conciencia sobre la importancia de integrar la astronomía dentro de un marco amplio de conocimiento humano, cruzando fronteras disciplinarias hacia la cultura, la historia, la tecnología y la filosofía (Salimpour et al., 2021; Salimpour y Fitzgerald, 2021, 2022a, 2022b). Este cambio epistemológico refleja una evolución desde una perspectiva reduccionista de la ciencia, enfocada exclusivamente en el empirismo y en la acumulación de conocimientos desconectados, hacia una visión holística que considera a la astronomía como un constructo cultural y humano, accesible y relevante para todos.

El trabajo de Zhmud (2023) ofrece una reflexión profunda sobre la enseñanza de las matemáticas en la antigüedad, subrayando la integración de la ciencia con la educación en la práctica social y sugiriendo una revalorización de las perspectivas históricas para informar las prácticas educativas contemporáneas en astronomía. Esta revisión histórica nos insta a reconocer

y rescatar el valor de los conocimientos acumulados a lo largo de los siglos para enriquecer nuestra comprensión y enseñanza de la ciencia actual.

Simultáneamente, se aprecia una tendencia creciente hacia el aprendizaje activo y el uso de tecnologías y recursos abiertos, que promueven un aprendizaje colaborativo y participativo, alejándose de los métodos tradicionales de enseñanza. Esta transformación pedagógica, documentada en trabajos como los de Nájera y de la Calleja Mora (2017), refleja un esfuerzo más amplio por democratizar la educación científica, facilitando un acceso más equitativo al conocimiento astronómico.

En la vanguardia de estas prácticas pedagógicas se encuentran las estrategias que incorporan experiencias multisensoriales, como la sonificación (Abdurrahman y Olsmted, 2021; Zanella et al., 2022). Estas estrategias no solo mejoran la inclusión y accesibilidad en el aprendizaje de la astronomía, sino que también resuenan con un paradigma educativo inclusivo y equitativo. Paralelamente, la proliferación de observatorios astronómicos representa un movimiento hacia la democratización del espacio científico, permitiendo una participación comunitaria más amplia en la investigación astronómica y conceptualizando la ciencia como un esfuerzo colectivo y abierto (Valderrama, Yizeth, et al., 2023a)

Estos hallazgos y reflexiones colectivas sobre la didáctica de la astronomía implican un compromiso con una enseñanza que es reflexiva, crítica y progresiva. Se busca fomentar no solo un conocimiento profundo sobre el cosmos y el lugar de la humanidad dentro de él, sino también comprender la ciencia como una actividad humana arraigada en la curiosidad, la imaginación y la creatividad. Estas tendencias actuales subrayan la importancia de abordar la enseñanza de la astronomía desde múltiples dimensiones, reconociendo su potencial para inspirar, educar y unir a personas de todas las edades y orígenes (A. Kennedy, 2017; D. Kennedy, 2014; Suhail y Arango, 2015; T.-H. Yang et al., 2020). La integración de la astronomía con otros campos del saber y su enseñanza desde una perspectiva más inclusiva y participativa son esenciales para preparar a las futuras generaciones para los desafíos del mañana, promoviendo una comprensión más rica y matizada del universo que compartimos.

7.1.1.4 Percepciones, concepciones y saberes disciplinares de los docentes frente a la astronomía.

La enseñanza de la astronomía enfrenta retos significativos en la formación docente, derivados tanto de la complejidad intrínseca del campo como de las percepciones y concepciones que los docentes tienen sobre esta ciencia (Batista y Freire, 2020; Karaman, 2023; Martínez-Torregrosa et al., 2018; Valderrama, 2023a; Valderrama y Navarrete Florez, 2020). Los estudios revisados revelan un panorama diverso en cuanto a la preparación y enfoques didácticos de los docentes hacia la astronomía, abarcando desde la demarcación entre ciencia y pseudociencia hasta la integración de la arqueoastronomía como medio para fomentar la inclusión cultural en la enseñanza.

Se aborda el problema de la demarcación entre ciencia y pseudociencia, un tema crucial en la enseñanza de la astronomía y de las ciencias en general, destacando la importancia de desarrollar en los docentes una comprensión clara de lo que constituye el conocimiento científico, frente a las creencias pseudocientíficas (Karaman, 2023b). La capacidad de discernir entre estas dos formas de conocimiento es esencial para fomentar una enseñanza de la astronomía basada en evidencia y críticamente informada.

Por otro lado, investigaciones como la de Rodrigues y Ferreira, (2022) y Rodrigues et al., (2023) se centran en mapear el conocimiento astronómico de docentes chilenos, señalan la necesidad de fortalecer la formación específica en contenidos astronómicos, un escenario que es común a países latinoamericanos, donde la formación docente sobre astronomía es escasa (Valderrama, 2023; Valderrama y Navarrete Flórez, 2020). Este enfoque permite identificar lagunas en el conocimiento disciplinar de los docentes, lo cual es un paso crítico para diseñar intervenciones formativas que mejoren su preparación y, consecuentemente, la calidad de la enseñanza de la astronomía.

La contextualización histórica y cultural de la astronomía, ofrece un enfoque rico y multifacético para la enseñanza de esta ciencia. Integrar contenidos que conecten la astronomía con el contexto cultural y social de los estudiantes no solo enriquece su aprendizaje, sino que también promueve una mayor inclusión y relevancia de la ciencia en sus vidas (dos Santos Batista y de Quadro Peduzzi, 2022; Manosalva et al., 2017).

En términos de las identidades didácticas y disciplinares, los estudios revisados abordan desde la epistemología de la didáctica de la astronomía hasta la integración de conocimientos de

astrofísica, historia y cultura en la enseñanza. Esto refleja una comprensión de que la formación docente en astronomía debe ser integral, abarcando no solo los aspectos teóricos y observacionales, sino también cómo estos se relacionan con el contexto humano y cultural.

A partir de lo anterior, la formación docente en astronomía se enfrenta a la tarea de equilibrar la rigurosidad científica con la relevancia cultural y social. La investigación en este campo sugiere la necesidad de una formación docente que no solo se enfoque en el conocimiento disciplinar específico, sino que también promueva habilidades críticas para la demarcación entre ciencia y pseudociencia, e integre perspectivas históricas y culturales para hacer de la astronomía un campo de estudio accesible y relevante para todos los estudiantes. La perspectiva futura en la formación docente en astronomía debe incluir el desarrollo de programas de formación que aborden estas necesidades, promoviendo una enseñanza que sea a la vez rigurosa e inclusiva, preparando a los docentes para enfrentar los desafíos de enseñar una ciencia que abarca desde los fundamentos del universo hasta su impacto en las culturas humanas.

7.1.1.5 Divulgación Científica

La divulgación científica en el campo de la astronomía, fundamentada en la expansión de tecnologías digitales y la proliferación de medios de comunicación social, ha abierto caminos innovadores para la diseminación del conocimiento astronómico (Pan et al., 2016; Varanda Marques y de Freitas, 2016). Esta tendencia no solo democratiza el acceso a la educación astronómica, sino que también fomenta un aprendizaje más personalizado y profundo, permitiendo interacciones directas con objetos de estudio astronómico a través de plataformas de simulación y realidad aumentada y virtual. Estas tecnologías emergentes ofrecen experiencias educativas sin precedentes, permitiendo la exploración del cosmos de maneras anteriormente limitadas a observatorios o equipos especializados.

Los centros de ciencias y planetarios, en su evolución hacia espacios de aprendizaje interactivo, emplean metodologías de divulgación que transforman la percepción pública de la astronomía (Hubbell et al., 2015; Sharma et al., 2015; Stengler, 2021). Mediante el uso de proyecciones inmersivas, exposiciones interactivas y programas de observación astronómica, estos espacios facilitan un acceso equitativo al conocimiento astronómico, enriqueciendo la comprensión y estimulando el interés en audiencias de variados trasfondos educativos y edades. La adopción de realidades aumentada y virtual en estos entornos ha sido particularmente transformadora,

ofreciendo simulaciones espaciales que combinan rigor educativo con experiencias que mejoran significativamente la calidad de la enseñanza y el aprendizaje en astronomía.

La ciencia ciudadana emerge como un componente vital de la divulgación científica en astronomía, involucrando al público general en la investigación activa a través de proyectos colaborativos. Estos proyectos no solo enriquecen la investigación científica con conjuntos de datos valiosos, sino que también fomentan un vínculo más profundo entre los participantes y el proceso científico. La participación activa en la ciencia ciudadana permite a los individuos contribuir de manera significativa al avance del conocimiento astronómico, reforzando su interés y conexión con el estudio del cosmos (Christian, 2015a, 2015b; D'Agostino et al., 2019; Gee et al., 2016).

Uno de los desafíos fundamentales en la divulgación científica de la astronomía reside en comunicar conceptos complejos de manera accesible y atractiva. La responsabilidad de los comunicadores científicos y educadores es inspirar asombro y curiosidad, empleando narrativas que no solo transmitan conocimiento, sino que también conecten los descubrimientos astronómicos con cuestiones filosóficas y existenciales. Este enfoque subraya la importancia de la astronomía en nuestra comprensión del universo y nuestra posición dentro de él, promoviendo una apreciación profunda por la ciencia y sus implicaciones en nuestra percepción del cosmos.

De esta manera se hace evidente que la divulgación científica en astronomía desempeña un papel crucial en la educación pública, ya que promueve la alfabetización científica y el pensamiento crítico. Al hacer accesible y relevante la astronomía, se fomenta una apreciación más profunda por la ciencia y se motiva a las futuras generaciones a explorar las maravillas del universo. Además, la innovación continua en las estrategias de comunicación y la inclusión de enfoques interactivos y participativos son fundamentales para mantener el interés del público en la astronomía, asegurando que esta ciencia ancestral continúe inspirando asombro y curiosidad en el corazón de la humanidad.

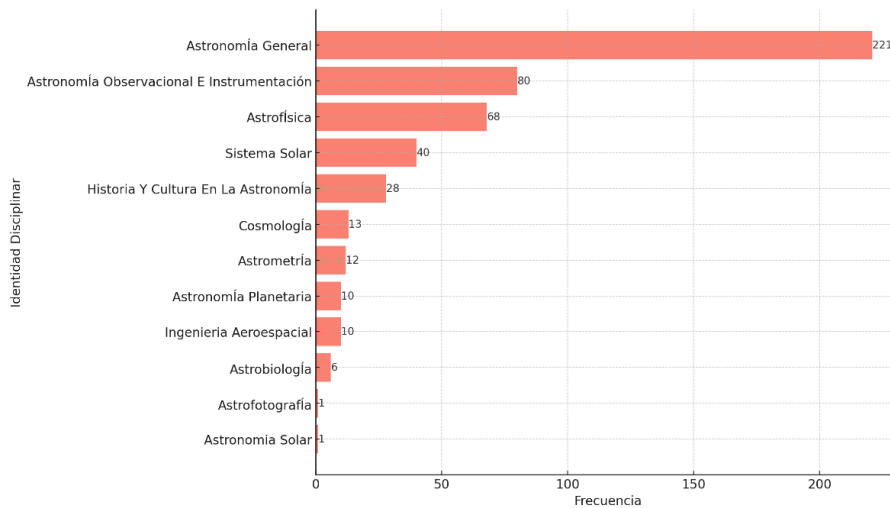
7.1.2 Contenidos disciplinares abordados en la enseñanza de la astronomía

En la figura 6, se observa que la categoría "Astronomía General" lidera en frecuencia con 221 publicaciones, seguida por "Astronomía Observacional e Instrumentación" con 80 publicaciones y "Astrofísica" con 68. Estas tres categorías muestran la mayor concentración de publicaciones y, por ende, un alto nivel de actividad investigativa dentro de sus respectivos campos. Subsiguientemente, la categoría "Sistema Solar" cuenta con 40 publicaciones, seguida por "Historia y Cultura en la Astronomía" con 28, y "Cosmología" con 13. Las categorías

"Astrometría", "Astronomía Planetaria", e "Ingeniería Aeroespacial" presentan cada una 10 publicaciones, indicando un interés moderado en estos temas. Con menor frecuencia, la categoría "Astrobiología" acumula 6 publicaciones, "Astrofotografía" cuenta con 1 publicación, y la categoría "Astronomía Solar" también registra 1 publicación, lo que refleja un enfoque menos prevalente o emergente en estos ámbitos específicos dentro del contexto más amplio de la enseñanza de la astronomía.

Esta distribución evidencia un claro énfasis en la enseñanza de conceptos generales de astronomía y en la instrumentación observacional, lo que destaca la importancia de estas áreas como fundamentos para la comprensión y el avance del conocimiento astronómico. Además, se subraya el interés investigativo en las intersecciones de la astronomía con otras disciplinas y en la contextualización histórica y cultural del estudio astronómico.

Figura 6 *Distribución de publicaciones por identidad disciplinar.*



La visualización de la distribución de publicaciones por identidad disciplinar en el ámbito de la enseñanza de la astronomía, durante el periodo comprendido entre 2014 y 2023, revela un paisaje diverso de enfoques y áreas temáticas. La presencia destacada de ciertas identidades disciplinares por encima de otras señala la concentración de esfuerzos investigativos y educativos en áreas específicas, reflejando tanto la tradición académica como las tendencias emergentes en la educación astronómica. Este patrón de distribución no solo indica las prioridades actuales en la

investigación y la enseñanza sino también sugiere la existencia de comunidades de práctica consolidadas alrededor de ciertos temas.

La preeminencia de campos específicos dentro de la identidad disciplinar apunta a un reconocimiento de la importancia de abordajes particularizados para la enseñanza de conceptos complejos, la necesidad de recursos didácticos adaptados a diferentes contenidos astronómicos, y el desarrollo de competencias específicas en los estudiantes (Pujani et al., 2022; Taufiq et al., 2020b). Este enfoque diferenciado es fundamental en un campo tan amplio y variado como la astronomía, donde la diversidad de objetos de estudio y la rapidez con la que evoluciona el conocimiento científico exigen una constante actualización pedagógica y didáctica.

La variabilidad en las identidades disciplinares también refleja la interdisciplinariedad inherente a la astronomía (Ahmed et al., 2022; Laher, 2016; Pineda Caro et al., 2023; Taufiq et al., 2020b), que se entrelaza con la física, la matemática, la historia de la ciencia, y la tecnología, entre otras áreas. Esta interconexión subraya la necesidad de estrategias educativas que fomenten una comprensión integrada de los fenómenos astronómicos, promoviendo habilidades de pensamiento crítico, análisis de datos y modelización científica (Taufiq et al., 2020b).

El análisis de estas tendencias proporciona posturas valiosas para la formulación de políticas educativas, el desarrollo de currículos, y la orientación de futuras investigaciones. La identificación de áreas con menor cantidad de publicaciones podría indicar nichos de investigación emergentes o lagunas en el conocimiento actual que requieren atención. Asimismo, el reconocimiento de las áreas con mayor volumen de trabajo puede servir para evaluar la eficacia de las prácticas educativas vigentes y ajustar las estrategias de enseñanza para abordar los desafíos actuales de la educación en astronomía.

7.1.3 Tensiones identificadas en la enseñanza de la astronomía

La figura 7 detalla una visión cuantitativa de los problemas abordados en las publicaciones relacionadas con la enseñanza de la astronomía. Se desprende una serie de conclusiones significativas que arrojan luz sobre las tendencias actuales y las posibles direcciones futuras en la educación astronómica.

La categoría "Conceptualización y Comprensión" lidera con un margen considerable, con 184 publicaciones. Esto refleja un interés predominante en la clarificación y profundización de conceptos astronómicos fundamentales dentro de la comunidad educativa. Esta alta frecuencia

pone de manifiesto la importancia de asegurar que los estudiantes comprendan adecuadamente los principios básicos de la astronomía, lo cual es esencial para cualquier aprendizaje posterior más especializado y avanzado. Además, este énfasis sugiere un reconocimiento de los retos que implica la comprensión de conceptos abstractos y a menudo contraintuitivos, como los relacionados con la mecánica celeste y la cosmología.

La segunda categoría más frecuente es "Otros", lo que puede indicar una diversidad de problemas abordados que no encajan fácilmente en las categorías predefinidas. Esta diversidad puede ser un indicador de la naturaleza interdisciplinaria de la astronomía y su integración con áreas como la física, las matemáticas y las ciencias ambientales, lo cual podría requerir una investigación más detallada para desglosar y entender mejor estos subtemas. El "Desarrollo de Habilidades" aparece como la tercera área más estudiada, con 79 publicaciones. Esta cifra resalta la importancia de desarrollar competencias científicas, críticas y analíticas en los estudiantes. La astronomía, como disciplina, ofrece oportunidades únicas para el desarrollo de habilidades prácticas, como la observación, el análisis de datos y el pensamiento crítico, que son esenciales en la era de la información y la ciencia basada en datos.

La frecuencia relativamente equilibrada de publicaciones en "Recursos Didácticos" y "Metodologías Didácticas" señala un compromiso continuo con la mejora de las herramientas y estrategias pedagógicas en la educación astronómica. El interés en estos aspectos destaca la necesidad de recursos innovadores y métodos de enseñanza efectivos para abordar los desafíos educativos en este campo.

La categoría "Inclusión y Diversidad" con 18 publicaciones, aunque menos frecuente, es significativa. Esta cifra indica un reconocimiento creciente de la necesidad de abordar la diversidad de los aprendices y de adoptar prácticas inclusivas en el aula, asegurando que la educación en astronomía sea accesible para estudiantes con diversas capacidades, antecedentes y contextos.

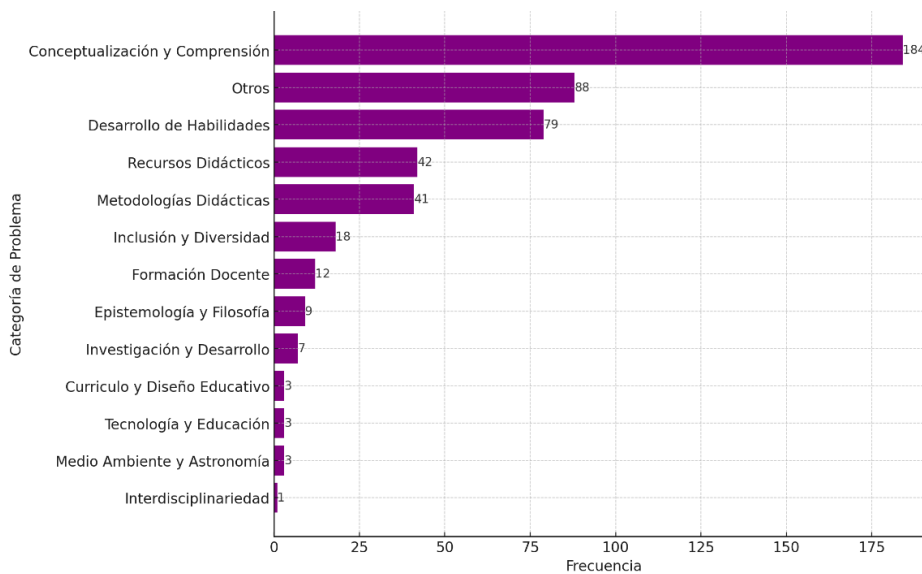
"Formación Docente", con 12 publicaciones, y "Epistemología y Filosofía", con 9, sugieren que, aunque hay un interés por la capacitación de los educadores y los fundamentos filosóficos de la enseñanza de la astronomía, estos temas podrían requerir mayor atención y recursos para fortalecer estas áreas vitales.

La menor frecuencia en categorías como "Currículo y Diseño Educativo", "Tecnología y Educación", "Medio Ambiente y Astronomía" e "Interdisciplinariedad" podría indicar áreas emergentes o nichos específicos que tienen el potencial de desarrollarse más en el futuro. El

modesto número de publicaciones sugiere que estos podrían ser campos de estudio fértil para futuras investigaciones y desarrollos.

En conjunto, el análisis indica una atención concentrada en la comprensión conceptual dentro de la educación astronómica, junto con un enfoque sustancial en el desarrollo de habilidades y la innovación en recursos y metodologías didácticas. También pone de manifiesto áreas emergentes y de interés especializado que pueden ser exploradas más profundamente en futuras investigaciones.

Figura 7 *Tensiones y problemáticas abordadas en la enseñanza de la astronomía.*



7.1.4 Enseñanza de la Astronomía por Niveles de formación

La distribución de publicaciones científicas en el ámbito de la enseñanza de la astronomía visualizada en la figura 8, revela un claro enfoque en la educación superior, con un predominio en el número de trabajos relacionados con pregrado y posgrado. Este énfasis sugiere una fuerte orientación hacia la consolidación del conocimiento astronómico avanzado y la investigación especializada. No obstante, la significativa presencia de estudios que abarcan diferentes niveles de formación señala un reconocimiento de la importancia de una base educativa integral y cohesiva en astronomía, abriendo caminos hacia una enseñanza más integradora y menos fragmentada.

La educación secundaria, reflejada en 108 publicaciones, es identificada como un área de interés clave, dada su función como etapa crítica para el estímulo del interés científico y el

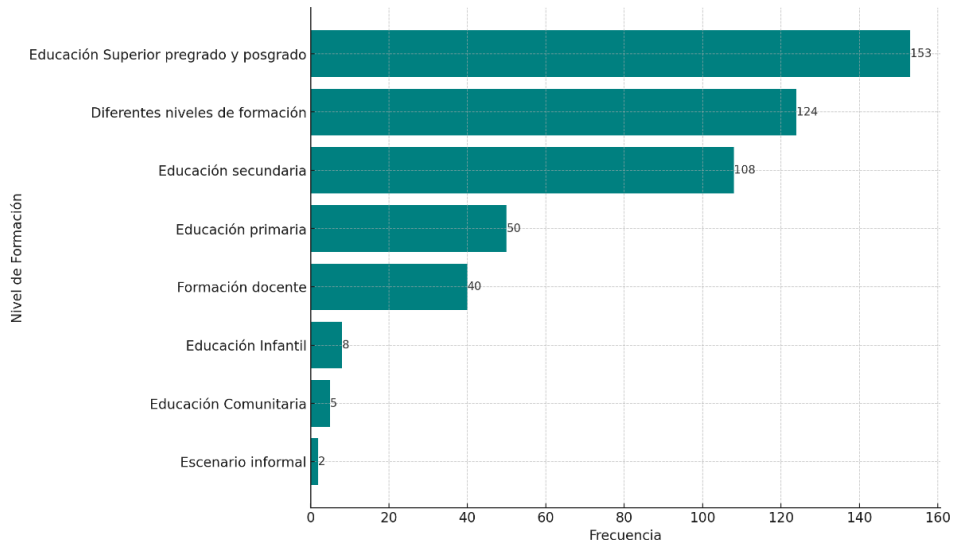
desarrollo de capacidades analíticas fundamentales. Sin embargo, la transición de la comprensión básica a conceptos más avanzados en la educación primaria, con 50 publicaciones, pone en evidencia la necesidad de desarrollar estrategias didácticas que fomenten la curiosidad y la comprensión desde los primeros años escolares.

La formación docente, con 40 publicaciones, se destaca como un área de necesidad latente. Aunque la cifra indica un interés en la capacitación de educadores, también sugiere la existencia de brechas en la preparación pedagógica específica para la astronomía. Esto implica una necesidad de intensificar los esfuerzos en el desarrollo profesional continuo de los docentes, proporcionando herramientas efectivas y conocimientos actualizados que permitan una enseñanza de la astronomía adaptada a las demandas educativas contemporáneas.

Los niveles educativos más tempranos, como la educación infantil, con 8 publicaciones, y la educación comunitaria, con 5 publicaciones, junto con los escenarios informales, con 2 publicaciones, reflejan sectores que requieren atención y recursos adicionales. La infrecuencia en estas categorías apunta a una oportunidad de expansión en la enseñanza de la astronomía a través de programas dirigidos a la primera infancia y a la comunidad en general, resaltando la necesidad de estrategias pedagógicas innovadoras que aborden la educación astronómica de una manera que sea tanto inclusiva como accesible para todos los segmentos de la población.

La educación en astronomía, si bien ha mostrado avances significativos en ciertos estratos, aún se enfrenta a desafíos críticos en términos de formación docente y expansión a niveles educativos más bajos y a entornos no tradicionales. Para una divulgación efectiva y equitativa, es imperativo que se aborden estas carencias a través de la investigación y el desarrollo de programas educativos que respondan a estas necesidades, fomentando así una cultura científica más inclusiva y representativa de la diversidad de la sociedad.

Figura 8 *Enseñanza de la astronomía por niveles de formación.*



La última década ha sido testigo de una evolución dinámica en la enseñanza de la astronomía, impulsada en gran medida por el avance tecnológico y una mayor integración de enfoques interdisciplinarios. La emergencia de nuevas herramientas digitales y recursos didácticos ha revolucionado las prácticas educativas, lo cual hace que la experiencia de aprendizaje sea más interactiva, accesible y personalizada. Este cambio paradigmático ha democratizado el acceso a la educación astronómica, lo que permite a los estudiantes de todos los niveles participar activamente en el descubrimiento y la exploración del cosmos.

En el ámbito de la educación superior, se ha observado una marcada preponderancia de la investigación, enfocada no solo en la adquisición de conocimiento avanzado sino también en la pedagogía innovadora y en el desarrollo de habilidades analíticas complejas. Sin embargo, es crucial destacar la persistente necesidad de fortalecimiento en la formación docente. A pesar de los avances y la disposición de recursos didácticos sofisticados, sigue habiendo un déficit notable en la preparación pedagógica de los educadores para transmitir eficazmente el conocimiento astronómico. La calidad de la enseñanza en astronomía está intrínsecamente ligada a la competencia y confianza de los docentes en su dominio de la materia, lo que resalta la necesidad de programas de formación docente más robustos y sistemáticos.

La educación secundaria y primaria, donde se sientan las bases del pensamiento crítico y científico, también merece una atención especial. El fomento de la curiosidad y la comprensión conceptual en estos niveles iniciales es crucial para el desarrollo de futuros científicos y ciudadanos informados. En este sentido, las estrategias didácticas deben evolucionar para conectar los

conceptos astronómicos con las experiencias vividas de los estudiantes, haciendo la ciencia más relevante y accesible. La divulgación científica de la astronomía ha mostrado su importancia no solo en la difusión del conocimiento sino también como un medio para inspirar asombro y curiosidad. Los comunicadores científicos y educadores tienen la tarea de traducir conceptos complejos en narrativas que resonarán con un público diverso, abarcando desde estudiantes hasta entusiastas del espacio de todas las edades. En este proceso, se debe enfatizar la construcción de una cultura científica inclusiva, que reconozca y celebre la diversidad en la comunidad astronómica.

7.2. Astronomía y Currículo; Aportes para la construcción de una formación inicial docente en astronomía

7.2.1 Contexto Histórico

La enseñanza de las Ciencias Naturales en Colombia ha experimentado importantes cambios hasta la actualidad, esta refleja las tendencias globales y las necesidades locales en la formación científica. Históricamente en las primeras décadas del siglo XX, su enseñanza se centraba en el control del cuerpo y la higiene personal, pues los discursos médicos y religiosos del momento influenciaban por completo su labor (Torres Martínez & Guerrero Romero, 2018), por ello se mantuvo esta tendencia que lejos de potenciar el pensamiento crítico y la toma de decisiones fundamentadas desde el conocimiento científico, tenía como propósito la formación de ciudadanos obedientes y saludables, lo cual se mantuvo hasta bien entrado este siglo .

Sin embargo, luego de la segunda guerra mundial y con el comienzo de la modernización del país, la reestructuración curricular tomó fuerza con un enfoque principalmente técnico, transformando las Ciencias Naturales en una disciplina integradora de las visiones del progreso y la modernización tecnológica, en consecuencia se buscó que la educación científica del país contribuyera a los desarrollos que los desafíos globales sugerían; no obstante es allí donde comienzan a tomar énfasis las competencias científicas como respuesta a las demandas del mercado laboral emergente (Barrios Estrada, 2014) .

Posteriormente, durante las décadas de los setenta y ochenta en Colombia se fortaleció la investigación en la enseñanza de las ciencias, impulsada por el movimiento pedagógico que promovía un rol activo del profesor en su quehacer profesional a través de la investigación

educativa. Esta transformación fue liderada por algunos grupos en las principales universidades públicas del país, lo que permitió a los docentes reflexionar críticamente sobre su práctica y consolidar un enfoque curricular más estructurado en las Ciencias Naturales, integrando tanto aspectos teóricos como prácticos, con especial énfasis en la conservación y manejo de los recursos naturales (Alcocer Tocora y Hernández Hernández, 2020; Lozano García, 2018)

A partir de allí, un momento clave en la evolución del currículo no solo en las Ciencias Naturales sino en el currículo general de educación colombiano fue la promulgación de la Ley General de Educación de 1994, donde se estableció una mayor flexibilidad en la organización del currículo, lo cual permitió que las instituciones educativas desarrollaran sus propios proyectos educativos institucionales (PEI), adaptando el currículo a las necesidades específicas de cada comunidad. En este sentido, en el caso de las Ciencias Naturales esta ley promovió la enseñanza de la protección del medio ambiente y el uso sostenible de los recursos naturales. La enseñanza de las Ciencias Naturales se diversificó, abordando no solo los aspectos técnicos y científicos, sino también temas relacionados con la responsabilidad ambiental y la ecología (Lozano García, 2018; Osorio, 2011).

Iniciando el siglo XXI la enseñanza de las Ciencias Naturales en Colombia con la implementación de los Estándares Básicos de Competencias (EBC), concebidos como una respuesta a la necesidad de homogenizar y elevar la calidad de la educación científica en el país, buscó que los estudiantes desarrollaran competencias científicas necesarias para enfrentar los desafíos del mundo contemporáneo. A diferencia de los enfoques anteriores, centrados principalmente en la transmisión de conocimientos, los EBC promovieron un modelo educativo basado en el desarrollo de habilidades y competencias. Esto significó un cambio hacia un enfoque más constructivista, donde el aprendizaje se concibe como un proceso activo y contextualizado en el cual el estudiante construye su propio conocimiento mediante la indagación y la experimentación (Men, 2020).

Los EBC establecieron lineamientos claros sobre lo que los estudiantes debían ser capaces de hacer al finalizar ciertos ciclos educativos, desde primaria hasta la educación media. En el área de Ciencias Naturales, estos estándares propusieron un enfoque integral que incluyó no solo contenidos científicos específicos, sino también competencias relacionadas con el pensamiento crítico, la resolución de problemas y la toma de decisiones fundamentadas, enfoque que resultó ser clave para que las Ciencias Naturales no se limitaran a un conocimiento técnico o memorístico,

sino que fomentaran habilidades transferibles que permitieran a los estudiantes aplicar el conocimiento científico en contextos reales (Osorio, 2011)

Complementando a los EBC, se introdujeron en el 2016 los Derechos Básicos de Aprendizaje (DBA) como una herramienta adicional para guiar el proceso educativo. Los DBA, aunque relacionados con los EBC, se distinguen por su enfoque más específico y su organización por grados escolares (Hernández-Suárez et al., 2021). Estos derechos establecen lo que cada estudiante debe aprender en un determinado momento de su trayectoria escolar, lo que busca garantizar que todos los estudiantes tengan acceso a un conjunto mínimo de saberes fundamentales. Los DBA fueron diseñados para brindar una mayor claridad tanto a los docentes como a los estudiantes, con el objetivo de que estos últimos pudieran alcanzar un nivel de aprendizaje que asegurara su éxito académico y su capacidad para enfrentar los retos del mundo moderno.

En cuanto a su intencionalidad, tanto los EBC como los DBA buscan garantizar una educación más equitativa y de mayor calidad en todo el país, atendiendo a las diversas realidades sociales, económicas y culturales. Se diseñaron no solo para ofrecer un marco claro sobre los aprendizajes esperados, sino también para reducir las brechas educativas entre estudiantes de distintos contextos. Además, ofrecen una base sólida para la evaluación y el seguimiento del progreso académico, lo que permite a las instituciones ajustar sus prácticas pedagógicas en función de los resultados obtenidos (Cárdenas Navas y Martínez Rivera, 2017).

La potencialidad de los ECN y los DBA radica en su capacidad para articular un currículo flexible que se adapte a las necesidades de los estudiantes y sus comunidades, pero que al mismo tiempo mantenga un estándar de calidad a nivel nacional. A través de estos instrumentos, la educación en Ciencias Naturales ha buscado formar ciudadanos capaces de comprender el mundo que les rodea y de participar activamente en la solución de problemas locales y globales, desde el cambio climático hasta el manejo sostenible de los recursos naturales. Asimismo, han sido fundamentales para incorporar temas emergentes, como la educación ambiental y la sostenibilidad, dentro del currículo de Ciencias Naturales, preparando a los estudiantes para enfrentar los desafíos del siglo XXI desde una perspectiva científica y responsable (Torres Martínez y Guerrero Romero, 2018).

De este modo, a partir de lo mencionado aparece la astronomía en el currículo de las Ciencias Naturales, pues los lineamientos curriculares y los ECN integran como parte esencial el estudio del universo y los fenómenos celestes. En este contexto se suma a su enseñanza los

enfoques curriculares de las Ciencias Naturales como el constructivista, interdisciplinario, crítico, sociocultural e intercultural y el enfoque basado en competencias, que, si bien han demostrado ser eficaces, de cierta manera aún se limitan por la falta de recursos adecuados que enriquezcan su comprensión.

En este sentido, es pertinente anotar que aunque la astronomía que epistemológicamente ha permitido el desarrollo del conocimiento científico y cuya enseñanza tiene potencial para desarrollar competencias científicas y fomentar la curiosidad por el universo y se encuentra integrada en el currículo de las Ciencias Naturales, aún necesita transformarse en un insumo didáctico con un desarrollo curricular tal que permita que los estudiantes integren conocimientos en física, química, biología y matemáticas, mientras desarrollan habilidades de observación, análisis crítico y resolución de problemas (Valderrama y Navarrete Florez, 2020).

7.2.2 La astronomía en las estructuras curriculares colombianas

Desde esta contextualización histórica, la primera estructura curricular está planteada por los EBC, la tabla 2, muestra el mapeo curricular particularizado a las temáticas y competencias relacionadas con la enseñanza de la astronomía en las Ciencias Naturales en el país, evidencia una representación limitada de esta área en los distintos ciclos educativos. En los primeros grados, los contenidos son muy básicos, centrados en la observación del cielo y la descripción de movimientos celestes. A medida que los estudiantes avanzan, se introducen temas más complejos, como el Sistema Solar y los fenómenos astronómicos, pero de manera abrupta y sin una continuidad adecuada. En los grados intermedios, se evidencian vacíos notables, ya que no se abordan temas astronómicos, lo que interrumpe el desarrollo progresivo de conceptos y dificulta la comprensión continua. Aunque en los grados superiores se retomamos algunos conceptos más avanzados, como la gravitación universal, su inclusión sigue siendo limitada y desconectada de un aprendizaje previo bien establecido. Además, las competencias tienden a ser descriptivas y no fomentan el desarrollo de habilidades prácticas ni el pensamiento crítico, lo que restringe la profundidad con la que los estudiantes pueden abordar los fenómenos astronómicos.

Tabla 2 *Temáticas y competencias de la astronomía en los EBC de las Ciencias Naturales.*

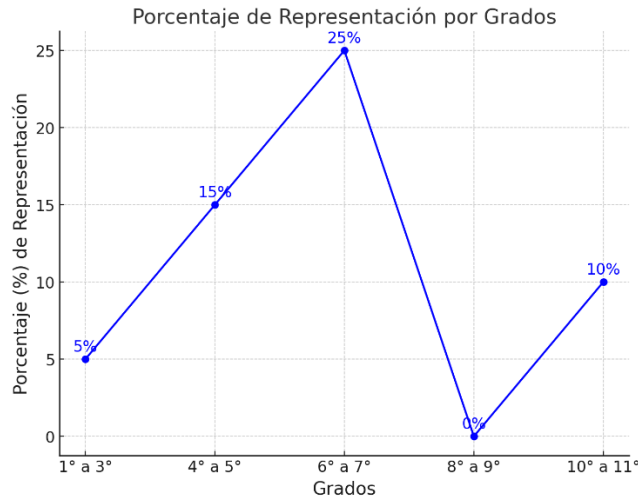
| Ciclo Educativo | Grados | Temas de Astronomía | Competencias Asociadas |
|-----------------|--------|---------------------|------------------------|
|-----------------|--------|---------------------|------------------------|

| | | | |
|------------------------|-----------|--|--|
| Primaria Básica 1 | 1° a 3° | Observación del movimiento del Sol, la Luna y las estrellas | Registrar el movimiento de cuerpos celestes a lo largo del tiempo. |
| Primaria Básica 2 | 4° a 5° | <ul style="list-style-type: none"> • Sistema Solar • Movimientos planetarios • Mareas y eclipses | <ul style="list-style-type: none"> • Describir las características del Sistema Solar. • Relacionar movimientos de la Tierra con fenómenos como estaciones y mareas. |
| Secundaria Básica | 6° a 7° | <ul style="list-style-type: none"> • Origen del universo • Modelo planetario • Formación de estrellas | <ul style="list-style-type: none"> • Explicar teorías sobre el origen del universo. • Describir el proceso de formación y extinción de estrellas. • Analizar fuerzas gravitacionales. |
| Secundaria Avanzada | 8° a 9° | Ninguno | No se identificaron competencias específicas de astronomía. |
| Media | 10° a 11° | <ul style="list-style-type: none"> • Gravitación universal • Fuerzas gravitacionales entre cuerpos | <ul style="list-style-type: none"> • Explicar la relación entre masa, distancia y fuerza gravitacional. • Establecer relaciones entre campos gravitacionales y electrostáticos. |

Fuente: Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales (Ministerio de Educación Nacional, 2011)

Por otra parte, si se evalúa la representatividad de la astronomía en la enseñanza de las Ciencias Naturales, se obtiene la figura 9, en la que la mayor representatividad está en los grados sexto y séptimo de educación básica secundaria, si se tiene en cuenta que la mayoría de los docentes en este nivel educativo segmenta las Ciencias Naturales privilegiando los temas biológicos y químicos, con una menor proporción en la física (Paiba Páez, 2017; Valderrama, Yizeth, et al., 2023b) y esto sumado a las dificultades en la temporalidad de los procesos de enseñanza y aprendizaje, la intencionalidad de los docentes y las dinámicas propias de estos procesos, genera la preocupación de que la baja representatividad de los contenidos sobre astronomía se traduzca en un abordaje escaso de esta disciplina en el territorio nacional.

Figura 9 Representatividad de la astronomía en los EBC de las Ciencias Naturales.



Realizando el mapeo curricular de los DBA, el panorama y la preocupación anterior se mantiene tal como se aprecia en la tabla 3, pues en general, la astronomía sigue estando infrarrepresentada, con un enfoque limitado a la observación básica y descriptiva del cielo. Este análisis sugiere la necesidad de una mayor integración de contenidos astronómicos que profundicen en conceptos científicos más amplios y relevantes en los grados superiores.

Tabla 3

Astronomía en los DBA.

| Grado | Derecho Básico de Aprendizaje (DBA) | Evidencias de Aprendizaje | Tema Astronómico |
|---------|--|--|--|
| 1° a 3° | Comprende el fenómeno del día y la noche debido a la rotación de la Tierra. | Registra y realiza dibujos de sombras proyectadas por el Sol en diferentes momentos del día. | Rotación de la Tierra, día y noche. |
| 4° | Comprende que las fases de la Luna se deben a la posición relativa del Sol, la Luna y la Tierra. | Realiza observaciones de la Luna y las registra mediante dibujos, explicando cómo varían a lo largo del mes. | Fases de la Luna, movimiento relativo. |
| 4° | Comprende el fenómeno del día y la noche debido a la rotación de la Tierra. | Utiliza maquetas para explicar el ciclo del día y la noche, observando patrones de regularidad en el movimiento solar. | Día y noche. |
| 6° | Analiza la relación entre las fases de la Luna y los movimientos de la Tierra. | Realiza observaciones y experimentos para explicar las fases lunares y las posiciones relativas entre la Tierra, la Luna y el Sol. | Fases lunares, movimientos celestes. |

Fuente: Derechos Básicos de Aprendizaje en Ciencias Naturales (MinEducación Colombia, 2016)

Uno de los principales problemas derivados del panorama presentado, es la discontinuidad en la enseñanza de los contenidos astronómicos a lo largo de los diferentes ciclos educativos. En los grados iniciales, los temas relacionados con la astronomía se limitan a la observación del cielo

y la explicación de fenómenos como el día y la noche o las fases de la luna. A medida que los estudiantes avanzan, los contenidos astronómicos prácticamente desaparecen del currículo, lo que interrumpe el desarrollo progresivo de conceptos clave y crea vacíos significativos en la formación científica de los estudiantes. Este enfoque fragmentado y discontinuo no permite que los estudiantes profundicen en el estudio de la astronomía ni que desarrollen habilidades críticas como la observación precisa, el análisis de datos o la modelización de fenómenos astronómicos, habilidades que son esenciales para la comprensión de cualquier ciencia.

Por otra parte, desde la contextualización abordada de los enfoques curriculares y el desarrollo histórico del currículo en la enseñanza de las Ciencias Naturales en Colombia, es necesario mencionar que el escaso abordaje de la astronomía en el currículo educativo podría tener implicaciones más amplias para el desarrollo de la cultura científica en el país. La astronomía, al ser una disciplina que fomenta la curiosidad y el asombro por el universo, tiene un gran potencial para despertar vocaciones científicas y tecnológicas en los estudiantes (De Greve, 2009). Sin embargo, al no estar adecuadamente representada en el currículo, se pierde la oportunidad de inspirar a las nuevas generaciones a interesarse por las ciencias del espacio, un área con un inmenso potencial de desarrollo en el contexto global actual.

7.2.3 La astronomía en los programas de formación docente en Colombia

Dando continuidad al análisis curricular de la astronomía en la enseñanza de las Ciencias Naturales en Colombia, se pueden encontrar particularidades frente a la formación docente en Ciencias Naturales y Educación Ambiental, realizando el mapeo curricular sobre la formación en astronomía en los pregrados de Licenciatura en Ciencias Naturales del país, se obtuvo la tabla 4, evidenciando una notable carencia en la inclusión de esta disciplina en los currículos de las licenciaturas en Ciencias Naturales y Educación Ambiental (LCNEA). De las 25 universidades analizadas, solo cuatro incluyen alguna asignatura explícita relacionada con la astronomía, lo que refleja una situación preocupante. Esta baja presencia de la astronomía en la formación inicial de los futuros docentes tiene implicaciones significativas para el desarrollo de competencias científicas y la enseñanza de temas astronómicos en los niveles de educación básica y media.

Tabla 4

Asignaturas de astronomía en los programas de pregrado de Licenciatura en Ciencias Naturales y LCNEA de Colombia.

| # | Departamento Ciudad | Universidad | Programa pregrado | Asignaturas de astronomía | No. Créditos. |
|----|--------------------------------|--|------------------------------------|--|------------------|
| 1 | Boyacá-Tunja. | Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia | LCNEA | Electiva Disciplinar II: Astronomía para la educación. | 3 |
| 2 | Cauca-Popayán. | Universidad del Cauca | LCNEA | No se evidencia en el plan de estudios. | 0 |
| 3 | Tolima-Ibagué. | Universidad del Tolima | LCNEA | No se evidencia en el plan de estudios. | 0 |
| 4 | Magdalena-Santa Marta. | Universidad del Magdalena | LCNEA | Astronomía | 3 |
| 5 | Cundinamarca-Bogotá D.C. | Universidad Pedagógica Nacional. | LCNEA | No se evidencia en el plan de estudios. | 0 |
| 6 | Neiva-Huila. | Universidad Surcolombiana | LCNEA | Astronomía | 2 |
| 7 | Córdoba-Montería. | Universidad de Córdoba | LCNEA | No se evidencia en el plan de estudios. | 0 |
| 8 | Nariño-Pasto. | Universidad de Nariño | LCNEA | No se evidencia en el plan de estudios. | 0 |
| 9 | Quindío-Armenia. | Universidad del Quindío | LCNEA | No se evidencia en el plan de estudios. | 0 |
| 10 | Valle del cauca-Sede Pacífico. | Universidad del Valle | LCNEA | No se evidencia en el plan de estudios. | 0 |
| 11 | Norte de Santander-Cúcuta. | Universidad Francisco de Paula Santander | LCNEA | No se evidencia en el plan de estudios. | 0 |
| 12 | César-Valledupar. | Universidad del César | LCNEA | No se evidencia en el plan de estudios. | 0 |
| 13 | Atlántico-Barranquilla. | Universidad del Atlántico | Licenciatura en Ciencias Naturales | No se evidencia en el plan de estudios. | 0 |
| 14 | Antioquia-Medellín. | Universidad de Antioquia | Licenciatura en Ciencias Naturales | Introducción a la astronomía contemporánea; planetas, estrellas, galaxias y universo | 3 |
| 15 | Chocó-Quibdó. | Universidad Tecnológica del Chocó | Licenciatura en Ciencias Naturales | No se evidencia en el plan de estudios. | 0 |
| 16 | Cundinamarca-Bogotá D.C. | Pontificia Universidad Javeriana | LCNEA | No se evidencia en el plan de estudios. | 0 |

| | | | | | |
|----|-----------------------------------|--|------------------------------------|--|---|
| 17 | Cundinamarca-Bogotá D.C. | Corporación Universitaria Minuto de Dios | LCNEA | No se evidencia en el plan de estudios. | 0 |
| 18 | Cundinamarca-Bogotá D.C. | Universidad de la Salle | LCNEA | No se evidencia en el plan de estudios. | 0 |
| 19 | Cundinamarca-Bogotá D.C. | Universidad Libre | LCNEA | No se evidencia en el plan de estudios. | 0 |
| 20 | Sucre-Sincelejo. | Corporación Universitaria del Caribe | LCNEA | No se evidencia en el plan de estudios. | 0 |
| 21 | Cundinamarca-Bogotá D.C. | Universidad Antonio Nariño | LCNEA | No se evidencia en el plan de estudios. | 0 |
| 22 | Caldas-Manizales. | Universidad Católica de Manizales | LCNEA | No se evidencia en el plan de estudios. | 0 |
| 23 | Antioquia-Rionegro. | Universidad Católica de Oriente | Licenciatura en Ciencias Naturales | No se evidencia en el plan de estudios. | 0 |
| 24 | Valle del Cauca-Santiago de Cali. | Universidad Santiago de Cali | Licenciatura en Ciencias Naturales | No se evidencia en el plan de estudios. | 0 |
| 25 | Chía-Cundinamarca. | Universidad de la Sabana | Licenciatura en Ciencias Naturales | Programas extracurriculares de Astronomía. | 0 |

De esta manera, se hace evidente que la oferta de asignaturas relacionadas con la astronomía es extremadamente limitada. En la mayoría de las universidades no se evidencia formación en esta área dentro de los planes de estudio, y cuando se ofrece, generalmente es en forma de electivas con una carga académica reducida, de entre 2 y 3 créditos. Esta baja carga académica sugiere que, aunque la astronomía está presente en algunos programas, su tratamiento es superficial, lo que impide que los docentes en formación adquieran una comprensión profunda y robusta de los conceptos astronómicos. Esto plantea un riesgo, ya que, sin una formación sólida en astronomía, los futuros docentes tendrán dificultades para impartir estos conocimientos a sus estudiantes de manera efectiva (Barros y Losada, 2014; Quinteros y Galperin, 2021; Valderrama, 2023b).

Además, se observa una desigualdad geográfica en la oferta de astronomía dentro de los programas de formación docente. Universidades en departamentos como Boyacá, Magdalena, Huila y Antioquia incluyen asignaturas de astronomía en sus planes de estudios, mientras que en la mayoría de las instituciones del país no se ofrece ninguna formación en esta área. Esta disparidad

geográfica refuerza las desigualdades en la formación de los docentes y, en consecuencia, en la calidad de la educación científica que recibirán los estudiantes en diferentes regiones de Colombia, ya que como se ha visto en otros estudios, la mayoría de las estrategias didácticas e investigaciones en el área de la didáctica de la astronomía se desarrolla en universidades de la región centro del país, particularmente Bogotá y Medellín (Valderrama y Navarrete Florez, 2020). En este contexto, la astronomía se ve relegada a un enfoque marginal, siendo ignorada en varias instituciones con tradición en la formación de docentes.

El impacto de esta situación es profundo, ya que la formación docente insuficiente en astronomía perpetúa un ciclo en el que esta disciplina continúa siendo marginal dentro del currículo de las Ciencias Naturales en los niveles escolares. Si bien, algunos docentes en formación han empezado a desarrollar trabajos de grado e intervenciones didácticas en el área (Valderrama et al., 2021a), es necesario que el discurso sobre el acercamiento de la astronomía al currículo sea un tema de discusión en los programas de formación inicial docente del país.

7.3 Desarrollo e Implementación de la actividad académica astronomía para la educación, en la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la UPTC Tunja.

7.3.1 Contexto

La Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la UPTC, es un programa que se destaca como una de las principales iniciativas educativas en la región de Boyacá, y su impacto se extiende más allá del ámbito académico para incluir un papel fundamental en la transformación educativa y social de la región. Este programa ha sido un motor de formación de docentes competentes, especialmente en áreas relacionadas con las ciencias naturales, la educación ambiental y, de forma creciente, la astronomía. La formación que se imparte está basada en un enfoque interdisciplinario, integrador y con un énfasis particular en la sustentabilidad y la sensibilización hacia el ambiente, lo cual es esencial en una región con alta biodiversidad y múltiples ecosistemas de gran valor ecológico (LCNEA, 2017).

A nivel curricular, la LCNEA de la UPTC ha sido diseñada para cumplir con los estándares nacionales de calidad en la educación y, al mismo tiempo, responder a las necesidades específicas de la región. Esto incluye no solo la enseñanza de contenidos científicos, sino también el desarrollo de competencias pedagógicas y didácticas que permitan a los futuros docentes integrar el

conocimiento científico en sus prácticas educativas de manera eficaz. La UPTC, con su tradición de apoyo a la educación científica en Colombia, se ha comprometido a mejorar continuamente los contenidos y metodologías de la licenciatura, promoviendo enfoques que faciliten una comprensión profunda y crítica de las ciencias naturales en sus estudiantes, lo cual es un pilar esencial para abordar los desafíos educativos contemporáneos en Colombia (LCNEA, 2017).

Sin embargo, la inclusión de la astronomía en el currículo de la LCNEA ha sido limitada, y su incorporación formal, como parte del proyecto académico había sido casi nula hasta ahora. A partir del cual, se desarrolla este trabajo de investigación, con el propósito de mejorar el conocimiento disciplinar, así como, incentivar en los futuros docentes la innovación en la creación de estrategias didácticas para la enseñanza de esta ciencia.

7.3.2 Diagnóstico de conocimiento disciplinar y didáctico frente a la enseñanza de la astronomía en la LCNEA UPTC.

7.3.2.1 Conocimientos sobre astronomía en los docentes en formación

Con el fin de reconocer los saberes sobre astronomía que poseen los docentes en formación del Programa, se seleccionó una muestra no aleatoria de 41 estudiantes de octavo semestre. Esta elección se basa en que, para este semestre, los estudiantes han culminado el proceso de fundamentación en ciencias físicas, químicas y biológicas, así como la mayoría de los procesos conceptuales y procedimentales en pedagogía y didáctica. Posteriormente se aplicó el cuestionario evidenciado en la tabla 5, previa validación por expertos de este, para finalmente reconocer los conocimientos sobre astronomía y los posibles vacíos conceptuales frente a dicha disciplina.

Tabla 5 *Cuestionario de reconocimiento sobre conocimientos de astronomía.*

| No. | Pregunta | Opciones | Respuesta Correcta |
|-----|--|---|--------------------|
| 1 | ¿Qué propiedad de las estrellas nos permite clasificarlas en la secuencia principal del diagrama de Hertzsprung-Russell? | a) Magnitud absoluta b) Color c) Periodo de rotación d) Tamaño | b) Color |

- | | | | |
|---|---|--|---|
| 2 | ¿Qué característica es común a los planetas terrestres en nuestro Sistema Solar? | <ul style="list-style-type: none"> a) Presencia de sistemas de anillos b) Altas temperaturas superficiales c) Grandes atmósferas de hidrógeno y helio d) Superficies sólidas | d) Superficies sólidas |
| 3 | ¿Cuál es la principal fuente de energía del Sol? | <ul style="list-style-type: none"> a) Fisión nuclear b) Fusión nuclear c) Reacciones químicas d) Desintegración radiactiva | b) Fusión nuclear |
| 4 | Durante la secuencia principal, ¿en qué proceso se convierte el hidrógeno dentro de una estrella como el Sol? | <ul style="list-style-type: none"> a) Helio por fusión nuclear b) Carbono por fisión nuclear c) Helio por desintegración radiactiva d) Oxígeno por reacciones químicas | a) Helio por fusión nuclear |
| 5 | ¿Qué fenómeno resulta típicamente de la muerte de una estrella masiva? | <ul style="list-style-type: none"> a) Enana blanca b) Anillo de Einstein c) Supernova d) Nebulosa planetaria | c) Supernova |
| 6 | ¿Cuál es la importancia de las estrellas variables Cefeidas en la astronomía? | <ul style="list-style-type: none"> a) Indican la presencia de exoplanetas b) Son un indicador clave de distancias cósmicas c) Son fuentes principales de radiación cósmica d) Representan las estrellas más jóvenes conocidas | b) Son un indicador clave de distancias cósmicas |
| 7 | ¿Qué tipo de galaxia es más común en el Universo observable? | <ul style="list-style-type: none"> a) Espirales b) Elípticas c) Irregulares d) Lenticulares | b) Elípticas |
| 8 | ¿Qué es un quásar? | <ul style="list-style-type: none"> a) Una estrella en la secuencia principal muy masiva b) Un sistema estelar binario en colisión c) El núcleo activo de una galaxia joven y distante d) Una nebulosa que rodea una estrella de neutrones | c) El núcleo activo de una galaxia joven y distante |
| 9 | ¿Cuál es la principal ventaja de un telescopio espacial frente a uno terrestre? | <ul style="list-style-type: none"> a) Mayor tamaño y capacidad de recolección de luz b) Ausencia de la interferencia atmosférica c) Capacidad de detectar señales de radio d) Posibilidad de realizar observaciones en la banda del ultravioleta | b) Ausencia de la interferencia atmosférica |

- | | | | |
|----|--|---|--|
| 10 | ¿En qué región de una nebulosa se inicia típicamente la formación estelar? | <ul style="list-style-type: none"> a) En los bordes exteriores donde la nebulosa se encuentra con el medio interestelar b) En las regiones más frías y densas conocidas como núcleos de condensación c) En las zonas iluminadas por estrellas cercanas d) Alrededor de los remanentes de supernovas | <ul style="list-style-type: none"> b) En las regiones más frías y densas conocidas como núcleos de condensación |
| 11 | ¿Qué característica es crucial para la clasificación de Hubble de las galaxias? | <ul style="list-style-type: none"> a) La edad de sus estrellas b) La velocidad a la que se alejan de nosotros c) La forma y estructura morfológica d) El tamaño de su agujero negro central | <ul style="list-style-type: none"> c) La forma y estructura morfológica |
| 12 | Durante la actividad de observación solar, ¿cuál es el fenómeno que permite estudiar la actividad magnética del Sol? | <ul style="list-style-type: none"> a) Las manchas solares b) Las protuberancias solares c) Los flujos de granulación d) Los vientos solares | <ul style="list-style-type: none"> a) Las manchas solares |
| 13 | ¿Cuál de los siguientes elementos es una evidencia a favor de la existencia de la materia oscura en las galaxias? | <ul style="list-style-type: none"> a) La radiación de fondo de microondas b) La ley de Hubble c) Las curvas de rotación galáctica d) La nucleosíntesis de elementos pesados | <ul style="list-style-type: none"> c) Las curvas de rotación galáctica |
| 14 | ¿Cuál de los siguientes efectos es una consecuencia directa de las tormentas solares sobre la Tierra? | <ul style="list-style-type: none"> a) Incremento en la velocidad del viento solar b) Perturbaciones en la magnetosfera terrestre c) Cambios en la órbita de la Luna d) Aumento de la temperatura atmosférica global | <ul style="list-style-type: none"> b) Perturbaciones en la magnetosfera terrestre |
| 15 | ¿Qué fenómeno causa las mareas oceánicas más extremas, conocidas como mareas vivas? | <ul style="list-style-type: none"> a) El alineamiento del Sol y la Luna en la fase de luna nueva b) La posición de la Luna en el apogeo c) La conjunción inferior de Venus d) El tránsito de Mercurio | <ul style="list-style-type: none"> a) El alineamiento del Sol y la Luna en la fase de luna nueva |
| 16 | ¿Cuál es el efecto de la inclinación axial de la Tierra en la cantidad de radiación solar que recibe una región específica durante el año? | <ul style="list-style-type: none"> a) No tiene efecto, ya que la radiación solar es constante a lo largo del año b) Genera las estaciones climáticas c) Afecta la duración del día y la noche únicamente d) Cambia la velocidad orbital de la Tierra alrededor del Sol | <ul style="list-style-type: none"> b) Genera las estaciones climáticas |

- 17 ¿Qué característica del movimiento de la Luna es crucial para predecir los eclipses solares y lunares?
- a) La sincronización de su órbita elíptica con el eclíptico
 b) La fase lunar en la que se encuentra
 c) El ciclo de la libración lunar
 d) La inclinación de la órbita lunar con respecto a la eclíptica
- d) La inclinación de la órbita lunar con respecto a la eclíptica
- 18 ¿Cómo se utiliza el movimiento aparente de las constelaciones para determinar las estaciones en la Tierra?
- a) Midiendo el cambio en la magnitud aparente de sus estrellas
 b) Observando su posición relativa al Sol al atardecer
 c) Calculando la dispersión de la luz en la atmósfera
 d) Registrando la paralaje estelar a lo largo del año
- b) Observando su posición relativa al Sol al atardecer
- 19 ¿Qué técnica observacional permitiría a un astrónomo aficionado identificar constelaciones y seguir la trayectoria de los planetas a lo largo del año?
- a) El uso de un espectrómetro para analizar la luz estelar
 b) Emplear un radiotelescopio para detectar emisiones de radio
 c) Observación a simple vista apoyada por mapas estelares
 d) Implementación de la fotometría para medir la variabilidad estelar
- c) Observación a simple vista apoyada por mapas estelares
- 20 ¿Qué característica distintiva de Júpiter ha contribuido más a nuestro entendimiento de la dinámica atmosférica de los gigantes gaseosos?
- a) La composición química de su atmósfera rica en hidrógeno y helio
 b) La Gran Mancha Roja, una tormenta anticiclónica persistente
 c) Su sistema de anillos tenues compuestos principalmente de polvo
 d) La presencia de un gran número de lunas que orbitan el planeta
- b) La Gran Mancha Roja, una tormenta anticiclónica persistente
- 21 ¿Cuál es la razón principal que impide que Plutón sea clasificado como un planeta en el contexto de las características definitorias establecidas por la IAU?
- a) Plutón no gira alrededor del Sol
 b) Plutón no ha despejado su órbita de otros objetos
 c) Plutón no es esférico en su forma
 d) Plutón es más pequeño que la Luna
- b) Plutón no ha despejado su órbita de otros objetos
- 22 ¿Cuál de las siguientes afirmaciones describe correctamente una comparación de escalas entre estos cuerpos del Sistema Solar?
- a) La Tierra tiene aproximadamente el mismo tamaño que la luna más grande de Júpiter, Ganimedes
 b) Saturno es menos masivo pero similar en volumen a Júpiter
 c) El Sol podría contener más de un millón de Tierras en su interior
 d) La Vía Láctea y Andrómeda son las únicas galaxias en el Grupo Local más grandes que el Sistema Solar
- c) El Sol podría contener más de un millón de Tierras en su interior

| | | |
|----|---|--|
| 23 | ¿Qué característica distingue a Urano entre los otros planetas gigantes del Sistema Solar? | <p>a) Su composición mayormente de helio e hidrógeno</p> <p>b) Su sistema de anillos más complejo y visible</p> <p>c) Su eje de rotación extremadamente inclinado, casi paralelo al plano de su órbita</p> <p>d) Tener la mayor cantidad de lunas</p> <p>c) Su eje de rotación extremadamente inclinado, casi paralelo al plano de su órbita</p> |
| 24 | ¿Por qué no ocurre un eclipse solar en cada luna nueva, y un eclipse lunar en cada luna llena? | <p>a) Debido a la inclinación del eje de la Tierra</p> <p>b) Porque la órbita de la Luna alrededor de la Tierra está inclinada respecto al plano de la órbita terrestre alrededor del Sol</p> <p>c) Debido a la variación en la distancia entre la Tierra y la Luna</p> <p>d) Porque la velocidad de rotación de la Tierra no está sincronizada con la de la Luna</p> <p>b) Porque la órbita de la Luna alrededor de la Tierra está inclinada respecto al plano de la órbita terrestre alrededor del Sol</p> |
| 25 | ¿Cómo afecta el ciclo solar de aproximadamente 11 años a la Tierra? | <p>a) Causa variaciones significativas en las estaciones de la Tierra</p> <p>b) Afecta la intensidad de las auroras boreales y australes</p> <p>c) Cambia la duración del día y la noche en la Tierra</p> <p>d) Influye en la órbita de la Tierra alrededor del Sol</p> <p>b) Afecta la intensidad de las auroras boreales y australes</p> |
| 26 | ¿Qué ley de Kepler describe la relación entre el período orbital de un planeta y su distancia al Sol? | <p>a) La primera ley de Kepler, que establece que las órbitas de los planetas son elípticas</p> <p>b) La segunda ley de Kepler, que describe la velocidad orbital de los planetas</p> <p>c) La tercera ley de Kepler, que relaciona el cuadrado del período orbital de un planeta con el cubo de la distancia media del Sol</p> <p>c) La tercera ley de Kepler, que relaciona el cuadrado del período orbital de un planeta con el cubo de la distancia media del Sol</p> |

A continuación, se muestra el análisis de las respuestas sobre el conocimiento disciplinar en astronomía dados por los estudiantes, teniendo en cuenta una distribución porcentual de las mismas, así como que estos conocimientos están relacionados con el mapeo curricular sobre los contenidos de astronomía desarrollado anteriormente.

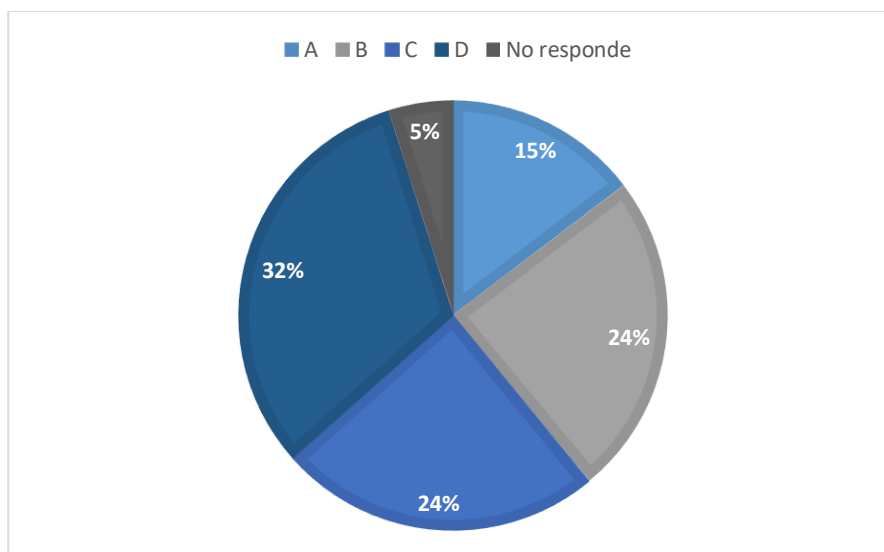
7.3.2.1.1 ¿Qué propiedad de las estrellas nos permite clasificarlas en la secuencia principal del diagrama de Hertzsprung-Russell?

La distribución porcentual de las respuestas a esta pregunta, mostrada en la figura 10, revela una falta de claridad entre los estudiantes sobre la propiedad clave que permite la clasificación de las estrellas en el diagrama de Hertzsprung-Russell. La respuesta correcta es la opción B (Color), ya que este parámetro, en combinación con la luminosidad, es fundamental para ordenar las estrellas en la secuencia principal del diagrama H-R. Sin embargo, solo el 15% de los estudiantes seleccionó esta opción.

La mayoría de los estudiantes (32%) optó por la opción A (Magnitud absoluta), lo cual evidencia una confusión común, dado que, aunque la magnitud absoluta es relevante para comprender la luminosidad de las estrellas, no es el criterio principal para su clasificación en la secuencia principal. Otros grupos de estudiantes se distribuyeron entre las opciones C (24%) y D (24%), lo que también indica una falta de comprensión en este aspecto específico de la clasificación estelar.

La dispersión de las respuestas y la baja proporción de estudiantes que eligieron la opción correcta reflejan la necesidad de reforzar los conceptos relacionados con la clasificación estelar y el diagrama H-R, subrayando la importancia del color y su relación directa con la temperatura de las estrellas.

Figura 10 Resultados de la pregunta 1.



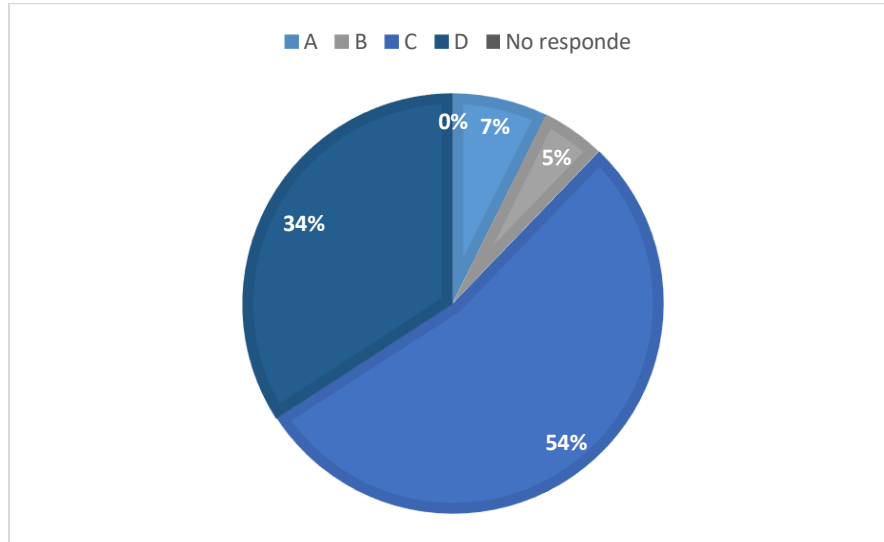
7.3.2.1.2 ¿Qué característica es común a los planetas terrestres en nuestro Sistema Solar?

La distribución de respuestas para esta pregunta, presentada en la figura 11, muestra una significativa dispersión en el conocimiento de los estudiantes respecto a las características distintivas de los planetas terrestres en nuestro Sistema Solar. La opción correcta es la D (Superficies sólidas), que fue seleccionada por el 34% de los estudiantes, indicando que una porción de ellos reconoce correctamente la característica principal de los planetas terrestres. Sin embargo, esta respuesta no fue mayoritaria, lo cual sugiere áreas de mejora en la comprensión de este concepto.

Por otro lado, la mayoría de los estudiantes (54%) seleccionaron incorrectamente la opción C (Grandes atmósferas de hidrógeno y helio), que es una característica propia de los planetas gaseosos, no de los planetas terrestres. Esto refleja una confusión frecuente, probablemente vinculada a la falta de claridad en la diferenciación entre planetas terrestres y gigantes gaseosos en términos de sus características atmosféricas y de superficie.

Un pequeño porcentaje optó por las opciones A (7%) y B (5%), lo cual también indica una falta de comprensión, aunque en menor medida. La opción A (Presencia de sistemas de anillos) es una característica de ciertos planetas gigantes como Saturno y Júpiter, y la opción B (Altas temperaturas superficiales) puede ser parcialmente cierta para Venus, pero no es una característica común a todos los planetas terrestres.

De esta manera, la alta proporción de respuestas incorrectas destaca la necesidad de fortalecer la instrucción sobre la clasificación de planetas, haciendo énfasis en las diferencias entre planetas terrestres y gigantes gaseosos, particularmente en lo que respecta a su composición y características atmosféricas y de superficie.

Figura 11 *Respuestas a la pregunta 2.*

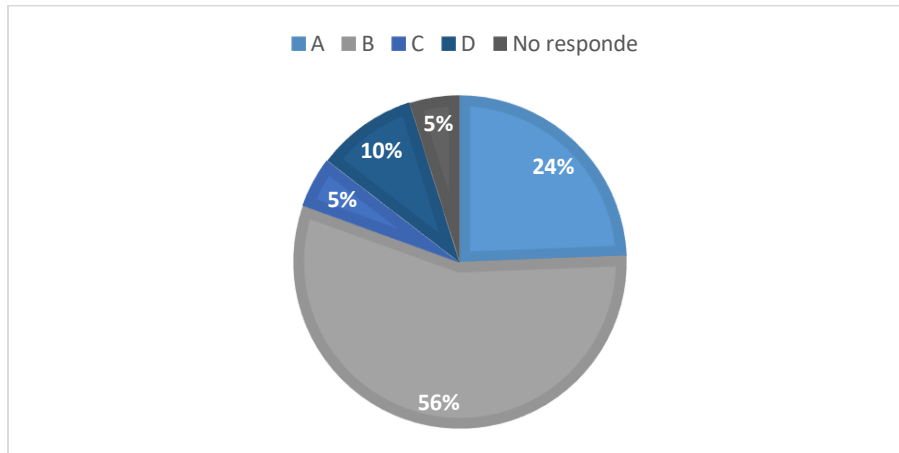
7.3.2.1.3 ¿Cuál es la principal fuente de energía del Sol?

La distribución porcentual de las respuestas a la pregunta sobre la fuente de energía del Sol, reflejada en la figura 12, muestra que la mayoría de los estudiantes, el 56%, seleccionaron la opción correcta (B) "Fusión nuclear". Este resultado es positivo, ya que la fusión nuclear es efectivamente el proceso principal mediante el cual el Sol genera energía, convirtiendo hidrógeno en helio en su núcleo.

Sin embargo, el 24% de los estudiantes eligió la opción A (Fisión nuclear), lo cual es un error conceptual importante. La fisión nuclear es el proceso de dividir átomos, generalmente utilizado en reactores nucleares en la Tierra, pero no ocurre en el Sol. Este porcentaje indica una confusión entre los procesos de fusión y fisión, que podría deberse a una falta de claridad en la enseñanza de las diferencias fundamentales entre ambos procesos.

Otros estudiantes se inclinaron por opciones menos relacionadas: el 10% seleccionó la opción D (Desintegración radiactiva) y el 5% optó por C (Reacciones químicas). La presencia de estas respuestas, aunque en menor proporción, sugiere que algunos estudiantes aún no diferencian claramente las reacciones nucleares en el contexto de la generación de energía estelar.

En general, aunque más de la mitad de los estudiantes seleccionaron la respuesta correcta, la dispersión de respuestas incorrectas resalta la necesidad de reforzar los conceptos sobre las fuentes de energía nuclear y su aplicación específica en el contexto astronómico, enfatizando las diferencias entre fusión y fisión en la estructura y funcionamiento de las estrellas.

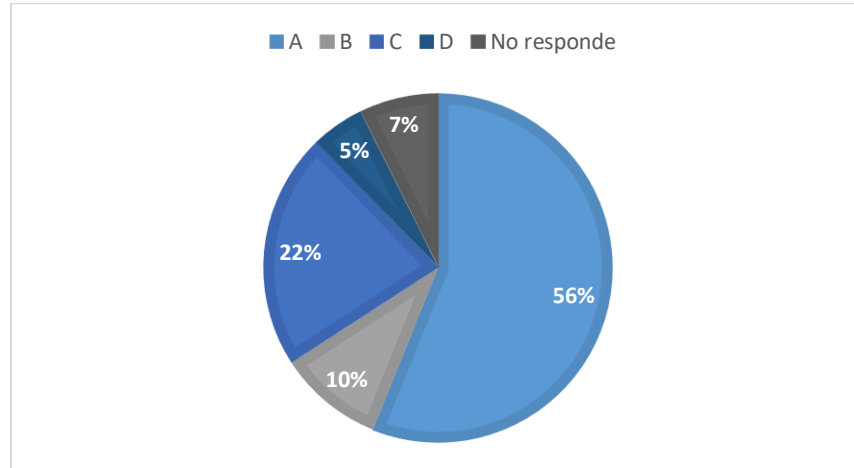
Figura 12 *Respuestas a la pregunta 3.*

7.3.2.1.4 Durante la secuencia principal, ¿en qué se convierte el Hidrogeno y por medio de qué proceso en una estrella como el Sol?

La distribución de respuestas para esta pregunta, representada en la figura 13, evidencia que el 56% de los estudiantes seleccionaron la opción A ("Helio por fusión nuclear"), que es la respuesta correcta. Este resultado indica que la mayoría de los estudiantes comprenden el proceso de fusión nuclear en el que el hidrógeno se convierte en helio, una reacción fundamental para la generación de energía en estrellas de tipo solar durante su fase en la secuencia principal.

Sin embargo, es notable que un 22% de los estudiantes eligió la opción C y un 10% seleccionó la opción B. Estas respuestas incorrectas sugieren una confusión sobre los procesos nucleares en las estrellas, ya que ambas opciones no representan la realidad de cómo las estrellas producen energía en la secuencia principal. La dispersión en las respuestas incorrectas evidencia la necesidad de enfatizar los procesos de fusión en el contexto de la astrofísica estelar, aclarando que la fusión de hidrógeno en helio es el principal mecanismo en esta fase estelar.

Finalmente, un 7% de los estudiantes no respondió a esta pregunta, lo cual puede reflejar falta de seguridad o desconocimiento sobre el tema. Este aspecto resalta la importancia de reforzar los conceptos de nucleosíntesis estelar en el currículo, para asegurar una comprensión sólida entre los futuros docentes en ciencias naturales.

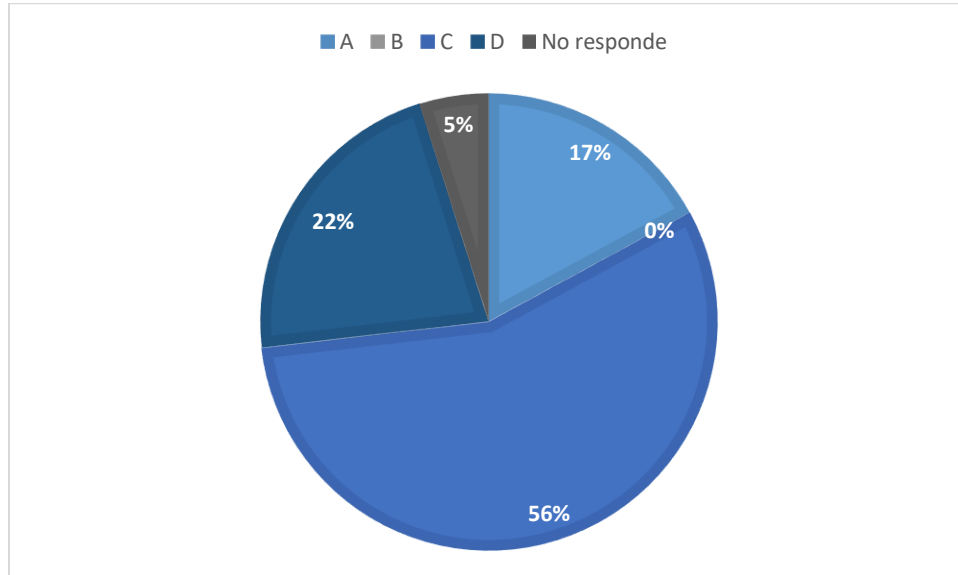
Figura 13 *Respuestas a la pregunta 4.*

7.3.2.1.5 ¿Qué fenómeno resulta típicamente de la muerte de una estrella masiva?

La distribución de respuestas en la figura 14 muestra que el 56% de los estudiantes identificó correctamente la respuesta C (Supernova), entendiendo que una supernova es el fenómeno característico resultante del colapso de una estrella masiva. Este evento marca una de las fases finales en la vida de dichas estrellas y está asociado con una liberación intensa de energía que dispersa gran parte de la masa estelar en el espacio.

Sin embargo, el 17% de los estudiantes eligió la opción A (Enana blanca), lo cual sugiere una confusión en cuanto a los remanentes estelares. Las enanas blancas son el resultado del colapso de estrellas de menor masa, no de estrellas masivas, que requieren una mayor cantidad de energía para alcanzar la fase de supernova. Por otro lado, el 22% seleccionó D (Nebulosa planetaria), un fenómeno asociado también a la evolución final de estrellas de menor masa que no llegan a colapsar en supernovas. Este error refleja una falta de comprensión sobre la relación entre la masa estelar y su desenlace evolutivo.

La dispersión en las respuestas incorrectas sugiere que sería beneficioso reforzar los conceptos sobre las etapas finales de la evolución estelar y sus diferentes resultados según la masa inicial de la estrella. Aclarar estos aspectos permitiría a los estudiantes distinguir entre los distintos remanentes estelares (supernovas, enanas blancas, y nebulosas planetarias) y comprender mejor los procesos de evolución estelar.

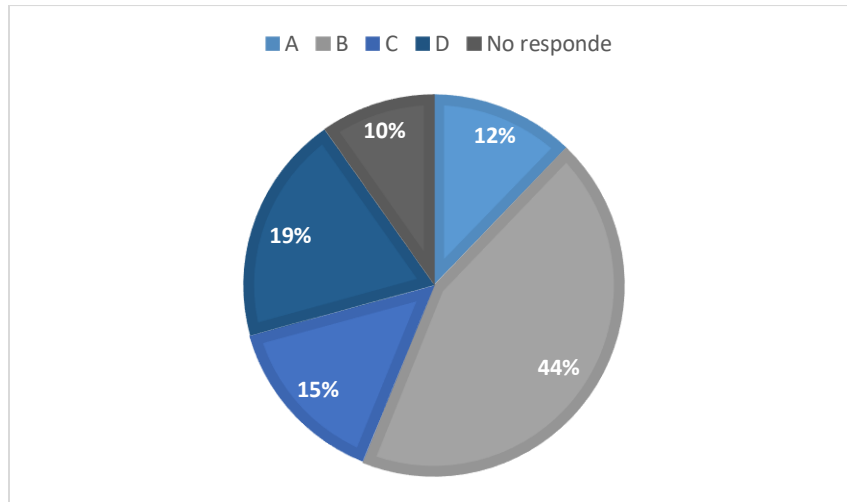
Figura 14 *Respuestas a la pregunta 5.*

7.3.2.1.6 Importancia de las Estrellas Variables Cefeidas en la Astronomía

La distribución de respuestas en la pregunta 6, mostrada en la figura 15 correspondiente, revela que el 44% de los estudiantes seleccionaron la respuesta correcta, la opción B, que identifica a las estrellas variables Cefeidas como un indicador clave de distancias cósmicas. Este resultado refleja que menos de la mitad de los encuestados comprendieron el papel esencial de las Cefeidas en la astronomía, específicamente en la determinación de la escala del universo a través de su relación entre luminosidad y período de pulsación.

Sin embargo, el 56% restante de los estudiantes eligió respuestas incorrectas o no respondió. Un 19% optó por la opción D, lo que podría sugerir una confusión con otros tipos de fuentes cósmicas o fenómenos astronómicos. La selección de la opción C por el 15% de los estudiantes también indica una posible falta de claridad sobre las características y funciones de las estrellas variables en el contexto de la astronomía observacional. La dispersión en las respuestas incorrectas y el porcentaje de estudiantes que no respondieron (10%) destacan la necesidad de una instrucción más focalizada sobre la utilidad de las Cefeidas como "velas estándar" en la medición de distancias cósmicas.

Figura 15 *Respuestas a la pregunta 6.*

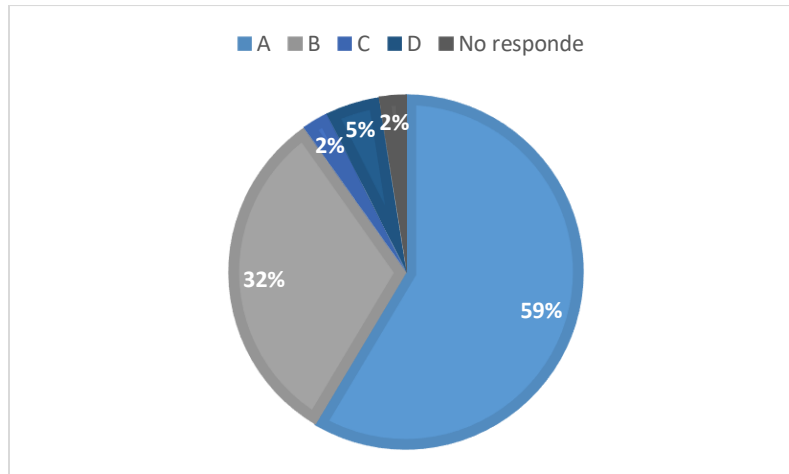


7.3.2.1.7 ¿Qué tipo de galaxia es más común en el universo observable?

La distribución de respuestas en la Pregunta 7 evidenciadas en la figura 16 muestra una tendencia clara, con el 59% de los estudiantes seleccionando la opción correcta, la alternativa A. Esta elección es acertada, ya que esta opción representa el tipo de galaxia más común en el universo observable, las galaxias elípticas. Sin embargo, el 32% de los participantes no respondió a esta pregunta, lo cual es notable y sugiere una posible falta de seguridad o de conocimientos sólidos sobre las estructuras galácticas.

Por otro lado, un 13% seleccionó la opción B (galaxias espirales), que, aunque también son comunes y bien conocidas por su forma distintiva, no son las más numerosas. La baja elección de las alternativas C y D (2% y 5% respectivamente) indica que la mayoría de los estudiantes reconocen que estas opciones (galaxias irregulares y lenticulares) no corresponden al tipo de galaxia predominante en el universo. Esta dispersión en las respuestas sugiere la necesidad de reforzar conceptos básicos de clasificación galáctica en el currículo, asegurando que los estudiantes comprendan las diferencias y prevalencias de las diversas estructuras galácticas en el cosmos.

Figura 16 Respuestas a la pregunta 7.



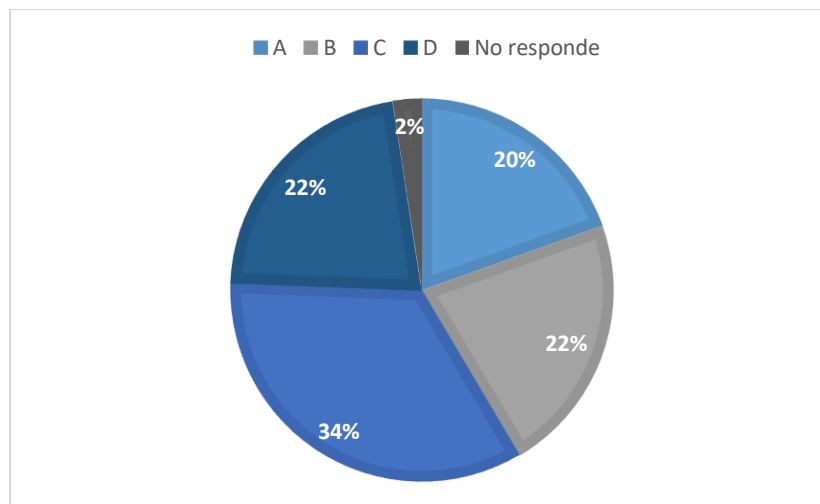
7.3.2.1.8 ¿Qué es un Quásar?

La distribución de respuestas para la Pregunta 8, como se observa en la figura 17, presenta una dispersión notable entre las opciones, indicando una falta de consenso entre los estudiantes. La respuesta correcta en este caso es la opción C, seleccionada por el 34% de los participantes, que representa el núcleo activo de una galaxia joven y distante, la definición correcta de un quásar.

A pesar de que esta respuesta obtuvo el porcentaje más alto de selección, más de la mitad de los estudiantes eligieron otras opciones, distribuyéndose entre la opción B (22%), que describe un sistema estelar binario en colisión, y la opción D (22%), que se refiere a una nebulosa alrededor de una estrella de neutrones. Esta dispersión de respuestas sugiere una comprensión parcial o incorrecta del concepto de quásar y de sus características distintivas en el contexto de la astronomía.

Este resultado evidencia la necesidad de reforzar la enseñanza de conceptos específicos relacionados con fenómenos extra galácticos y objetos astronómicos de alta energía, tales como los quásares. Enfatizar las propiedades de estos fenómenos y su rol en el estudio de galaxias jóvenes y activas podría contribuir a mejorar la comprensión de los estudiantes sobre temas de astrofísica avanzada.

Figura 17 Respuestas a la pregunta 8.



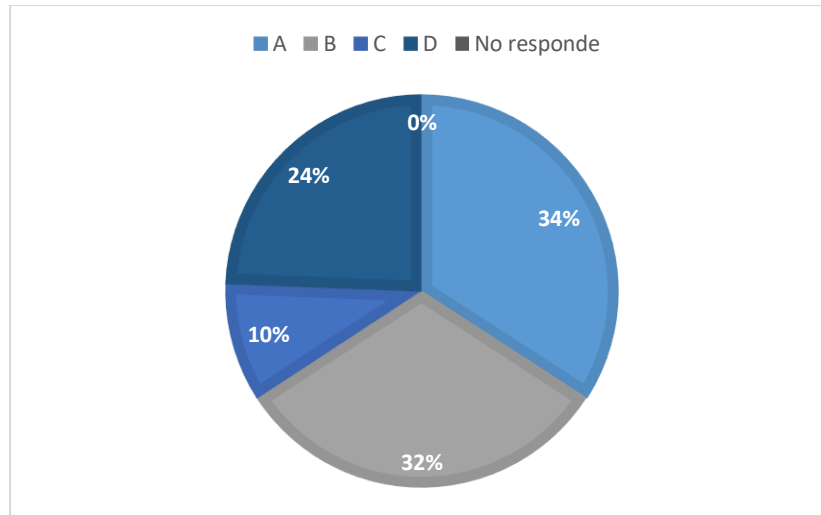
7.3.2.1.9 ¿Cuál es la principal ventaja de un telescopio espacial frente a uno terrestre?

Para la Pregunta 9, en la que se cuestiona la principal ventaja de un telescopio espacial frente a uno terrestre, los resultados reflejados en la figura 18 muestran una comprensión fragmentada sobre los aspectos técnicos de la observación astronómica en el espacio versus en la Tierra. La respuesta correcta es la opción B, que indica la "Ausencia de la interferencia atmosférica". Sin embargo, solo el 32% de los estudiantes eligieron esta opción.

La mayoría de los estudiantes, un 34%, seleccionó la opción A ("Mayor tamaño y capacidad de recolección de luz"), lo que evidencia una confusión común en la relación entre el tamaño del telescopio y su ubicación. Aunque los telescopios espaciales tienen ciertas ventajas, no necesariamente son más grandes que los terrestres, sino que su ubicación fuera de la atmósfera terrestre permite una observación más clara y sin las distorsiones atmosféricas. Un 24% de los estudiantes eligió la opción D ("Posibilidad de realizar observaciones en la banda del ultravioleta"), lo cual muestra cierta comprensión parcial, ya que, aunque es una ventaja de los telescopios espaciales, no es la razón principal de su ventaja sobre los telescopios terrestres.

Estos resultados subrayan la necesidad de reforzar los conocimientos en torno a las especificaciones técnicas y las ventajas que brinda la observación astronómica desde el espacio, enfatizando en cómo la atmósfera afecta la observación y cómo la tecnología espacial ayuda a superar estas limitaciones.

Figura 18 Respuestas a la pregunta 9.



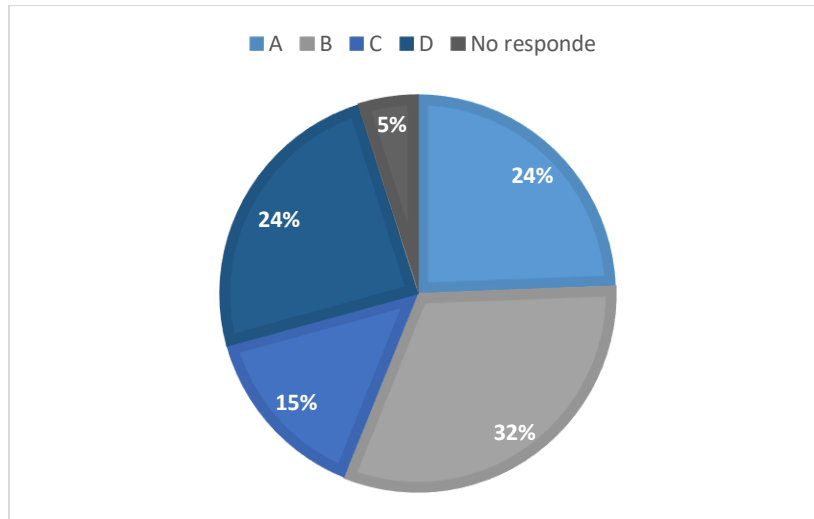
7.3.2.1.10 *¿En qué región de una nebulosa se inicia típicamente la formación estelar?*

En la figura 19, se observa una distribución amplia de respuestas entre las opciones disponibles. La mayoría de los estudiantes se inclinaron por la opción B (32%), seguida muy de cerca por las opciones A y D, ambas con un 24% de selección. La opción C fue elegida por el 15% de los participantes, y un 5% no respondió.

El resultado indica una considerable dispersión en el conocimiento de los estudiantes respecto al fenómeno específico de formación estelar en nebulosas. Esta variedad en las respuestas podría sugerir una confusión entre las diferentes etapas de la formación estelar o entre los tipos de nebulosas y sus características. La dispersión de respuestas sugiere que los estudiantes pueden tener dificultades para distinguir entre las condiciones que favorecen la formación estelar en regiones densas y frías de las nebulosas, lo que refleja una posible brecha en la comprensión detallada de este proceso astrofísico.

Este patrón evidencia la necesidad de profundizar en los aspectos específicos de la formación estelar en el contexto de nebulosas, con un énfasis en las condiciones físicas y químicas necesarias para que se inicie el colapso gravitacional en las regiones de condensación. Esto permitiría a los estudiantes afianzar su comprensión de los procesos iniciales de la formación de estrellas y el papel crucial que desempeñan las nebulosas en este contexto.

Figura 19 *Respuestas a la pregunta 10.*



7.3.2.1.11 ¿Qué característica es crucial para la clasificación de Hubble de las galaxias?

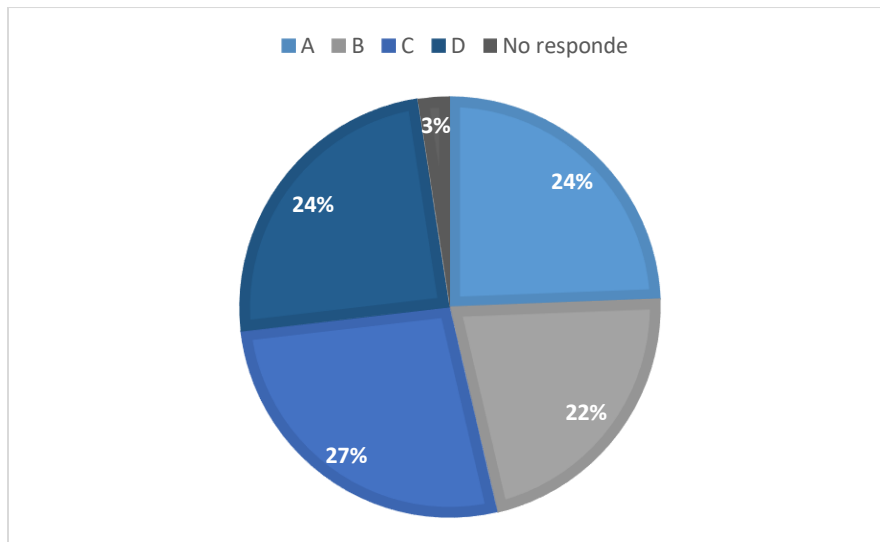
La distribución de respuestas en la figura 20, muestran los resultados de la Pregunta 11, donde es notable una dispersión entre las opciones, reflejando la diversidad en las concepciones de los estudiantes sobre las características clave para la clasificación de galaxias según Hubble. La opción correcta es la C (La forma y estructura morfológica), que fue seleccionada por el 27% de los estudiantes. Esta característica es fundamental en el esquema de clasificación de Hubble, ya que distingue entre galaxias elípticas, espirales e irregulares basándose en su apariencia estructural.

Sin embargo, la proporción de estudiantes que eligió otras opciones es significativa. Un 24% seleccionó tanto la opción A (La edad de sus estrellas) como la D (El tamaño de su agujero negro central), lo que indica una confusión sobre los criterios empleados en el sistema de Hubble. Estas respuestas sugieren una posible interpretación errónea de que factores como la edad estelar o la presencia de agujeros negros son determinantes en la clasificación, cuando en realidad estos aspectos son secundarios o están relacionados con otras características físicas de las galaxias.

Por otra parte, la opción B (La velocidad a la que se alejan de nosotros), elegida por el 22%, podría reflejar una confusión con el concepto de redshift y la expansión del universo, conceptos que, aunque importantes en la astronomía, no son criterios clasificatorios en el esquema de Hubble. El 3% que no respondió evidencia que una minoría de estudiantes puede tener dudas o falta de conocimientos suficientes sobre el tema.

Estos resultados destacan la necesidad de profundizar en los criterios morfológicos de clasificación galáctica y en cómo esta clasificación permite comprender mejor las diferentes formas y evoluciones de las galaxias.

Figura 20 *Respuestas a la pregunta 11.*



7.3.2.1.12 Durante la actividad de observaciones solar, ¿Cuál es el fenómeno que permite estudiar la actividad magnética del Sol?

La figura 21 muestra una distribución diversa de respuestas de los estudiantes respecto al fenómeno que permite estudiar la actividad magnética del Sol. En este caso, la respuesta correcta es la opción D (protuberancias solares), seleccionada por el 34% de los participantes. Esta elección refleja que una porción significativa de estudiantes tiene un entendimiento acertado sobre la relación entre las protuberancias solares y la actividad magnética del Sol. Sin embargo, el hecho de que menos de la mitad de los estudiantes haya seleccionado la opción correcta sugiere que el conocimiento sobre los distintos fenómenos solares no está completamente consolidado.

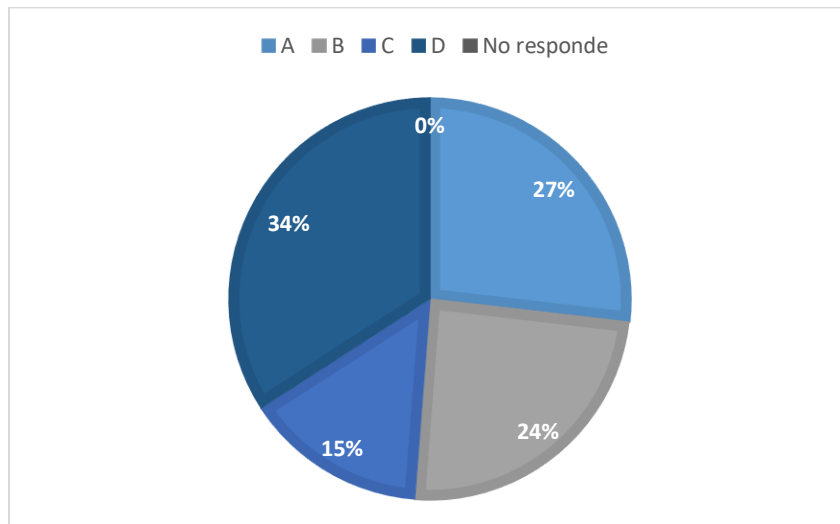
Una proporción relevante, del 27%, eligió la opción A (manchas solares), lo cual es comprensible dada la prominencia de las manchas en los estudios de la actividad solar, aunque estas están más relacionadas con variaciones en la intensidad del campo magnético en la fotosfera que con la manifestación directa de actividad magnética observable en la atmósfera solar. Además, un 24% de los estudiantes seleccionó la opción B (flujos de granulación), y un 15% la opción C

(vientos solares), lo que indica una falta de claridad en cuanto a la función específica de estos fenómenos en el contexto de la actividad magnética solar.

Esta dispersión en las respuestas apunta a una confusión subyacente entre los distintos fenómenos solares y su relación con el campo magnético solar. Las protuberancias solares son grandes estructuras de gas caliente y magnetizado que sobresalen de la superficie solar y se sostienen en bucles magnéticos, lo que las convierte en indicadores claros de la actividad magnética en la atmósfera solar. Su estudio es fundamental para comprender mejor los cambios en el campo magnético del Sol y su influencia en el clima espacial.

Este resultado evidencia la necesidad de fortalecer el enfoque didáctico en torno a los fenómenos magnéticos del Sol, distinguiendo claramente entre las características y efectos de las manchas solares, los flujos de granulación y los vientos solares, y profundizando en la función de las protuberancias solares como expresión de la actividad magnética en la atmósfera solar. A través de este enfoque, se podría lograr que los estudiantes desarrollen una comprensión más precisa de estos fenómenos, contribuyendo así a un conocimiento integral de la dinámica solar y su impacto en el entorno espacial.

Figura 21 Respuestas a la pregunta 12.



7.3.2.1.13 ¿Cuál de los siguientes elementos es una consecuencia directa de las tormentas solares sobre la Tierra?

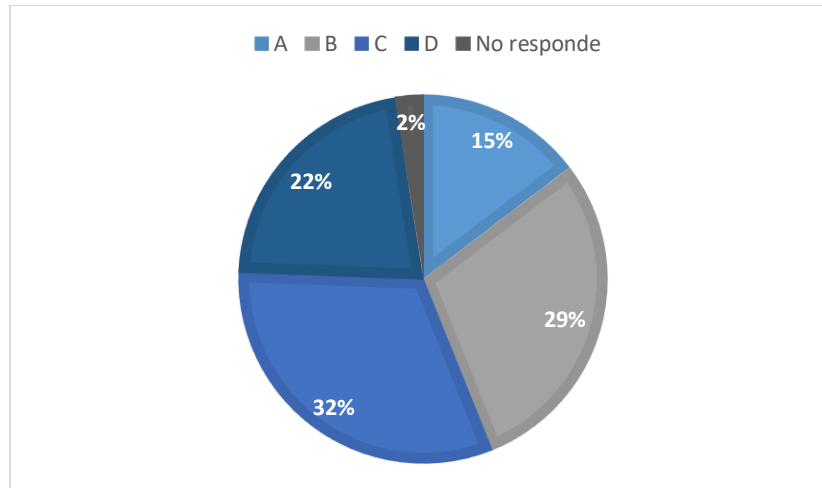
La distribución porcentual en las respuestas a la pregunta 13, ilustrada en la figura 22, pone de manifiesto un entendimiento heterogéneo entre los estudiantes respecto a la evidencia que apoya la existencia de materia oscura en las galaxias. La opción correcta es la C (Curvas de rotación galáctica), seleccionada por el 32% de los estudiantes. Este fenómeno es uno de los principales indicios observacionales de la materia oscura, ya que la velocidad de rotación de las estrellas en las galaxias sugiere la presencia de una masa no visible que influye en la dinámica galáctica.

Sin embargo, el hecho de que un 29% de los estudiantes optara por la opción B (Ley de Hubble) revela una confusión. Aunque la Ley de Hubble es relevante en el contexto de la expansión del universo, no está directamente relacionada con la evidencia de materia oscura en las galaxias. Además, el 22% seleccionó la opción D (Nucleosíntesis de elementos pesados), lo cual es incorrecto, ya que la nucleosíntesis se relaciona más con la formación de elementos en el universo temprano que con la dinámica de las galaxias.

El 15% de los estudiantes eligió la opción A (Radiación de fondo de microondas), lo que también indica una desconexión en su comprensión, ya que la radiación de fondo no proporciona evidencia de materia oscura en las galaxias, sino más bien del modelo de Big Bang y la evolución temprana del universo. Finalmente, un 2% de estudiantes no respondió esta pregunta, lo cual es mínimo, pero sugiere una posible falta de claridad en algunos estudiantes respecto a la formulación de la pregunta o el concepto en cuestión.

Este patrón de respuestas subraya la necesidad de reforzar conceptos sobre las bases observacionales de la materia oscura, destacando la importancia de las curvas de rotación galáctica como evidencia clave, y clarificando la diferencia entre las distintas líneas de evidencia cosmológica y galáctica.

Figura 22 *Respuestas a la pregunta 13.*



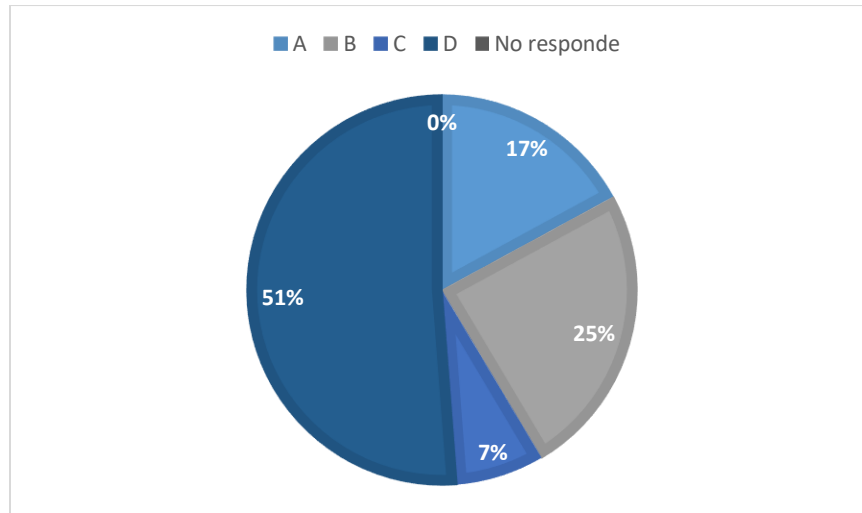
7.3.2.1.14 ¿Cuál de los siguientes efectos es una consecuencia directa de las tormentas solares sobre la Tierra?

En la figura 23 de la Pregunta 14, se observa que la mayoría de los estudiantes, el 51%, seleccionó la opción D como respuesta, que es la opción correcta. Esta pregunta indaga sobre las consecuencias de las tormentas solares en la Tierra, y la opción correcta señala las perturbaciones en la magnetosfera terrestre como uno de los efectos más relevantes.

Un 25% de los estudiantes optó por la opción B, lo cual podría indicar una comprensión parcial del tema, ya que las tormentas solares sí están relacionadas con fenómenos como las auroras, pero la perturbación de la magnetosfera es el efecto principal en términos geofísicos. Un 17% seleccionó la opción A y un 7% la opción C, lo cual evidencia confusión, pues estos efectos no son resultado directo de las tormentas solares.

La distribución de respuestas refleja una comprensión general adecuada del fenómeno, aunque también destaca la necesidad de aclarar los efectos específicos de las tormentas solares y su impacto sobre el entorno terrestre, especialmente para aquellos estudiantes que eligieron opciones incorrectas.

Figura 23 *Respuestas a la pregunta 14.*

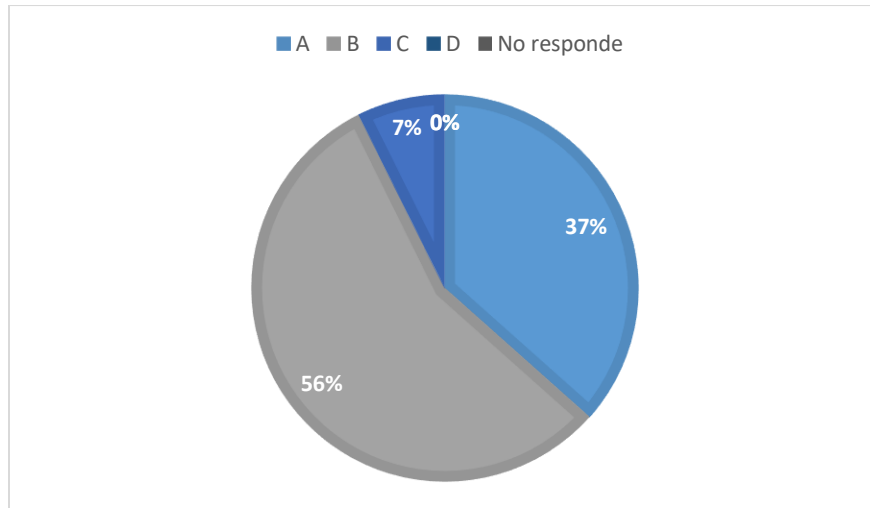


7.3.2.1.15 ¿Qué fenómenos causa las mareas oceánicas más extremas, conocidas como mareas vivas?

La distribución de respuestas en la pregunta 15, representada en la figura 24, evidencia una tendencia mayoritaria hacia la opción B (56%), seguida de la opción A (37%), mientras que las opciones C y D registran porcentajes marginales de 7% y 0% respectivamente. La opción correcta para esta pregunta es la B, la cual describe el fenómeno de alineación del Sol y la Luna en la fase de luna nueva como causante de las mareas vivas, un evento que maximiza la atracción gravitacional combinada de estos cuerpos celestes sobre los océanos de la Tierra.

El hecho de que la mayoría de los estudiantes haya seleccionado la opción correcta indica un entendimiento básico de los factores gravitacionales que influyen en los fenómenos de marea. Sin embargo, el 37% de los encuestados seleccionó la opción A, lo cual sugiere una confusión residual entre los estudiantes respecto a los mecanismos que producen variaciones en las mareas. Esta confusión podría estar vinculada a una falta de claridad sobre cómo el ciclo lunar específico de alineación afecta la intensidad de las mareas en contraposición a otros eventos astronómicos. Este resultado sugiere que sería beneficioso reforzar la comprensión de la influencia de la alineación entre cuerpos celestes en la dinámica de las mareas para aclarar el concepto entre los estudiantes.

Figura 24 *Respuestas a la pregunta 15.*

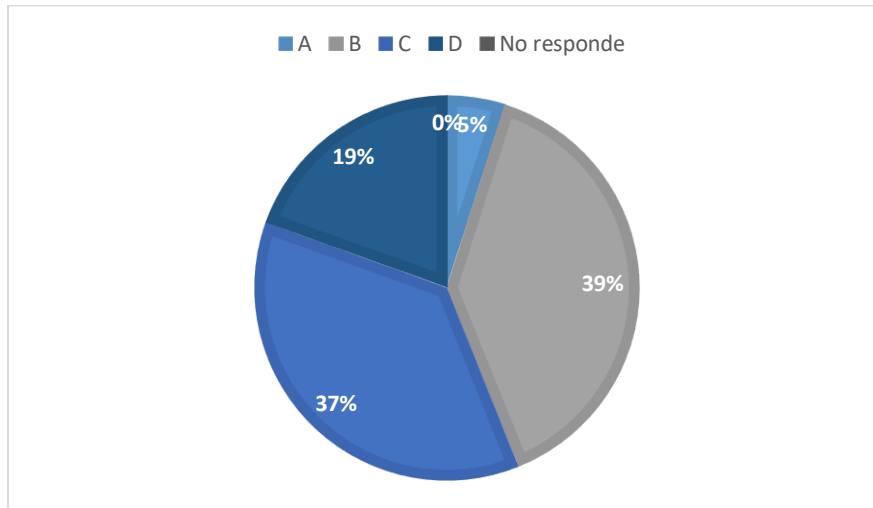


7.3.2.1.16 ¿Cuál es el efecto de la inclinación axial de la Tierra en la cantidad de radiación solar que recibe una región específica durante el año?

La distribución de respuestas para la Pregunta 16, ilustrada en la figura 25, muestra una diversidad en la comprensión de los estudiantes sobre los efectos de la inclinación axial de la Tierra en la cantidad de radiación solar que recibe una región específica durante el año. La opción correcta, que corresponde a la explicación de la generación de las estaciones climáticas debido a la inclinación axial, fue seleccionada por el 37% de los estudiantes. Esta cifra, aunque representativa, indica que existe un porcentaje significativo de estudiantes que aún presentan confusiones conceptuales sobre el tema.

El 39% de los estudiantes seleccionaron la opción incorrecta D, que implica una confusión al pensar que la inclinación axial afecta la duración de las estaciones únicamente, sin vincular este efecto con la variación de la radiación solar. Esto evidencia una interpretación parcial del fenómeno y su impacto en el clima terrestre. Otros estudiantes, un 19%, seleccionaron la opción B, que sugiere que únicamente la duración del día y la noche cambia, mientras que un pequeño grupo (5%) eligió la opción A, la cual refleja un desconocimiento notable al considerar que la inclinación no afecta la radiación solar recibida.

Este patrón de respuestas señala la necesidad de reforzar la enseñanza sobre los fundamentos de la dinámica terrestre y su relación con los cambios estacionales, enfatizando la influencia de la inclinación axial en la cantidad de radiación solar que alcanza diferentes latitudes a lo largo del año.

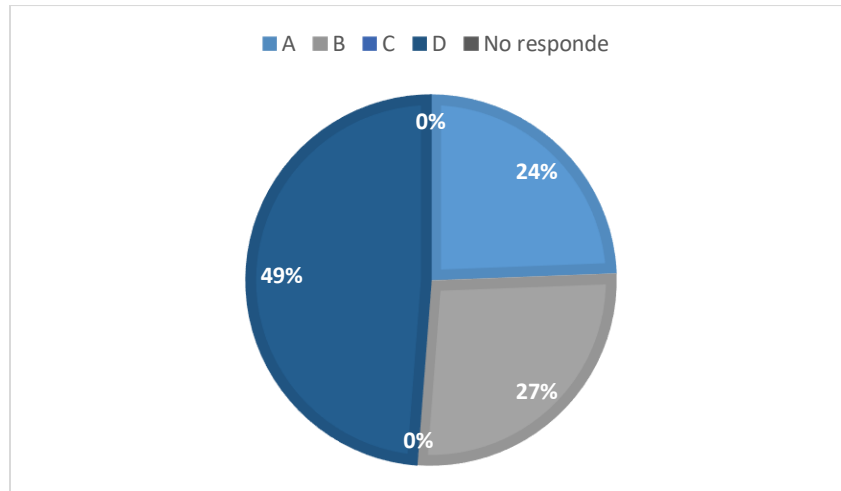
Figura 25 *Respuestas a la pregunta 16.*

7.3.2.1.17 ¿Qué característica del movimiento de la Luna es crucial para predecir los eclipses solares y lunares?

La distribución de respuestas para la pregunta 17, representada en la figura 26, evidencia que casi la mitad de los estudiantes (49%) seleccionaron la opción D, que es la respuesta correcta. Esto sugiere que un número considerable de los participantes tiene un conocimiento adecuado sobre la característica del movimiento lunar crucial para predecir eclipses solares y lunares. Sin embargo, el hecho de que el otro 51% se distribuyera entre las opciones incorrectas A (24%) y B (27%) refleja que aún existe una confusión significativa respecto a este concepto astronómico.

La opción B fue seleccionada por el 27% de los estudiantes, lo cual indica una posible confusión en cuanto a la relación entre las fases lunares y los eclipses, mientras que el 24% que eligió la opción A parece mostrar un entendimiento erróneo sobre la sincronización orbital como factor determinante. Este resultado sugiere la necesidad de profundizar en la enseñanza de la inclinación orbital de la Luna y su impacto en la ocurrencia de los eclipses, asegurando que los estudiantes comprendan este factor crítico en la mecánica celeste.

Figura 26 *Respuestas a la pregunta 17.*



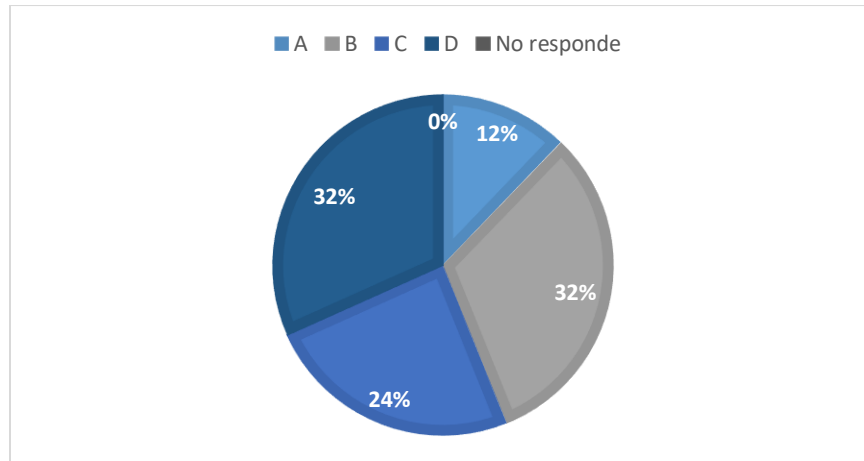
7.3.2.1.18 ¿Cómo se utiliza el movimiento aparente de las constelaciones para determinar las estaciones en la Tierra?

En la pregunta 18, que indaga sobre el movimiento aparente de las constelaciones para determinar las estaciones en la Tierra, se observa una notable dispersión en las respuestas de los estudiantes, lo que sugiere cierta ambigüedad en la comprensión de este concepto astronómico. La opción correcta es la B, que indica que las estaciones se determinan observando la posición relativa de las constelaciones al Sol en el atardecer. Sin embargo, solo el 32% de los estudiantes seleccionó esta opción (figura 27).

Un porcentaje igual, otro 32%, eligió la opción D, lo que muestra una confusión acerca de la técnica de paralaje estelar, que, aunque es utilizada en astronomía, no es relevante para determinar las estaciones en la Tierra. La opción C fue seleccionada por el 24% de los estudiantes, mientras que la opción A, elegida por el 12%, también refleja conceptos erróneos sobre la función de las constelaciones en relación con las estaciones.

Esta distribución de respuestas señala la necesidad de fortalecer la enseñanza de los métodos astronómicos básicos y cómo estos se emplean para interpretar fenómenos estacionales. Una actividad que permita a los estudiantes observar la relación entre la posición del Sol, las constelaciones y la duración del día y la noche en diferentes épocas del año podría ser útil para consolidar su comprensión de este tema fundamental.

Figura 27 *Respuestas a la pregunta 18.*



7.3.2.1.19 ¿Qué técnica observacional permitiría a un astrónomo aficionado identificar constelaciones y seguir la trayectoria de los planetas a lo largo del año?

En la Pregunta 19, la figura 28 refleja que el 49% de los estudiantes seleccionó correctamente la opción C. Este alto porcentaje sugiere que casi la mitad de los encuestados tiene una comprensión adecuada del tema en cuestión, lo cual es alentador en términos de conocimiento básico sobre el área evaluada. Sin embargo, el hecho de que solo el 49% haya elegido la respuesta correcta también implica que una proporción significativa aún muestra dificultades o confusión.

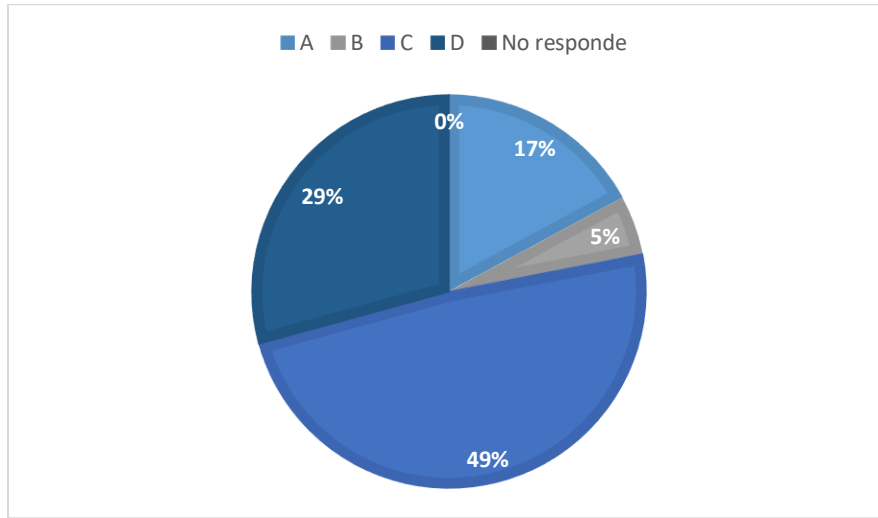
Un 29% de los estudiantes optó por la opción D, lo cual revela que una parte considerable del grupo podría estar interpretando de forma errónea conceptos relacionados, probablemente confundiendo detalles específicos o aspectos superficiales que, aunque son similares, no constituyen la respuesta correcta. Este patrón de respuesta podría indicar una comprensión parcial o una posible confusión conceptual en torno al tema, lo cual merece una revisión didáctica en futuras sesiones.

Además, un 17% de los estudiantes eligió la opción A, lo cual podría señalar una tendencia a interpretar erróneamente los elementos clave de la pregunta, tal vez debido a una falta de precisión en la distinción de los conceptos que la fundamentan. La opción B fue seleccionada solo por el 5% de los participantes, lo cual indica que muy pocos estudiantes se desviaron hacia esta alternativa, y que, en general, es una opción menos confundida con la respuesta correcta.

La ausencia de respuestas en blanco sugiere un interés generalizado por responder la pregunta, lo que podría reflejar un nivel de compromiso o disposición para participar en el cuestionario. Sin embargo, la variabilidad en las respuestas demuestra que aún existen lagunas

conceptuales que deben ser abordadas. Esta dispersión en la selección de opciones sugiere la necesidad de implementar estrategias pedagógicas que fortalezcan la comprensión integral de los conceptos evaluados, especialmente aquellos que generaron una mayor confusión, con énfasis en la diferenciación de términos y en la precisión conceptual.

Figura 28 Respuestas a la pregunta 19.



7.3.2.1.20 ¿Qué característica distintiva de Júpiter ha contribuido más a nuestro entendimiento de la dinámica atmosférica de los gigantes gaseosos?

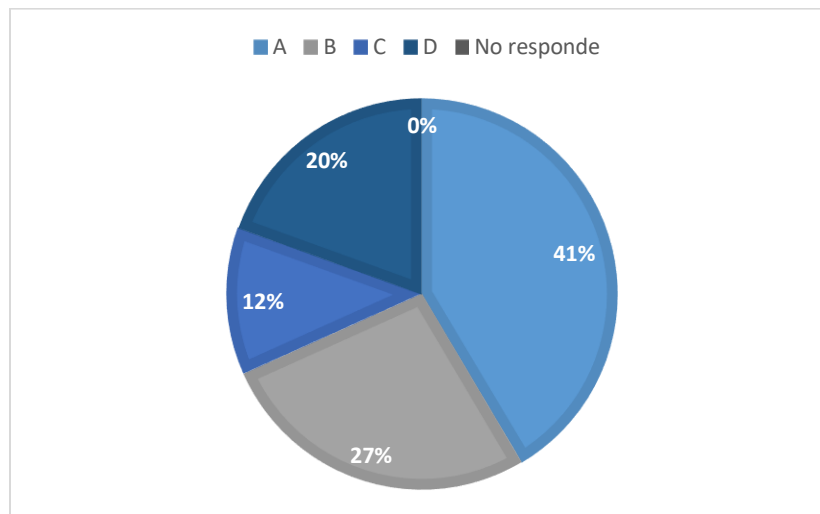
La distribución de respuestas para la pregunta 20, representada en la figura 29, revela que el 41% de los estudiantes eligió la opción A (La composición química de su atmósfera rica en hidrógeno y helio), la cual es la respuesta correcta. Esto sugiere un buen nivel de comprensión entre una porción de los estudiantes sobre el factor clave que ha permitido avanzar en el estudio de las atmósferas de los gigantes gaseosos. La opción A destaca la importancia de la composición atmosférica de Júpiter, especialmente su alto contenido de hidrógeno y helio, en el análisis de su dinámica atmosférica.

No obstante, un 27% de los estudiantes optó por la opción B (La Gran Mancha Roja, una tormenta anticiclónica persistente), lo cual refleja una comprensión parcial. Aunque la Gran Mancha Roja es, efectivamente, un fenómeno importante que ha sido ampliamente estudiado, su relevancia está más relacionada con la dinámica específica de Júpiter y no necesariamente con la comprensión general de las atmósferas de todos los gigantes gaseosos. Además, un 20% de los

estudiantes seleccionó la opción D (La presencia de un gran número de lunas que orbitan el planeta), lo cual muestra una confusión sobre los factores internos de la atmósfera de Júpiter que son cruciales para el estudio de su dinámica. Por último, un 12% optó por la opción C (Su sistema de anillos tenues compuestos principalmente de polvo), lo cual indica un error de concepto, ya que los anillos de Júpiter no juegan un rol significativo en el análisis de su atmósfera.

La dispersión en las respuestas incorrectas pone en evidencia una brecha en la comprensión específica sobre los elementos internos y externos que impactan en el estudio atmosférico de los planetas gigantes. Esta confusión sugiere la necesidad de profundizar en el estudio de las propiedades atmosféricas y en los factores que afectan directamente la dinámica en estos planetas, enfatizando en cómo elementos como la composición química desempeñan un rol clave en los modelos de dinámica atmosférica de los gigantes gaseosos.

Figura 29 Respuestas a la pregunta 20.



7.3.2.1.21 La Unión astronómica internacional (IAU) reclasificó a Plutón como un planeta enano en 2006. ¿Cuál es la razón principal que impide que Plutón sea clasificado como un planeta en el contexto de las características definitorias establecidas por la IAU??

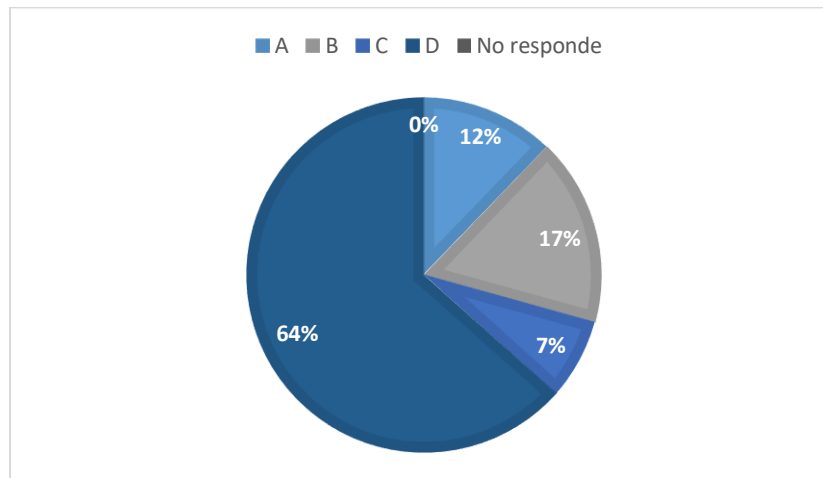
De acuerdo con los datos representados en la figura 30, el 64% de los estudiantes seleccionó correctamente la opción D (Plutón no ha despejado su órbita de otros objetos), que es el criterio crucial por el cual Plutón fue reclasificado como planeta enano por la Unión Astronómica

Internacional (IAU) en 2006. Este alto porcentaje indica que la mayoría de los estudiantes comprenden el concepto de "limpieza orbital" como uno de los requisitos fundamentales para la clasificación planetaria.

A pesar de este entendimiento mayoritario, un 12% de los estudiantes eligió la opción A (Plutón no gira alrededor del Sol), lo cual evidencia una confusión importante, ya que este enunciado es incorrecto; Plutón sí orbita el Sol, lo cual es una característica esencial para todos los cuerpos planetarios del Sistema Solar. El 17% optó por la opción B (Plutón no es esférico en su forma), un error claro, ya que la forma esférica es una de las propiedades que Plutón efectivamente cumple. Además, el 7% seleccionó la opción C (Plutón es más pequeño que la Luna), lo cual, aunque es cierto en cuanto a tamaño, ha logrado desarrollar una estructura esférica por lo que no afecta en su clasificación como planeta o planeta enano según los criterios de la IAU (IAU, 2006).

La dispersión en las respuestas incorrectas señala la existencia de conceptos erróneos sobre los criterios de clasificación planetaria. Estos resultados subrayan la necesidad de reforzar en el proceso educativo la comprensión de los tres criterios principales establecidos por la IAU: órbita alrededor del Sol, forma esférica y "limpieza orbital".

Figura 30 Respuestas a la pregunta 21.



7.3.2.1.22 ¿Cuál de las siguientes afirmaciones describe correctamente una comparación de escalas entre los cuerpos del Sistema Solar??

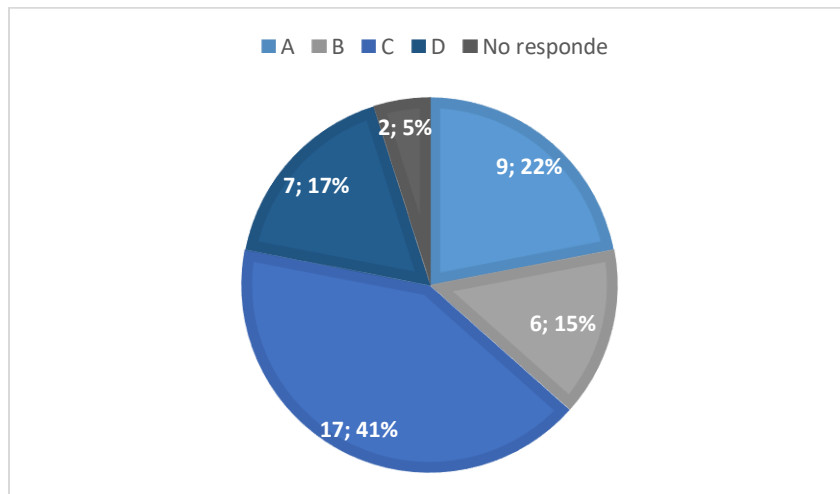
La distribución de respuestas a esta pregunta, representada en la figura 31, muestra una variedad en la comprensión de las escalas relativas dentro del Sistema Solar. La opción correcta es

la C, que establece que "El Sol podría contener más de un millón de Tierras en su interior", una afirmación que ilustra la magnitud comparativa entre el Sol y los planetas terrestres. Esta opción fue seleccionada por el 41% de los estudiantes, lo cual indica que una mayoría relativa tiene conocimiento sobre las dimensiones extremas del Sol en relación con los planetas.

Sin embargo, un 22% de los estudiantes seleccionó la opción A, que afirma que "La Tierra tiene aproximadamente el mismo tamaño que la luna más grande de Júpiter, Ganimedes". Aunque Ganimedes es el satélite más grande del Sistema Solar y supera en tamaño a Mercurio, sigue siendo menor que la Tierra, lo que revela una confusión en torno a las proporciones de los satélites y planetas. Por otro lado, el 17% de los estudiantes eligió la opción D, "La Vía Láctea y Andrómeda son las únicas galaxias en el Grupo Local más grandes que el Sistema Solar", lo cual sugiere una falta de comprensión sobre la escala galáctica en comparación con los sistemas planetarios.

Finalmente, el 15% de los estudiantes seleccionó la opción B, "Saturno es menos masivo pero similar en volumen a Júpiter". Aunque Saturno es menos masivo, la diferencia en su volumen en relación con Júpiter no es suficiente para hacer esta afirmación correcta en términos de escala general. La diversidad en las respuestas incorrectas sugiere que existe una necesidad de reforzar la enseñanza sobre la escala y el tamaño relativo de los cuerpos celestes, especialmente en el contexto del Sistema Solar frente a otros sistemas astronómicos y galácticos.

Figura 31 Respuestas a la pregunta 22.



7.3.2.1.23 ¿Qué característica distingue a Urano entre los planetas gigantes del Sistema Solar?

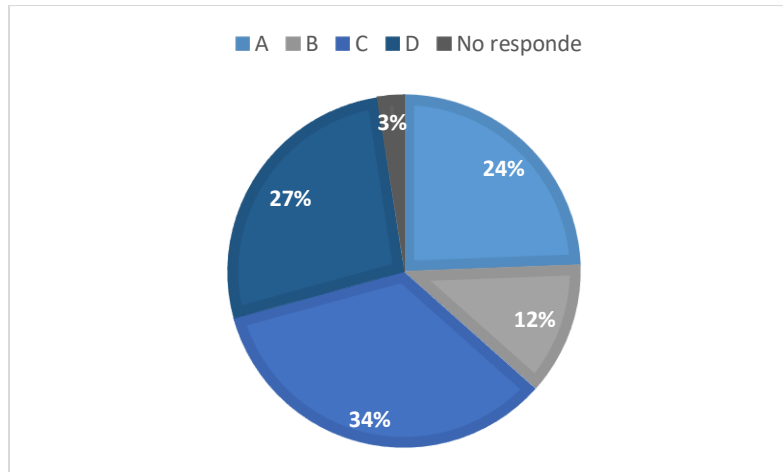
En la figura 32, se observa que las respuestas de los estudiantes están distribuidas de la siguiente manera: el 34% seleccionó la opción C, el 27% optó por la opción D, un 24% eligió la opción A y el 12% se inclinó por la opción B. Solo un 3% de los estudiantes no respondió esta pregunta.

La respuesta correcta es la opción C (Su eje de rotación extremadamente inclinado, casi paralelo al plano de su órbita), elegida por el 34% de los estudiantes, lo cual indica que aproximadamente un tercio de los participantes identificaron correctamente esta característica distintiva de Urano. Esta inclinación axial es un fenómeno único entre los gigantes gaseosos y tiene implicaciones significativas en su dinámica atmosférica y estacionalidad.

Sin embargo, el 27% de los estudiantes seleccionó la opción D (Tener la mayor cantidad de lunas), mostrando una confusión respecto a las propiedades distintivas de Urano en comparación con otros planetas gigantes, ya que este aspecto es más característico de Júpiter y Saturno. Adicionalmente, el 24% optó por la opción A (Su composición mayormente de helio e hidrógeno), lo que refleja un entendimiento general de la composición de los gigantes gaseosos, aunque esta no sea la característica única que diferencia a Urano. Por otro lado, el 12% eligió la opción B (Su sistema de anillos más complejo y visible), una característica que en realidad es más destacada en Saturno.

La dispersión de respuestas sugiere que existe una confusión generalizada entre las propiedades distintivas de los diferentes planetas gigantes. Esto enfatiza la necesidad de profundizar en el estudio comparativo de estos planetas, resaltando los aspectos únicos de cada uno, como la inclinación axial de Urano, para evitar asociaciones incorrectas y afianzar el conocimiento en torno a las características que los diferencian.

Figura 32 *Respuestas a la pregunta 23.*



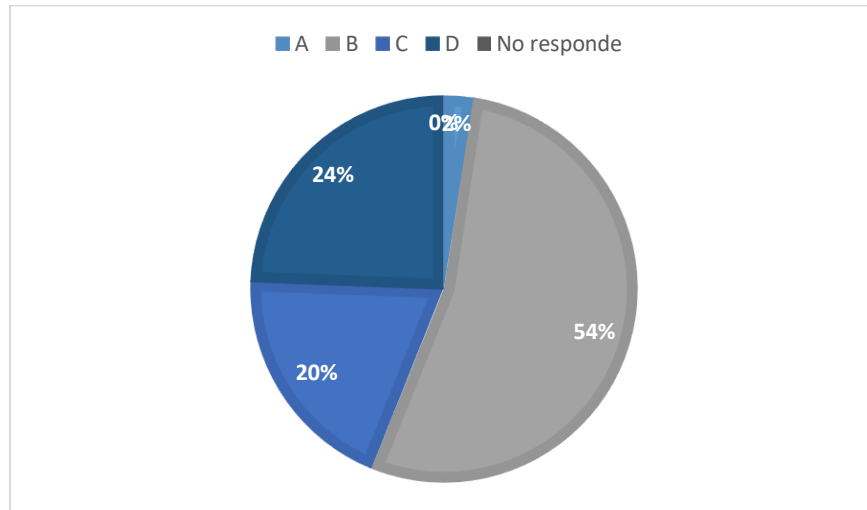
7.3.2.1.24 ¿Por qué no ocurre un eclipse solar en cada luna nueva, y un eclipse lunar en cada luna llena?

La distribución de respuestas para esta pregunta, mostrada en la figura 33, destaca que el 54% de los estudiantes seleccionó la opción correcta, la opción B ("Porque la órbita de la Luna alrededor de la Tierra está inclinada respecto al plano de la órbita terrestre alrededor del Sol"). Este porcentaje sugiere que más de la mitad de los participantes tiene una comprensión adecuada del fenómeno de los eclipses y la importancia de la inclinación orbital en su ocurrencia.

Sin embargo, el 24% de los estudiantes optó por la opción D ("Porque la velocidad de rotación de la Tierra no está sincronizada con la de la Luna"), lo cual indica una confusión en torno a la mecánica celeste involucrada en los eclipses. Este error puede derivarse de una interpretación errónea de la sincronización entre los movimientos de la Tierra y la Luna, que no afecta directamente la frecuencia de los eclipses.

Además, un 20% seleccionó la opción C ("Debido a la variación en la distancia entre la Tierra y la Luna"), lo cual también revela una falta de comprensión, ya que, aunque la distancia entre ambos cuerpos afecta la apariencia y tipo de los eclipses (total o anular en el caso de los solares), no es la razón principal por la cual no se producen eclipses en cada fase correspondiente de luna nueva o llena. Finalmente, un pequeño porcentaje (2%) eligió la opción A, lo que indica una concepción errónea aún más pronunciada.

Estos resultados sugieren que es necesario reforzar la enseñanza sobre la geometría y las condiciones específicas que permiten la ocurrencia de eclipses, así como aclarar el concepto de inclinación orbital y su rol en la observación de estos fenómenos astronómicos.

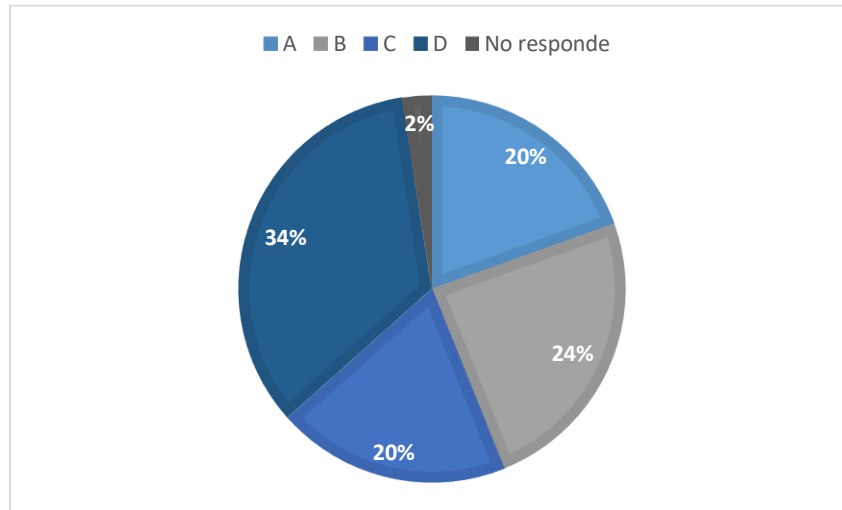
Figura 33 *Respuestas a la pregunta 24.*

7.3.2.1.25 ¿Cómo afecta el ciclo solar de aproximadamente 11 años a la Tierra?

La distribución de respuestas en la figura 34 muestra que un 34% de los estudiantes seleccionó la opción D, la cual corresponde a la respuesta correcta: el ciclo solar afecta principalmente la intensidad de las auroras boreales y australes debido a la variación en la actividad solar. Esta elección, predominante entre los estudiantes, sugiere un conocimiento básico adecuado sobre la influencia del ciclo solar en fenómenos observables en la atmósfera terrestre.

Un 24% optó por la opción B, que también tiene cierta relación con fenómenos atmosféricos, pero no es la respuesta correcta en este contexto. La confusión puede deberse a una asociación general de los efectos solares con los fenómenos climáticos. Un 20% de los estudiantes eligió la opción A, indicando una creencia errónea de que el ciclo solar tiene un impacto directo en las estaciones de la Tierra, lo cual refleja una falta de comprensión en la diferencia entre fenómenos astronómicos y climáticos específicos del ciclo solar.

Finalmente, el 20% restante seleccionó la opción C o no respondió, lo cual subraya la necesidad de aclarar los efectos específicos del ciclo solar, especialmente en relación con fenómenos como las auroras y la actividad geomagnética en la Tierra. Esta dispersión de respuestas sugiere que sería beneficioso reforzar el conocimiento sobre la influencia indirecta del ciclo solar en la atmósfera y en los sistemas de telecomunicaciones y navegación, un aspecto crucial en la comprensión de la interacción Sol-Tierra.

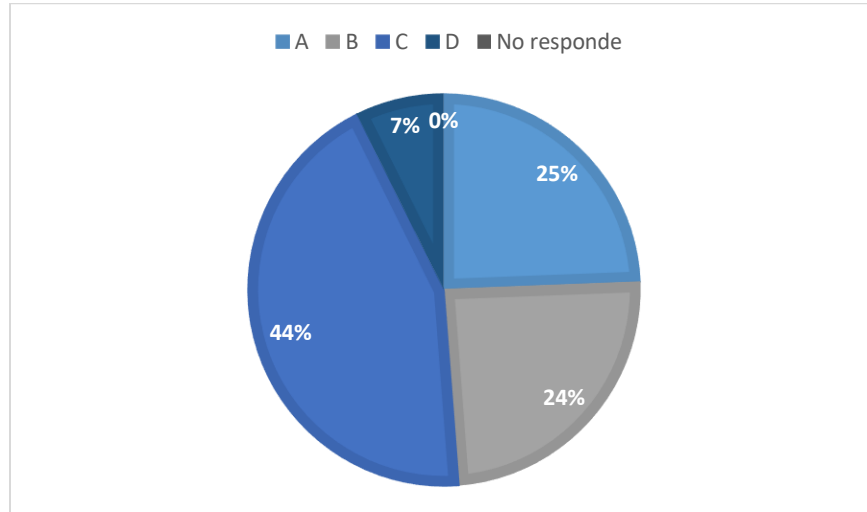
Figura 34 *Respuestas a la pregunta 25.*

7.3.2.1.26 ¿Qué Ley de Kepler describe la relación entre el período orbital del planeta y su distancia al Sol?

La figura 35, muestra la distribución de respuestas para esta pregunta, donde la opción correcta es la C (La tercera ley de Kepler, que relaciona el cuadrado del período orbital de un planeta con el cubo de la distancia media del Sol). Esta opción fue seleccionada por el 44% de los estudiantes, lo cual indica un conocimiento adecuado en casi la mitad de los participantes sobre esta ley fundamental de la dinámica orbital.

Sin embargo, el 25% de los estudiantes eligió la opción A (La primera ley de Kepler, que establece que las órbitas de los planetas son elípticas), mientras que otro 24% optó por la opción B (La segunda ley de Kepler, que describe la velocidad orbital de los planetas). Estas elecciones reflejan una confusión entre las distintas leyes de Kepler, que, si bien son complementarias, tienen aplicaciones específicas que deben ser diferenciadas. Solo un 7% seleccionó la opción D (Ninguna de las anteriores), lo cual sugiere un bajo nivel de incertidumbre en la respuesta.

El hecho de que el 56% de los estudiantes no haya identificado la ley correcta resalta la necesidad de reforzar la enseñanza sobre la especificidad de cada una de las leyes de Kepler, haciendo énfasis en su aplicación y en la forma en que cada ley contribuye a entender los movimientos planetarios dentro del sistema solar.

Figura 35 *Respuestas a la pregunta 26.*

El análisis de las respuestas de los estudiantes en formación inicial en ciencias naturales y educación ambiental muestra que existen áreas clave de conocimiento en astronomía que requieren un fortalecimiento conceptual. La dispersión en las respuestas correctas e incorrectas a lo largo de diversas temáticas, tales como la clasificación estelar, la dinámica de los planetas, la estructura de las galaxias, y los procesos de observación astronómica, revela una comprensión incompleta o parcial de estos conceptos fundamentales. Esta situación subraya la importancia de reforzar el currículo en formación docente, especialmente en aquellos conceptos que resultan fundamentales para la enseñanza efectiva de la astronomía.

Para fortalecer la formación de futuros docentes, es recomendable poner un énfasis especial en varios aspectos críticos. En primer lugar, es fundamental una instrucción más detallada en el diagrama de Hertzsprung-Russell y los principios de clasificación estelar, destacando el papel del color y la temperatura en la determinación de la posición de las estrellas en la secuencia principal. Asimismo, es necesario profundizar en el conocimiento de los diferentes tipos de cuerpos planetarios y sus características, diferenciando claramente entre planetas terrestres y gigantes gaseosos, y enfatizando la importancia de fenómenos como las mareas y los eclipses en la dinámica del sistema Tierra-Luna-Sol.

Otro aspecto clave es el estudio de los fenómenos estelares y sus consecuencias, como las supernovas y la actividad magnética solar. Estas temáticas deben ser abordadas de manera integral, explicando tanto los procesos nucleares en el contexto de la evolución estelar como los efectos que

fenómenos solares pueden tener sobre la Tierra. Además, se sugiere una profundización en la comprensión de las leyes de Kepler y su aplicabilidad en la predicción y estudio de los movimientos planetarios, un conocimiento esencial para la enseñanza de los fundamentos de la mecánica celeste.

Finalmente, se recomienda una mayor integración de prácticas observacionales y actividades experimentales que permitan a los estudiantes desarrollar habilidades en el uso de herramientas de observación astronómica y en la interpretación de fenómenos cósmicos (Carrascosa Alís et al., 2016; Valderrama, Benavides, et al., 2023). Esto podría incluir simulaciones de observación de constelaciones, análisis de la influencia del ciclo solar, y estudios de escala entre cuerpos celestes, de manera que los futuros docentes puedan experimentar y enseñar estos conceptos con una base práctica sólida.

A través de estas mejoras, es posible avanzar hacia una formación docente que no solo logre una comprensión integral de los contenidos disciplinares en astronomía, sino que también desarrolle en los futuros educadores la capacidad de enseñar estos temas de forma clara, fundamentada y contextualizada, contribuyendo así a una educación en ciencias naturales y educación ambiental de mayor calidad (Carrascosa Alís et al., 2016).

7.3.2.2 Conocimiento pedagógico y didáctico general para la enseñanza de la astronomía.

Este apartado, se centra en analizar y evaluar las habilidades pedagógicas de los futuros docentes en el contexto de la enseñanza de la astronomía. La necesidad de fortalecer estas habilidades se hace evidente al considerar los desafíos que enfrentan al transmitir conceptos científicos complejos en un campo específico como la astronomía (Jiménez, 2024; Moyano León et al., 2023). Para este propósito, se diseñaron una serie de preguntas que abarcan aspectos esenciales de la práctica pedagógica, permitiendo evaluar el conocimiento y las estrategias que los estudiantes-docentes proponen para adaptar sus lecciones y metodologías a diversas necesidades y contextos educativos.

Las preguntas formuladas buscan explorar cómo los futuros docentes pueden diferenciar sus estrategias de enseñanza en función de los estilos de aprendizaje, promover el pensamiento crítico y la curiosidad científica, integrar herramientas tecnológicas de simulación astronómica y contextualizar el contenido en función de la cultura local y las experiencias cotidianas de los estudiantes. La tabla 6 recoge los criterios de evaluación y las categorías de desempeño establecidas

para cada pregunta, lo que permite una sistematización objetiva y detallada de los datos obtenidos en el diagnóstico.

Este enfoque no solo evalúa el dominio teórico de los conceptos pedagógicos, sino que también pone a prueba la capacidad de los docentes en formación para aplicar dicho conocimiento de manera innovadora y adaptable. Al implementar esta evaluación, se buscaba identificar áreas de fortaleza y aquellos aspectos que requieren un refuerzo específico. Con base en los resultados, se pueden hacer recomendaciones concretas para mejorar la preparación pedagógica en la enseñanza de la astronomía, orientando los esfuerzos hacia una práctica educativa que sea inclusiva, contextualizada y tecnológicamente enriquecida, respondiendo así a las exigencias y particularidades del contexto educativo actual. Para ello se formularon las preguntas:

1. ¿Cómo adaptaría una lección sobre las fases de la Luna para estudiantes con estilos de aprendizaje visual, auditivo y kinestésico?
2. ¿Qué métodos utilizaría para estimular la curiosidad científica y el pensamiento crítico en sus estudiantes durante una unidad sobre la exploración espacial?
3. Proporcione un ejemplo de cómo integraría las herramientas tecnológicas, como el software de simulación astronómica, para mejorar la comprensión de los estudiantes sobre los modelos heliocéntrico y geocéntrico.
4. En el contexto de su región o comunidad, ¿cómo relacionaría los conceptos astronómicos con las experiencias cotidianas o la cultura local para hacer que el contenido sea relevante y accesible?

Las respuestas a estas preguntas fueron sistematizadas y analizadas siguiendo la rúbrica de clasificación, de la tabla 6, respondiendo así, a los objetivos de conocimiento pedagógico de este diagnóstico.

Tabla 6

Rúbrica de clasificación sobre el conocimiento pedagógico general para la enseñanza de la astronomía.

| criterio | Nivel 3 (Avanzado) | Nivel 2 (Intermedio) | Nivel 1 (Básico) |
|----------|--------------------|----------------------|------------------|
|----------|--------------------|----------------------|------------------|

| | | | |
|--|--|---|---|
| Adaptación de Contenido (Pregunta 1) | Diseña estrategias claras para cada estilo de aprendizaje (visual, auditivo y kinestésico), evidenciando comprensión profunda del contenido y su relevancia. | Muestra estrategias diferenciadas, pero sin una adaptación exhaustiva o detallada para cada estilo de aprendizaje. | No adapta el contenido a diferentes estilos de aprendizaje o solo menciona de forma general sin detalles específicos. |
| Estímulo del Pensamiento Crítico (Pregunta 2) | Propone actividades que fomentan activamente la curiosidad científica y el pensamiento crítico, mediante preguntas abiertas y exploración activa de conceptos. | Muestra cierto estímulo al pensamiento crítico, pero las actividades son superficiales o carecen de profundidad. | No fomenta el pensamiento crítico ni la curiosidad científica, se limita a actividades o preguntas cerradas. |
| Uso de Herramientas Tecnológicas y Simulaciones (Pregunta 3) | Integra herramientas tecnológicas o simulaciones de manera innovadora, con un propósito claro para mejorar la comprensión conceptual y diferenciar modelos. | Menciona el uso de tecnología, pero sin una integración profunda o sin una justificación clara para el uso de estas herramientas. | No menciona el uso de herramientas tecnológicas o lo hace de manera vaga, sin conexión con la comprensión conceptual o modelos heliocéntrico/geocéntrico. |
| Contextualización Sociocultural (Pregunta 4) | Relaciona los conceptos astronómicos con ejemplos locales y culturales de manera significativa, mostrando relevancia en el contexto del estudiante. | Hace alguna conexión con el contexto local o cultural, pero de forma superficial o sin mucha relevancia. | No establece una conexión entre los conceptos astronómicos y el contexto sociocultural del estudiante o lo hace de manera aislada y sin justificación. |
| Claridad y Coherencia en la Explicación | Explica las estrategias pedagógicas de manera clara y coherente, evidenciando un enfoque estructurado para la enseñanza de los conceptos astronómicos. | La explicación es entendible, pero carece de coherencia o profundidad en algunas partes. | La explicación es confusa, sin un enfoque claro o estructurado, lo que dificulta entender cómo aplicará la estrategia en la práctica. |

La tabla 7 se centra en evaluar la aplicación práctica de conocimientos pedagógicos generales en la enseñanza de la astronomía. Esta tabla agrupa y sistematiza las respuestas de los estudiantes a través de cinco criterios clave: Adaptación de Contenido, Estímulo del Pensamiento Crítico, Uso de Herramientas Tecnológicas y Simulaciones, Contextualización Sociocultural, y Claridad y Coherencia en la Explicación. Cada criterio fue evaluado en niveles de desempeño (Avanzado, Intermedio y Básico), permitiendo observar tanto la profundidad como la calidad de las estrategias pedagógicas propuestas por los estudiantes en su diagnóstico.

El primer criterio, Adaptación de Contenido, evalúa la capacidad de los estudiantes para personalizar sus lecciones sobre las fases de la Luna de acuerdo con estilos de aprendizaje específicos (visual, auditivo y kinestésico). Los estudiantes clasificados en un nivel Avanzado demostraron una diferenciación clara y detallada en sus propuestas, asegurando que cada estilo de aprendizaje fuera abordado con estrategias innovadoras y coherentes. En contraste, aquellos en niveles Básico e Intermedio mostraron adaptaciones más limitadas o superficiales, evidenciando una falta de especificidad en la adecuación a los diferentes estilos de aprendizaje.

En el criterio de Estímulo del Pensamiento Crítico, se evalúan las metodologías propuestas para fomentar la curiosidad científica y el análisis profundo durante una unidad sobre la exploración espacial. Los estudiantes clasificados en el nivel Avanzado presentaron actividades interactivas y preguntas abiertas que propician un enfoque crítico, mientras que aquellos en los niveles Básico e Intermedio tendieron a emplear actividades convencionales o cerradas, limitando el desarrollo de habilidades analíticas en los estudiantes.

El tercer criterio, Uso de Herramientas Tecnológicas y Simulaciones, se centra en cómo los futuros docentes integran recursos tecnológicos, como software de simulación astronómica, en la enseñanza de modelos heliocéntrico y geocéntrico. Los estudiantes que alcanzaron el nivel Avanzado propusieron un uso innovador y significativo de las tecnologías, explicando claramente su aplicación pedagógica y su impacto en la comprensión conceptual. En los niveles Básico e Intermedio, sin embargo, se observó un uso menos enfocado o incluso vago de estas herramientas, sin una justificación pedagógica clara o una estructura coherente.

La Contextualización Sociocultural representa un aspecto crucial en la enseñanza contextualizada de la astronomía, particularmente en el contexto de la región o comunidad de los estudiantes (Chadwick & Castorina, 2022; Piedrahíta Ramírez & Gómez Montoya, 2014). Aquellos clasificados en nivel Avanzado lograron conectar de forma significativa los conceptos astronómicos con el entorno sociocultural y las experiencias cotidianas locales, facilitando un aprendizaje relevante y accesible. En contraste, los niveles Básico e Intermedio mostraron relaciones superficiales o irrelevantes con el contexto local, evidenciando una comprensión limitada de la importancia de la contextualización cultural en el aprendizaje.

Finalmente, el criterio de Claridad y Coherencia en la Explicación mide la efectividad de los estudiantes en la comunicación y estructuración de sus estrategias pedagógicas. Aquellos en nivel Avanzado lograron una presentación clara, estructurada y coherente de sus propuestas,

facilitando la comprensión de cómo aplicarían sus estrategias en la práctica. En niveles Básico e Intermedio, se encontraron explicaciones más confusas y menos estructuradas, lo que podría dificultar la implementación efectiva de las estrategias propuestas en un entorno real.

En conjunto, el análisis de la tabla permite identificar tanto los puntos fuertes como las áreas de mejora en la formación pedagógica de los futuros docentes de astronomía. La dispersión en los niveles de desempeño sugiere la necesidad de fortalecer ciertos aspectos pedagógicos, en particular en el uso de herramientas tecnológicas, la contextualización cultural y la claridad explicativa, para asegurar una práctica docente efectiva y adaptada a las necesidades del contexto educativo actual.

Tabla 7 *Respuestas de los estudiantes sobre los conocimientos pedagógicos generales en la enseñanza de la astronomía.*

| Estudiante | Adaptación de Contenido | Estímulo del Pensamiento Crítico | Uso de Herramientas Tecnológicas y Simulaciones | Contextualización Sociocultural | Claridad y Coherencia en la Explicación |
|------------|---|---|--|--|--|
| 1 | Nivel 2 - Estrategias diferenciadas, pero sin detalles específicos. | Nivel 2 - Estímulo al pensamiento crítico de forma superficial. | Nivel 2 - Menciona software, pero sin aplicación pedagógica clara. | Nivel 1 - Conexión limitada con el contexto local. | Nivel 2 - Explicación entendible, pero sin mucha profundidad. |
| 2 | Nivel 1 - Adaptación vaga y poco específica. | Nivel 1 - Actividades limitadas, sin fomento al pensamiento crítico. | Nivel 2 - Uso de tecnología sin justificación clara. | Nivel 1 - No responde. | Nivel 1 - Explicación confusa y vaga. |
| 3 | Nivel 2 - Lección mixta sin detalle en adaptaciones individuales. | Nivel 1 - Actividades simples, sin fomento al pensamiento crítico. | Nivel 2 - Uso de laboratorio con tecnología sin mucha profundidad. | Nivel 1 - Observación sin conexión cultural. | Nivel 2 - Explicación coherente, pero sin estructura profunda. |
| 4 | Nivel 3 - Actividades estructuradas por estaciones según estilo de aprendizaje. | Nivel 2 - Foro como actividad crítica, pero con desarrollo superficial. | Nivel 3 - Viaje interactivo bien diseñado con simulación. | Nivel 3 - Relación profunda con la economía local y cultura. | Nivel 3 - Explicación clara y coherente. |

| | | | | | |
|----|--|--|--|---|---|
| 5 | Nivel 2 - Ejemplos para cada estilo, faltando detalle en adaptaciones. | Nivel 2 - Debate superficial sobre exploración de planetas. | Nivel 3 - Diseño de modelos interactivos en tecnología. | Nivel 3 - Relación con prácticas agrícolas locales. | Nivel 2 - Explicación clara, pero sin estructura profunda. |
| 6 | Nivel 2 - Actividades variadas, pero con poca profundidad. | Nivel 3 - Excursiones que fomentan la exploración y pensamiento crítico. | Sin respuesta. | Nivel 3 - Talleres y entrevistas para conexión cultural. | Nivel 2 - Explicación clara, pero sin gran profundidad. |
| 7 | Nivel 2 - Maquetas y herramientas tecnológicas mencionadas sin detalles. | Nivel 2 - Observación y audio, sin desarrollo crítico profundo. | Nivel 2 - Explicación básica de modelos con tecnología. | Nivel 2 - Talleres sin una conexión cultural sólida. | Nivel 2 - Explicación coherente, pero sin enfoque profundo. |
| 8 | Nivel 3 - Maqueta didáctica que integra estilos de aprendizaje. | Nivel 3 - Actividad de experimentación y reflexión. | Nivel 3 - Realidad virtual como experiencia interactiva. | Nivel 3 - Relación cultural con prácticas agrícolas. | Nivel 3 - Explicación estructurada y clara. |
| 9 | Nivel 2 - Uso de imágenes y modelos 3D, faltando detalle específico. | Nivel 2 - Observación con análisis básico de fenómenos. | Nivel 3 - Uso de realidad virtual y modelos 3D. | Nivel 3 - Relación cultural significativa (comunidad indígena). | Nivel 2 - Explicación clara pero sin enfoque profundo. |
| 10 | Nivel 2 - Maqueta didáctica sin detalles específicos para cada estilo. | Nivel 2 - Teatro como método reflexivo, pero sin profundidad crítica. | Nivel 3 - Realidad virtual para modelos heliocéntrico y geocéntrico. | Nivel 1 - Sin respuesta. | Nivel 2 - Explicación clara pero sin mucha coherencia. |
| 11 | Nivel 1 - Mención vaga de adaptaciones, sin estrategia clara. | Nivel 1 - Actividades sin conexión clara a la reflexión crítica. | Nivel 2 - Uso de tecnología sin propósito claro. | Nivel 1 - Conexión cultural limitada. | Nivel 1 - Explicación confusa y vaga. |
| 12 | Nivel 2 - Maqueta sonora y visual sin detalles extensos. | Nivel 2 - Proyección de película con preguntas abiertas. | Nivel 3 - Experiencia 3D intercalada en el tema. | Nivel 3 - Relación cultural con prácticas agrícolas. | Nivel 3 - Explicación clara y estructurada. |

| | | | | | |
|----|--|--|--|---|--|
| 13 | Nivel 2 - Simulación y observación detallada. | Nivel 2 - Preguntas generadoras sin profundidad crítica. | Nivel 2 - Simulación con hipótesis sin detalle pedagógico. | Nivel 2 - Relación cultural simple (agricultura y leyendas). | Nivel 2 - Explicación entendible, pero con falta de profundidad. |
| 14 | Nivel 2 - Uso de medios virtuales e ilustrativos sin gran detalle. | Nivel 2 - Cuestionamientos sobre exploración espacial. | Nivel 2 - Conceptualización de modelos astronómicos sin mucha profundidad. | Nivel 2 - Relación cultural superficial con astronomía local. | Nivel 2 - Explicación entendible, pero con falta de coherencia. |
| 15 | Nivel 3 - Actividad kinestésica en laboratorio. | Nivel 2 - Juegos de roles con exploración superficial. | Nivel 2 - Imágenes y simulación sin enfoque pedagógico. | Nivel 2 - Juegos y desfiles agrícolas sin gran relevancia cultural. | Nivel 2 - Explicación clara, pero sin profundidad. |
| 16 | Nivel 2 - Material didáctico, sin detalle por estilo de aprendizaje. | Nivel 2 - Pregunta exploratoria sin desarrollo crítico. | Nivel 2 - Debate sobre modelos sin enfoque estructurado. | Nivel 2 - Contexto agrícola, pero sin conexión detallada. | Nivel 2 - Explicación clara, pero sin enfoque profundo. |
| 17 | Nivel 3 - Adaptación detallada por estilos de aprendizaje. | Nivel 2 - Modelos táctiles con falta de profundidad crítica. | Nivel 3 - Simulación con aplicación en modelos astronómicos. | Nivel 3 - Relación con prácticas agrícolas específicas. | Nivel 3 - Explicación coherente y estructurada. |
| 18 | Nivel 2 - Videos interactivos, con elementos visuales y auditivos. | Nivel 2 - Proyecto didáctico sin desarrollo crítico profundo. | Nivel 2 - Simulador sin una estructura pedagógica clara. | Nivel 2 - Relación superficial con juegos de rol. | Nivel 2 - Explicación clara, pero sin enfoque profundo. |
| 19 | Nivel 1 - Adaptación vaga para cada estilo de aprendizaje. | Nivel 1 - Atlas estelar sin conexión crítica. | Nivel 2 - Uso de modelo, pero con explicación limitada. | Nivel 2 - Juegos y ejercicios sin conexión cultural significativa. | Nivel 1 - Explicación confusa y vaga. |
| 20 | Nivel 3 - Videos y texturas para cada estilo de aprendizaje. | Nivel 3 - Problemas basados en retos y exploraciones de la realidad. | Nivel 2 - Aplicación interactiva sin objetivo claro. | Nivel 3 - Contexto histórico y cultural con profundidad. | Nivel 3 - Explicación clara y estructurada. |

Por otra parte, la figura 36 proporciona una visualización del desempeño de los estudiantes en cada uno de los criterios evaluados en el diagnóstico. Estos criterios representan habilidades fundamentales en el conocimiento pedagógico necesario para la enseñanza efectiva de la

astronomía. Como se puede observar, existe una distribución heterogénea en los niveles de desempeño (Básico, Intermedio y Avanzado), lo cual sugiere que, aunque algunos futuros docentes demuestran un dominio adecuado de ciertos aspectos, persisten áreas de mejora en otras competencias clave, teniendo en cuenta los criterios mencionados anteriormente, se contextualizan en la figura de la siguiente manera:

Respecto a la Adaptación de Contenido, que es un criterio fundamental en la enseñanza de la astronomía, ya que los conceptos astronómicos y de las ciencias naturales en general, requieren una estrategia didáctica que considere las diferentes formas en que los estudiantes procesan la información (Ortiz Cañon, 2013; Pérez-Díaz, 2023). La capacidad para adaptar los contenidos en función de estilos de aprendizaje visual, auditivo y kinestésico es esencial para lograr una comprensión profunda y significativa en los estudiantes. No obstante, la mayoría de los estudiantes se ubica en el Nivel 2 (Intermedio), lo cual indica que la adaptación de contenido es una habilidad que necesita ser fortalecida, promoviendo una diferenciación más detallada y específica.

Por otro lado, en el Estímulo del Pensamiento Crítico, los resultados reflejan que, aunque algunos estudiantes logran diseñar actividades que fomentan la curiosidad científica y el análisis crítico, otros aún dependen de metodologías convencionales que limitan el desarrollo de habilidades analíticas en los estudiantes. Dado el carácter científico de la astronomía, fomentar el pensamiento crítico es crucial para que los estudiantes no solo memoricen conceptos, sino que también desarrollen una comprensión inquisitiva que les permita cuestionar y explorar los fenómenos astronómicos de manera activa (Demirci & Özyürek, 2017; Tüysüz & Tüzün, 2020).

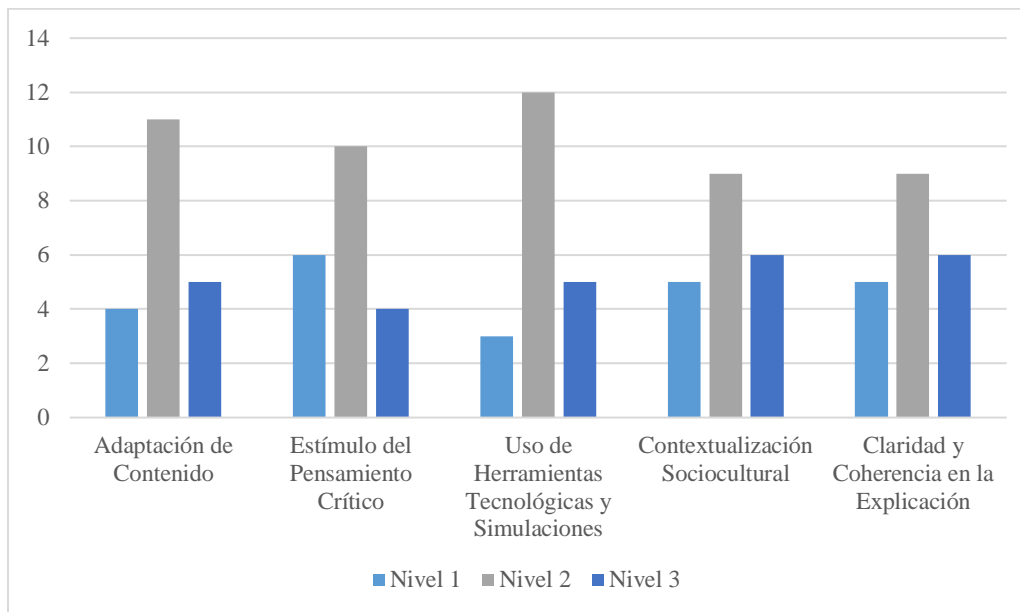
En cuanto al Uso de Herramientas Tecnológicas y Simulaciones, los niveles de desempeño evidencian que, aunque la mayoría de los estudiantes reconocen la importancia de la tecnología en la enseñanza de modelos astronómicos, su implementación en estrategias pedagógicas es limitada o poco innovadora. La integración de software de simulación astronómica es particularmente relevante para la enseñanza de conceptos abstractos, ya que permite una exploración visual y práctica que facilita la comprensión de los estudiantes (Barnett, 2005; Hansen et al., 2004). La alta concentración de estudiantes en el Nivel 2 en este criterio sugiere la necesidad de desarrollar una formación más profunda y práctica en el uso de estas herramientas tecnológicas.

El criterio de Contextualización Sociocultural subraya la importancia de conectar los conceptos astronómicos con la cultura y el contexto local de los estudiantes, facilitando un aprendizaje que sea relevante y accesible para ellos. La mayoría de los estudiantes se encuentra en

niveles Básico e Intermedio, lo cual evidencia una comprensión parcial de cómo los conceptos astronómicos pueden integrarse en el contexto cultural de los estudiantes. Esto destaca la necesidad de desarrollar habilidades en los futuros docentes para relacionar el contenido científico con experiencias y conocimientos previos de los estudiantes, logrando una enseñanza de la astronomía que sea inclusiva y contextualizada.

Por su parte, la Claridad y Coherencia en la Explicación es un criterio que evalúa la efectividad en la comunicación de estrategias pedagógicas. La dispersión de los niveles en este criterio sugiere que, mientras algunos estudiantes logran presentar sus propuestas de manera clara y estructurada, otros encuentran dificultades para organizar y comunicar sus ideas pedagógicas de forma coherente. La claridad en la explicación es esencial para que los futuros docentes puedan implementar sus estrategias de manera efectiva y reflexiva en el aula, lo cual contribuye a una enseñanza más estructurada y orientada a los objetivos de aprendizaje.

Figura 36 Distribución por niveles del conocimiento pedagógico.



A partir de lo anterior, se hace evidente la importancia de fortalecer el conocimiento pedagógico en la formación de los futuros docentes de astronomía. La variabilidad en los niveles de desempeño muestra que, si bien existen áreas de fortaleza, también se requiere un enfoque más profundo en la capacitación sobre el uso de herramientas tecnológicas, la contextualización cultural

y la diferenciación pedagógica. Este diagnóstico permite establecer recomendaciones orientadas a mejorar la preparación pedagógica de los estudiantes-docentes, promoviendo una enseñanza de la astronomía que sea inclusiva, contextualizada y adaptable a los desafíos educativos actuales.

7.3.3 Formulación de Actividad Curricular “Astronomía para la educación”

Dando continuidad con los resultados del proyecto, se presenta el desarrollo de una propuesta académica fundamentada en la integración de conocimientos teóricos y metodológicos en el ámbito de la astronomía, adaptada a los futuros docentes en Ciencias Naturales y Educación Ambiental. Este diseño curricular no solo responde a un proceso de mapeo curricular, fundamentado en los Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales (Ministerio de Educación Nacional, 2011), Los Derechos Básicos de Aprendizaje (MinEducación Colombia, 2016), sino también a una revisión exhaustiva de la literatura global sobre la enseñanza de la astronomía y a un diagnóstico detallado de los conocimientos conceptuales, pedagógicos y didácticos requeridos.

La inclusión de esta asignatura en el semestre VIII de la licenciatura tiene como propósito central fortalecer las competencias de los estudiantes en temas astronómicos de manera interdisciplinaria, vinculando la física, la biología, la matemática y otras ciencias naturales. Este enfoque interdisciplinario permite una comprensión holística de los fenómenos astronómicos, facilitando una transferencia efectiva del conocimiento científico hacia el aula de clases. La astronomía, como disciplina con alto potencial para la experimentación y la observación, ofrece una rica oportunidad para que los estudiantes-docentes desarrollen habilidades en investigación, formulación de hipótesis y análisis crítico, esenciales para una enseñanza activa y reflexiva.

La formulación de esta actividad curricular reconoce, además, las demandas contemporáneas de la educación en términos de la alfabetización científica y la capacidad de discernimiento en un contexto sobresaturado de información. La asignatura "Astronomía para la Educación" tiene como objetivo preparar a los estudiantes para enfrentar estos desafíos, promoviendo la formación de ciudadanos capaces de comprender y cuestionar críticamente la información científica. El curso enfatiza el papel de la astronomía como una herramienta educativa que no solo permite explorar el universo, sino también reflexionar sobre el papel de la ciencia en la sociedad moderna, contribuyendo a la formación integral de los futuros licenciados.

La justificación de esta actividad curricular también se apoya en la creciente accesibilidad a recursos digitales y tecnológicos que, en combinación con metodologías de aprendizaje activo (Valderrama & González Pardo, 2024), pueden enriquecer el proceso de enseñanza-aprendizaje en astronomía. Los estudiantes tendrán la oportunidad de explorar y experimentar con tecnologías como simulaciones astronómicas y herramientas de observación virtual, permitiéndoles vincular los conceptos teóricos con aplicaciones prácticas y didácticas. A través de este enfoque, el curso no solo busca una transmisión de contenidos, sino también la creación de experiencias significativas que fomenten la curiosidad y el compromiso de los estudiantes en la comprensión y divulgación de la astronomía en sus futuros contextos profesionales.

En síntesis, el diseño de la actividad curricular en astronomía se sustenta en una estructura académica rigurosa, destinada a construir competencias en observación, análisis, comunicación y enseñanza de la astronomía. Este curso busca dotar a los estudiantes de herramientas y estrategias didácticas que les permitan abordar la astronomía de una manera contextualizada y relevante, adaptada a las necesidades y realidades de sus comunidades educativas, contribuyendo así a una educación en ciencias naturales más integral y transformadora. A continuación, se presenta en la tabla 8 el contenido programático de la asignatura, desarrollado en este proyecto de investigación.

Tabla 8

Contenido programático de la asignatura Astronomía para la Educación.

| |
|--|
| PROGRAMA ACADÉMICO: LIC. EN CIENCIAS NATURALES Y EDUCACIÓN AMBIENTAL |
| SEMESTRE: VIII |
| ASIGNATURA: ASTRONOMÍA PARA LA EDUCACIÓN |
| CÓDIGO: 8107825 |
| NÚMERO DE CRÉDITOS: 4 |
| PRESENTACIÓN |

La Astronomía es una ciencia natural que busca explicar el Universo más allá de nuestro diminuto entorno. Es, además, una ciencia experimental que permite medir, cuantificar, comparar y reflexionar sobre fenómenos, dándoles una explicación racional y no supersticiosa. Como no puede ser limitada a un laboratorio, contribuye a desarrollar una mayor capacidad para buscar soluciones de manera diversa. En síntesis, ayuda a agudizar el ingenio para mejorar la resolución de situaciones. Promueve la generación de una metodología de razonamiento particular; a partir de los trabajos experimentales de diversas disciplinas y la observación propia, permite inducir o deducir explicaciones de los fenómenos más distantes y complejos del Universo. También contribuye al desarrollo de la capacidad de elaborar representaciones abstractas del mundo físico. Es incluso una ciencia que, una vez conocida, suele generar gran pasión tanto en profesionales como en aficionados, a quienes les brinda la oportunidad de aportar a la comunidad astronómica internacional.

La existencia de la Astronomía en la Enseñanza Media permite que los alumnos adquieran un conocimiento general del Universo y sus elementos en su sentido más amplio, lo cual es fundamental para la cultura del hombre moderno. Como sistema educativo y como país, hemos enseñado Astronomía durante más de cien años, cuando era un aporte visionario a la cultura general. Hoy en día, es imprescindible para comprender noticias cotidianas, entender nuestra situación en el Universo y darle la debida dimensión a la conservación ecológica. En esta época en que vivimos, debemos priorizar la educación para la formación de personas autónomas, capaces de enfrentar las vicisitudes de la vida, eligiendo la solución más eficaz y eficiente, y resolviendo los problemas cotidianos. La Astronomía contribuye a que el alumno adquiera herramientas que le permitan manejar instrumentos en constante evolución. Si el alumno es autónomo, también será capaz de hacer frente a la revolución tecnológica, además de brindarle una visión más amplia y enriquecedora del mundo en que le ha tocado vivir.

JUSTIFICACIÓN

La contemporaneidad ha planteado al ser humano un escenario de conocimiento, el cual se ha ido fundamentando en el desbordamiento de la información y el fácil acceso a la misma. Las ideas de la modernidad, en términos de democracia, capitalismo y autonomía moral, comienzan a trastocar la escuela y, por ende, a redefinir el rol docente en todas las áreas (Dasuky Quiceno et al., 2022). El consumismo informativo genera tensiones entre discursos, dificultando en los ciudadanos el discernimiento entre la formación sustentada en evidencias y la información producida con otros fines, mientras pone en discusión e incluso en competencia la idea de currículo, los contenidos temáticos y los conceptos a abordar en el aula con otras formas de aprendizaje inimaginables hace algunos años.

Si bien estos nuevos escenarios han emergido con la evolución de las tecnologías de la comunicación y la información, adquieren especial relevancia a partir de las construcciones culturales dejadas por la pandemia de Covid-19. Durante este periodo, el consumo de redes socio-digitales se incrementó y la educación fue trasladada a escenarios de virtualidad, los cuales, aunque inicialmente parecían ser un método provisional, terminaron trastocando los patrones de aprendizaje de muchos individuos (Cervantes Hernández & Chaparro Medina, 2021). Dentro de los hábitos que llegaron con la contemporaneidad se encuentra el incremento de eventos, influenciadores, programas de televisión y divulgadores científicos en diferentes áreas del conocimiento, particularmente en astronomía.

Si bien la enseñanza de la astronomía en Colombia se pensaba, en su mayoría, a través del diseño de secuencias didácticas desarrolladas en el marco de programas de posgrado y de la divulgación desde los centros de ciencia en las principales ciudades del país, lo que generaba una centralización del abordaje de esta ciencia en las escuelas de territorios más apartados o periféricos (Valderrama et al., 2021a), con la virtualidad, se reconocen ahora una multiplicidad de opciones para el acercamiento conceptual y metodológico a esta ciencia. Paralelamente, se han identificado algunas dificultades que enfrentan los maestros para el abordaje de esta disciplina, especialmente frente al conocimiento disciplinar, el cual se imparte en muy pocas facultades de educación del país (Lugo López & Bautista, 2019).

Desde estas perspectivas, esta electiva disciplinar y de profundización propone un escenario de construcción conceptual frente a la astronomía, así como las relaciones interdisciplinares generadas con la física, la matemática, la biología y otras ciencias, con el fin de fundamentar actividades didácticas para el ejercicio profesional de los futuros licenciados en Ciencias Naturales y Educación Ambiental.

COMPETENCIAS

Según lo contemplado en el PAE (2010), el licenciado Ciencias Naturales y Educación Ambiental desarrollará en la asignatura Astronomía para la Educación, a través de su proceso de formación entre otras las siguientes competencias:

CGS5. Asume la investigación, como eje fundamental de la labor del docente, no sólo en cuanto al avance de la disciplina, en general, sino de su actividad pedagógica, en particular.

CP11. Fomenta el desarrollo de habilidades investigativas que permitan abordar las prácticas de laboratorio y campo, desde una perspectiva de desarrollo científico y que potencien el análisis y sentido crítico.

CGI1. Aplica los conocimientos básicos y generales propios de las ciencias naturales, la educación ambiental y el quehacer docente al hacer abstracción, análisis y síntesis.

CB2. Examina las razones de por qué explicar, cómo y para qué demostrar hipótesis, comprobar hechos, presentar ejemplos y contraejemplos, articular ejemplos y sustentar soluciones que le brindan al docente en formación el rigor y el conocimiento sobre las áreas de conocimiento y su formación como docente.

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

RAEF1. Identificar conceptos fundamentales y procesos clave en diversas ramas de la física, reconociendo su manifestación en fenómenos cotidianos y sistemas naturales.

RAEF2. Relacionar principios teóricos de la física con sus aplicaciones prácticas y efectos en el mundo real, estableciendo conexiones entre teoría y práctica desde la investigación formativa y análisis crítico.

RAEF3. Cuestionar datos experimentales y teóricos para deducir propiedades y patrones en fenómenos físicos, utilizando un enfoque analítico, crítico e inclusivo.

RAEF5. Proponer proyectos de investigación y desarrollos tecnológicos innovadores que apliquen los principios de la física, abordando desafíos contemporáneos en ciencia, tecnología, biomedicina, geociencias y astronomía.

METODOLOGÍA

El curso de Astronomía para la educación se fundamenta en una metodología que prioriza el aprendizaje activo y la integración efectiva de teoría y práctica, esencial para una comprensión profunda y aplicada de esta disciplina. A continuación, se describen las actividades que se llevarán a cabo en la asignatura, sus objetivos, descripciones y evidencias requeridas:

- **Foros de Discusión**

Objetivos: Construir conceptos astronómicos derivados de la revisión teórica, la explicación magistral y la disertación en clase.

Descripción: Se realizarán procesos dialógicos de construcción en el aula, abordando los conceptos de la astronomía en cada una de las unidades temáticas planteadas.

Evidencia de la Actividad: Participaciones fundamentadas en clase. Relaciones coherentes en el diseño de actividades de divulgación o enseñanza del concepto.

- **Actividades Didácticas**

Objetivos: Reconocer estrategias didácticas para la enseñanza de la astronomía en el aula.

Descripción: Se diseñarán y ejecutarán actividades que, desde una perspectiva didáctica, permitan abordar los conceptos sobre astronomía tratados en el programa.

Evidencia de la Actividad: Coherencia entre los conceptos abordados y las actividades de clase ejecutadas.

- **Actividades de Observación y Práctica**

Objetivos: Desarrollar habilidades de observación e instrumentación astronómica.

Descripción: Se realizarán salidas de observación astronómica y astronomía cultural, permitiendo la aplicación práctica de las habilidades científicas propias de la astronomía.

Evidencia de la Actividad: Reportes de observación consecuentes con las teorías científicas vigentes.

| Tipo de curso | Horas por Crédito | | | Horas profesor/semana | Horas Estudiante/semana | Total, Horas Estudiante/semestre | Total, Créditos Asignatura |
|---------------|-------------------|----|----|-----------------------|-------------------------|----------------------------------|----------------------------|
| Teórico | TP | TT | TI | TP +TT | TP+TT+TI | (TP+TT+TI) *16 Semanas | |

| | | | | | | | |
|-------|---|---|---|---|----|-----|----|
| Horas | 4 | 4 | 4 | 8 | 12 | 192 | 64 |
|-------|---|---|---|---|----|-----|----|

Trabajo presencial (TP): Trabajo en el aula implica 4 horas.

Trabajo Tutorial (TT): Trabajo de acompañamiento del docente 4 horas.

Trabajo Independiente (TI): Trabajo del estudiante dedicado a la asignatura de manera autónoma; realizando actividades en forma individual o grupal, con la utilización de diferentes recursos y en diferentes espacios físicos y virtuales dentro o fuera de la universidad, 4 horas.

INVESTIGACIÓN

La investigación formativa en el curso de Astronomía para la Educación juega un papel crucial, sirviendo como un puente entre el aprendizaje teórico y la aplicación práctica. Este enfoque se basa en la premisa de que el aprendizaje y la comprensión profunda de los conceptos astronómicos se enriquecen significativamente cuando los estudiantes participan activamente en procesos investigativos. A continuación, se detalla cómo se integra y se beneficia el curso de este enfoque:

Integración de la Investigación Formativa

- **Proyectos de Investigación como Herramienta de Aprendizaje:** Los estudiantes serán incentivados a desarrollar proyectos de investigación desde las primeras etapas del curso. Estos proyectos estarán orientados a explorar aspectos específicos de la astronomía educativa, permitiendo a los estudiantes aplicar los conceptos aprendidos en clase a situaciones reales y preguntas de investigación.
- **Desarrollo de Habilidades de Investigación:** la investigación formativa no solo se enfoca en el producto final, sino también en el proceso de investigación. Esto incluye la formulación de preguntas de investigación, la recopilación y análisis de datos, y la interpretación de resultados. A través de este proceso, los estudiantes adquieren habilidades esenciales para la investigación científica.
- **Evaluación Continua y Retroalimentación:** Los proyectos de investigación serán evaluados de manera continua, proporcionando a los estudiantes retroalimentación constructiva que les ayudará a mejorar sus habilidades de investigación y comprensión de la materia.
- **Presentaciones y Publicaciones:** Los estudiantes tendrán la oportunidad de presentar sus hallazgos, ya sea dentro del aula o en foros más amplios como conferencias de estudiantes o publicaciones académicas. Esto promueve la confianza y las habilidades de comunicación científica.

Beneficios de la Investigación Formativa en el Curso

- **Aplicación Práctica del Conocimiento:** La investigación formativa permite a los estudiantes ver la aplicación práctica de los conceptos teóricos, lo que puede aumentar su interés y motivación en el tema.
- **Desarrollo de Pensamiento Crítico y Analítico:** Al enfrentar problemas reales y datos no estructurados, los estudiantes desarrollan habilidades de pensamiento crítico y analítico, fundamentales para cualquier científico.
- **Preparación para Carreras Académicas y Profesionales:** La experiencia de investigación prepara a los estudiantes para futuras carreras académicas o profesionales, proporcionándoles una base sólida en la metodología de investigación.
- **Fomento de la Curiosidad y la Innovación:** La investigación formativa estimula la curiosidad y la creatividad, alentando a los estudiantes a explorar nuevas áreas de la astronomía educativa y a proponer soluciones innovadoras a los problemas.

MEDIOS AUDIOVISUALES

Con el fin de enriquecer y diversificar la experiencia de aprendizaje de los estudiantes. La integración de medios audiovisuales no solo facilitara la comprensión de conceptos complejos, sino que también aumentara el interés y la participación de los estudiantes. A continuación, se describe cómo se incorporan y se utilizan los medios audiovisuales en el curso:

Uso de Medios Audiovisuales en el Curso

-
- Presentaciones Interactivas: Se utilizarán presentaciones digitales enriquecidas con gráficos, animaciones y videos para explicar y visualizar conceptos complejos de la física contemporánea. Esto ayuda a los estudiantes a visualizar fenómenos que de otra manera serían abstractos o difíciles de entender.
 - Simulaciones y Modelos Digitales: Las simulaciones computarizadas y los modelos en 3D serán herramientas clave para demostrar teorías y principios físicos. Estas herramientas permiten a los estudiantes experimentar virtualmente con variables y observar los efectos de sus cambios en tiempo real.
 - Videos Educativos: Se integrarán videos educativos de alta calidad, incluyendo conferencias de expertos, documentales científicos y experimentos demostrativos. Estos videos proporcionan perspectivas adicionales y profundizan en temas específicos, enriqueciendo el material de clase.
 - Uso de Plataformas de Aprendizaje en Línea: Plataformas educativas en línea y recursos digitales serán utilizados para proporcionar acceso a una amplia gama de materiales complementarios, incluyendo lecturas adicionales, ejercicios interactivos y quizzes.
-

EVALUACIÓN

EVALUACIÓN COLECTIVA

La evaluación será de modo permanente, con realimentación continua, de manera que permita identificar los alcances individuales de cada estudiante y grupo de trabajo. En el caso de la evaluación tanto colectiva como individual, se emplearán rúbricas que evalúen aspectos como:

- Entrega oportuna de los trabajos en grupo.
 - Calidad y presentación de los trabajos y evidencias.
 - Participación en las actividades
 - Trabajo comprometido en desarrollo de prácticas, exposiciones y debates.
-

EVALUACIÓN INDIVIDUAL

La evaluación individual en el curso se centra en el progreso y comprensión personal de cada estudiante, asegurando una valoración justa y detallada de su aprendizaje y habilidades. Se detallan a continuación las estrategias de evaluación individual:

- Parciales y Exámenes: Los exámenes escritos evaluarán la comprensión individual de los conceptos teóricos y la capacidad de aplicar estos conocimientos a problemas prácticos. Estos exámenes se centrarán tanto en el conocimiento adquirido como en el razonamiento y la aplicación.
 - Presentaciones Individuales: Se asignarán temas específicos a cada estudiante para que realice presentaciones. Esto permitirá evaluar la comprensión individual de los temas, así como las habilidades de comunicación y síntesis.
 - Entrega de Tareas y Ejercicios: Los estudiantes realizarán tareas individuales y ejercicios que serán evaluados para medir su comprensión y aplicación individual de los temas tratados en clase.
 - Autoevaluación y Reflexión Personal: Se fomentará la autoevaluación y la reflexión personal sobre el aprendizaje y el progreso. Esto puede incluir la elaboración de portafolios personales o diarios de aprendizaje, donde los estudiantes reflexionen sobre su comprensión y desarrollo de habilidades.
-

CONTENIDOS TEMÁTICOS CENTRALES

• Astrometría y Mecánica Celeste

Introducción:

Astronomía, cultura e impacto tecnológico y social de la astronomía.

Coordenadas geográficas.

Esfera celeste. Movimiento diurno. Aspecto del cielo según la latitud.

Sistemas de coordenadas: Horizontal, Ecuatorial Local. Transformaciones.

La órbita de la Tierra: movimiento aparente (anual) del Sol. Estaciones.

Sistema Ecuatorial Celeste. Sistema Eclíptico.

Salida y puesta de los astros.

Precesión y Nutación.

Calendario. Día Juliano.

Movimiento aparente de los planetas. El sistema heliocéntrico. Configuraciones planetarias. Períodos sidéreo y sinódico.

Leyes de Kepler. Gravitación Universal.

Duración de las estaciones.

Sistema Solar: planetas, satélites, cometas, asteroides, trans-neptunianos, meteoros.

Luna: órbita, fases.

Eclipses de Sol y de Luna. Mareas.

• **Astrofísica**

Telescopios: propiedades. Instrumentos periféricos.

Espectro electromagnético. Leyes de radiación. Sistemas fotométricos.

Magnitudes aparentes. Índices de color. Relación con la temperatura.

Distancia, paralaje, magnitud absoluta. Espectros, clasificación.

Estrellas: distribución en el cielo, constelaciones, catálogos.

Movimiento propio. Velocidad radial.

Constitución interna de las estrellas. Reacciones termonucleares, producción de energía.

Diagrama Hertzsprung-Russell. Evolución estelar.

Cúmulos estelares: propiedades, determinación de edades. Asociaciones.

Estrellas variables: clasificación. Relación período-luminosidad en Cefeidas.

Estrellas dobles. Masas estelares. Binarias fotométricas y espectroscópicas.

Materia interestelar: gas y polvo. Absorción. Nebulosas: brillantes y oscuras.

Radioastronomía.

Vía Láctea: forma y dimensiones. Brazos espirales. Rotación.

Galaxias, clasificación. Cúmulos de galaxias. Grupo Local.

Galaxias activas. Quásares.

El Universo: origen y evolución.

Observaciones desde el espacio: infrarrojo, rayos X, rayos gamma.

• **Astrobiología**

Introducción a la Astrobiología.

Introducción a la Astroquímica.

Estudio de la evolución de la vida en ambientes extremos.

Exoplanetas: métodos de búsqueda y detección.

Zona de habitabilidad.

Indicadores de existencia de vida.

7.3.4 Implementación de la Actividad Académica “Astronomía para la educación” durante el primer semestre del año 2024

La asignatura “Astronomía para la Educación” fue ofertada a un grupo de 20 estudiantes del octavo semestre de la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental en el primer semestre de 2024. Esta actividad académica fue diseñada para brindar a los futuros docentes una experiencia inmersiva y práctica en la enseñanza de la astronomía, orientada a fortalecer sus competencias tanto en conocimientos disciplinares como en habilidades pedagógicas. La implementación se centró en actividades experimentales, de campo y el uso de diarios reflexivos,

integrando la exploración del territorio y la observación astronómica como recursos clave para el aprendizaje.

7.3.4.1 Libro Vivo: Diario de Campo “Mi experiencia en procesos de enseñanza y aprendizaje de la astronomía”

Cada uno de los 20 estudiantes matriculados en la asignatura “Astronomía para la Educación” mantuvo un diario de campo, denominado “Libro Vivo: Mi experiencia en procesos de enseñanza y aprendizaje de la astronomía”. Este diario fue concebido como una herramienta fundamental de reflexión y registro, en la que los estudiantes documentaron sus observaciones, reflexionaron sobre las actividades realizadas y evaluaron su progreso en el entendimiento y enseñanza de conceptos astronómicos. Este enfoque les permitió desarrollar una conciencia crítica sobre su propio aprendizaje, así como adquirir habilidades para registrar y sistematizar experiencias educativas, prácticas esenciales en su formación como futuros docentes de ciencias (Chacón Corzo & Contreras Chacón, 2006; Ferreira et al., 2021).

La implementación del “Libro Vivo” en el curso responde a la necesidad de cultivar en los docentes en formación la capacidad para observar, reflexionar y analizar de manera continua los procesos de enseñanza y aprendizaje en los que participan (Ferreira et al., 2021). Este diario de campo proporcionó un espacio seguro y estructurado donde cada estudiante pudo expresar sus dudas, logros y áreas de mejora, permitiéndoles consolidar sus conocimientos y habilidades a través de una práctica constante de reflexión. Al documentar sus experiencias, los estudiantes no solo reforzaron su aprendizaje teórico, sino que también lograron conectar sus conocimientos con situaciones prácticas, logrando un entendimiento más profundo y significativo.

Además, el “Libro Vivo” contribuyó al desarrollo de competencias investigativas esenciales en los estudiantes, como la observación sistemática, el análisis crítico y la capacidad de síntesis. Al registrar cada experiencia de manera estructurada, los estudiantes aprendieron a identificar patrones, interpretar resultados y extraer lecciones pedagógicas de cada actividad. Esto no solo fortalece sus habilidades para aplicar el conocimiento en situaciones educativas reales, sino que también fomenta la autoevaluación continua, la cual es fundamental para cualquier profesional que busca mejorar su práctica docente a lo largo de su carrera (Orellana & Alipio, 2024; Tarrillo Flores, 2022).

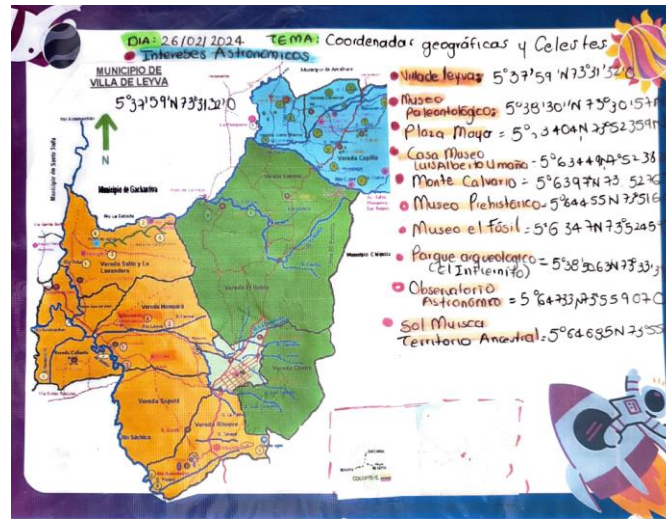
De esta manera, el uso del diario de campo en la asignatura “Astronomía para la Educación” se consolidó como una estrategia valiosa en la formación de futuros docentes, al promover una práctica reflexiva, crítica y fundamentada. A través del “Libro Vivo”, los estudiantes no solo desarrollaron un mayor compromiso con su aprendizaje, sino que también lograron sistematizar sus experiencias de manera que les permita reconocer el impacto de sus prácticas y prepararse para enfrentar los desafíos pedagógicos de la enseñanza de la astronomía en el contexto educativo, tal como se muestra a continuación.

7.3.4.2 Actividad 1: Reconocimiento del Territorio y Coordenadas Terrestres

En una de las primeras actividades del curso “Astronomía para la Educación,” los estudiantes realizaron una exploración de sitios de interés astronómico en la ciudad de Tunja, lo que les permitió acercarse a la herencia cultural y astronómica de la región. Este recorrido incluyó visitas a varios puntos significativos, comenzando con los monolitos ubicados en el Pozo de Hunzahua, que representan un legado simbólico y de observación de las estrellas en la cosmovisión muisca. Posteriormente, se dirigieron a las Moyas de San Ricardo, formaciones rocosas que contienen pequeñas cavidades de agua y que probablemente funcionaban como herramientas primitivas para la observación del cielo reflejado (Pradilla Rueda & Villate Santander, 2010b). Finalmente, visitaron el Templo de Goranchacha en la zona conocida como la Cuca Muisca, un lugar histórico en el cual los sabedores o chamanes muisca aprendían sobre los ciclos celestes, tales como los equinoccios y solsticios, fundamentales para la organización temporal en el altiplano cundiboyacense (Pradilla Rueda & Villate Santander, 2010a).

Tras el recorrido, se introdujo el concepto de coordenadas terrestres, explicando cómo se utilizan la latitud, longitud y altitud para ubicar puntos estratégicos en el mapa terrestre. Este conocimiento fue puesto en práctica al solicitar a los estudiantes que, mediante Google Maps, localizaran y registraran en sus diarios de campo las coordenadas geográficas de puntos astronómicos relevantes en sus lugares de procedencia, figura 37. Este ejercicio les permitió aplicar los conocimientos teóricos de manera práctica, afianzando su comprensión de las coordenadas geográficas y su relevancia para la observación astronómica.

Figura 37 *Diarios de campo E20, E12 y E10 Actividad 1 Territorio y coordenadas geográficas.*



CORDENADAS GEOGRAFICAS Y CELESTES.



10. Cajmes del Zaque: 5.517211, -73.369539

En esta clase iniciamos buscando en el google maps lugares de tu zona que consideramos que eran buenos para la observación astronómica, se debía tomar las coordenadas, para luego de la realización del croquis ubicar los lugares en el mapa.

Con este recorrido, pude reconocer que la universidad presenta varios espacios con una historia bastante interesante. Es base a esta experiencia, se pudo hacer un impromptu en el que se pudo hacer una historia y poder poner a los estudiantes a investigar de esto para estar en la astronomía, algo que a mi también me gustaría hacer así conocería la historia del lugar al que voy a llegar y trabajar.



Los diarios de campo reflejaron un alto nivel de reflexión en los estudiantes, quienes documentaron no solo la experiencia de observación y ubicación de los puntos astronómicos, sino también sus impresiones sobre la relevancia de estos lugares en la historia y cultura local. En sus registros, muchos de los estudiantes expresaron asombro al descubrir el significado ancestral de estos sitios y reflexionaron sobre la importancia de preservarlos y de entender su relación con los fenómenos celestes. Además, la actividad incentivó a varios de ellos a investigar otros puntos de interés astronómico en sus municipios, lo que les permitió vincular su aprendizaje con el contexto cultural y geográfico de su propia comunidad.

En términos de resultados, esta actividad logró desarrollar en los estudiantes una apreciación tanto del conocimiento astronómico como de la tradición cultural, promoviendo una visión interdisciplinaria y contextualizada de la enseñanza de la astronomía. Al experimentar de manera directa la ubicación de coordenadas y al aplicar sus conocimientos a contextos reales y

virtuales, los estudiantes fortalecieron su comprensión de conceptos fundamentales, como las coordenadas geográficas, y adquirieron una habilidad que podrán emplear en futuros procesos de enseñanza. La sistematización de estas experiencias en el diario de campo también se consolidó como una práctica útil para reflexionar sobre su propio aprendizaje y para fomentar una aproximación crítica al estudio de la astronomía en el contexto educativo.

7.3.4.3 Actividad 2: Coordenadas Celestes y ubicación en el firmamento

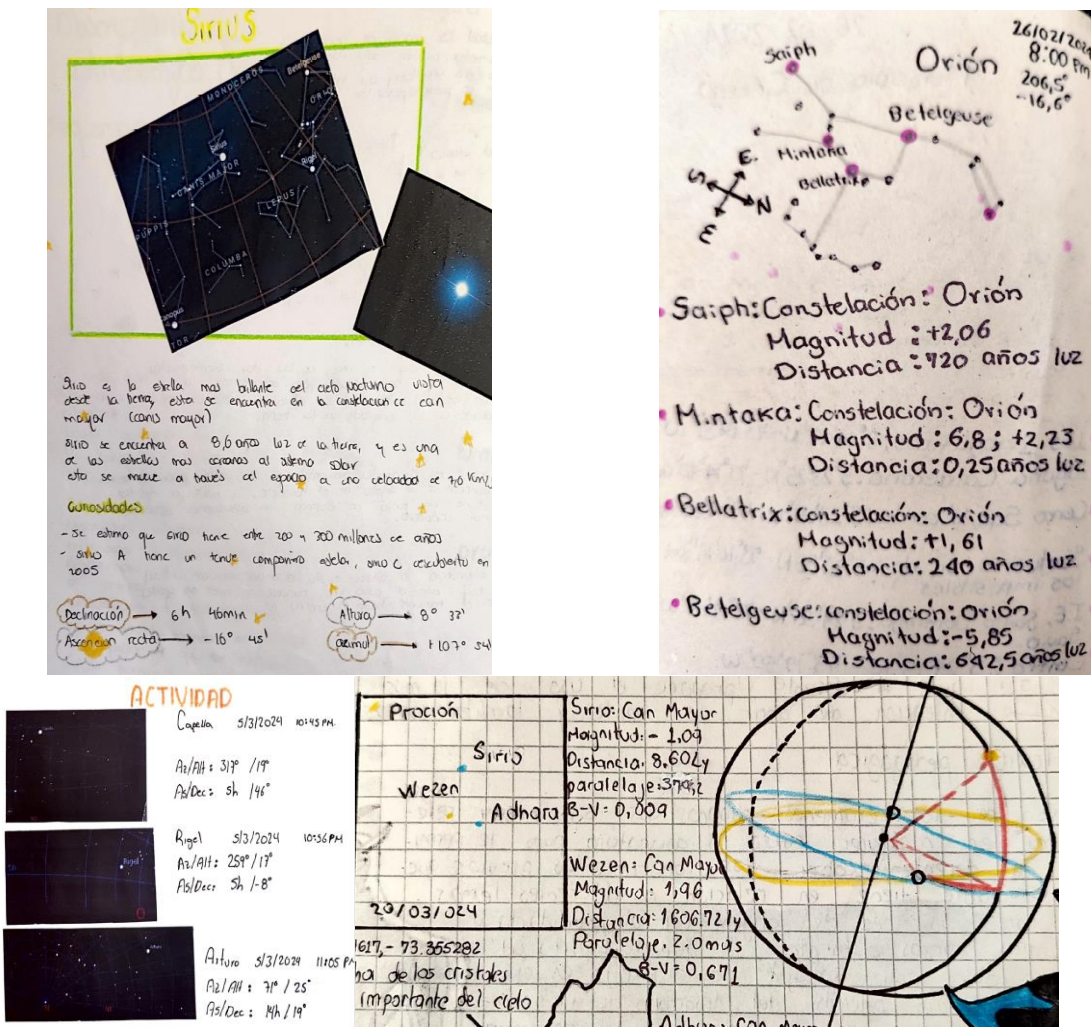
La segunda actividad, centrada en las coordenadas celestes y la ubicación de cuerpos en el firmamento, permitió a los estudiantes ampliar su comprensión de los sistemas de coordenadas utilizados en astronomía para localizar astros en el cielo nocturno. La sesión comenzó con una explicación magistral sobre los distintos sistemas de coordenadas celestes, como el sistema ecuatorial y el sistema horizontal. Este enfoque teórico les proporcionó una base sólida sobre la cual construir su experiencia práctica, pues les permitió entender cómo se estructura y organiza el espacio visible desde la Tierra en términos de declinación y ascensión recta, entre otros conceptos.

Para facilitar el trabajo práctico, se utilizó el software Stellarium, una herramienta de simulación astronómica que permite observar el firmamento en tiempo real y localizar cuerpos celestes con gran precisión. Durante esta sesión, los estudiantes exploraron la interfaz y funcionalidades del software, identificando astros visibles en el momento y registrando sus posiciones mediante las coordenadas celestes previamente explicadas. Esta experiencia virtual les brindó una primera oportunidad de poner en práctica el conocimiento teórico adquirido, adaptándolo a una herramienta moderna de observación.

Posteriormente, se realizaron varias salidas de observación en diferentes momentos de la noche, durante las cuales los estudiantes, utilizando tanto el cielo real como el Stellarium, seleccionaron al menos cuatro objetos celestes (como planetas, estrellas, o constelaciones) y registraron sus posiciones precisas en el diario de campo. Estos registros incluían las coordenadas celestes de los objetos observados en ese momento específico, lo cual aportaba una dimensión de temporalidad y práctica real al ejercicio. Este proceso no solo reforzó sus habilidades en el uso de las coordenadas celestes, sino que también les permitió experimentar el seguimiento y la observación sistemática de los movimientos aparentes de los astros, un aspecto fundamental de la astronomía observacional.

Los diarios de campo, figura 38, reflejan una respuesta positiva y una reflexión profunda sobre esta actividad. En sus registros, los estudiantes documentaron su experiencia de identificación de astros, destacando las dificultades iniciales en la comprensión de las coordenadas y su posterior dominio de la técnica mediante la práctica. Varios expresaron su fascinación al descubrir el movimiento de las estrellas en el cielo nocturno y su relación con los sistemas de coordenadas. Además, algunos reflexionaron sobre el valor pedagógico de herramientas como Stellarium para enseñar astronomía de forma accesible y atractiva, destacando cómo este tipo de actividades prácticas pueden mejorar significativamente la comprensión de los estudiantes sobre la disposición y dinámica de los cuerpos celestes.

Figura 38 Actividad 2 Coordenadas Celestes, Diarios de Campo E19, E17, E12 y E11 respectivamente.



En términos de logros, esta actividad fortaleció en los estudiantes la capacidad de aplicar conocimientos abstractos en un contexto práctico, mejorando su comprensión de los sistemas de coordenadas celestes y su utilidad en la observación astronómica. La experiencia también fomentó el desarrollo de habilidades críticas y reflexivas, ya que la sistematización en el diario de campo les permitió analizar y evaluar su propio proceso de aprendizaje, una práctica fundamental para su futura labor docente. En general, esta actividad se consolidó como un ejercicio integral que combinó teoría y práctica, facilitando una comprensión profunda y aplicada de conceptos astronómicos que serán esenciales en su formación como docentes de ciencias.

7.3.4.3 Actividad 3: Movimientos Aparentes del Sol desde la perspectiva de la Tierra

La tercera actividad, se enfocó en la comprensión de los desplazamientos aparentes del Sol en distintas épocas del año, un concepto clave en la enseñanza de la astronomía relacionado con la variabilidad de las estaciones y la observación celeste. Para facilitar esta experiencia, se emplearon simuladores especializados, incluyendo recursos didácticos del programa NASE para la enseñanza de la astronomía (NASE, 2024) y herramientas de la Universidad de Nebraska-Lincoln (UNL Astronomy Education, 2024), que ofrecen simulaciones detalladas de los movimientos aparentes del Sol para diversas latitudes. Estas plataformas permitieron a los estudiantes observar y analizar los patrones de salida y puesta del Sol en diferentes momentos del año, desarrollando una base teórica y visual que apoyaría su posterior observación en el campo.

Con la base proporcionada por los simuladores, los estudiantes pasaron a una fase de observación directa en la cual registraron los puntos de salida y puesta del Sol utilizando una brújula para determinar con precisión la dirección en distintos momentos. Este ejercicio de observación no solo reforzó su comprensión sobre los movimientos aparentes del Sol, sino que también fomentó el desarrollo de habilidades prácticas en la orientación y la interpretación de fenómenos astronómicos. Posteriormente, utilizando el software Stellarium (Zotti & Wolf, 2022), los estudiantes simularon estos eventos en distintas épocas del año, lo cual les permitió comparar sus observaciones directas con las proyecciones digitales, verificando así la consistencia entre ambos métodos y afianzando su comprensión del fenómeno.

El "Libro Vivo", ver figura 39, sirvió como un registro crucial para esta actividad, en el que los estudiantes documentaron sus observaciones, describiendo tanto la experiencia con los

simuladores como los hallazgos derivados de sus observaciones directas. En sus entradas, varios estudiantes reflexionaron sobre la diferencia entre el enfoque teórico de los movimientos aparentes y su percepción práctica durante la observación. Destacaron el impacto de realizar la actividad en distintos momentos del año, lo cual les permitió evidenciar cambios en la posición del Sol en el horizonte y comprender de forma tangible la variación estacional. Este enfoque integrador no solo reforzó su comprensión conceptual, sino que también fomentó una reflexión profunda sobre el valor de la observación en la enseñanza de la astronomía, alentando a los futuros docentes a incorporar experiencias de observación directa en sus prácticas educativas.

Figura 39 Actividad 3 Movimientos Aparentes del Sol, Diarios de Campo E20, E18, E9 respectivamente.


DÍAS: 28/02/2024. **TEMA:** Movimiento aparente del Sol

• Colombia = $5,9^\circ$

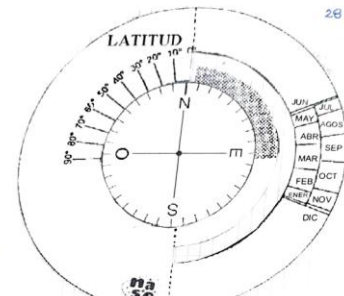
| | | |
|--|--|---|
| <p>Enero: Altitud = $23,9^\circ$ Acimut = $173,6^\circ$ DEC = $24,90$ AR = 19h 29m</p> | <p>Febrero = Altitud = 31° Acimut = $157,2^\circ$ DEC = $-14,16$ AR = 21h 37m</p> | <p>Marzo Altitud = $38,7^\circ$ Acimut = $51,10$ DEC = $-3,86$ AR = 23h 24m</p> |
| <p>Abril Altitud = $45,9^\circ$ Acimut = $1,2^\circ$ DEC = $7,20$ AR = 1h 19m</p> | <p>Mayo Altitud = $66,30$ Acimut = $193,90$ DEC = $19,30$ AR = 1h 11m</p> | <p>Junio Altitud = $61,0^\circ$ Acimut = $359,80$ DEC = $10,7$ AR = 5h 11m</p> |
| <p>Julio Altitud = $61,9^\circ$ Acimut = $21,7^\circ$ DEC = $23,10$ AR = 1h 19m</p> | <p>Agosto Altitud = $68,30$ Acimut = $31,30$ DEC = $15,30$ AR = 1h 12m</p> | <p>Septiembre Altitud = $79,90$ Acimut = $355,30$ DEC = $4,60$ AR = 1h 12m</p> |
| <p>Octubre Altitud = $86,6^\circ$ Acimut = $252,45$ DEC = $-6,9$ AR = 13h 55m</p> | <p>Noviembre Altitud = $77,9^\circ$ Acimut = $147,50$ DEC = $-7,90$ AR = 1h 12m</p> | <p>Diciembre Altitud = $72,9^\circ$ Acimut = $135,8^\circ$ DEC = $-22,9^\circ$ AR = 1h 7m</p> |

CONCLUSIÓN: Aunque el Sol parece moverse de este a oeste su posición exacta y su trayectoria aparente varía de lado a lado a lo largo del año y la forma de la órbita terrestre. El Sol parece ascender por el este y descender por el oeste.

• Solsticios: Tienen variaciones en la duración del día y la noche.



Ceimsa - Boyacá



28/02/2024

El estudiante se exploró las estaciones y fechas en que ocurren tanto en el norte como en el sur.

Se hizo un video como por medio de una herramienta de simulación por un simulador, con esto es posible comprender los movimientos de la tierra alrededor del sol y en que época del año es posible producir los equinoccios en dirección sur-oriental y sur-occidental de la tierra, la aplicación (Astronomía Interactiva) nos permite tener otro ángulo de visión e interpretación sobre la posición del sol que la hora, para ya más específicas en el área astronómica y plano equatorial en relación al tiempo transcurrido, sobre los meses del año en un horizonte de un lugar, también nos permite entender como ocurre el mismo fenómeno a las estaciones del norte y el sur, ya que este nos demuestra relacionados con la geografía y el ángulo de inclinación del sol sobre la posición de la tierra.

Por medio de una exploración interactiva por medio de un simulador, observamos los diferentes posicionamientos del sol preguntándonos si el sol siempre cae en una misma posición en las dos hemisferios. A partir de esto logramos tener una:

Reflexión Pictórica

Cuando era una niña, pensaba que el sol salía siempre en un mismo lugar y dirección, así hubiera nubes, neblina o una montaña en un lugar diferente.

Pero luego de tener diversas clases de astronomía y entender más de esta puede ingresar un concepto clave que es: la inclinación del eje de la tierra, cambiando sentido así que el punto de salida y puesta del sol sufre un aparente desplazamiento cíclico, que los científicos denominamos "movimiento solsticial". Este fenómeno, lejos de ser aleatorio, incrementa su frecuencia por la naturaleza y dirección de las órbitas celestes.

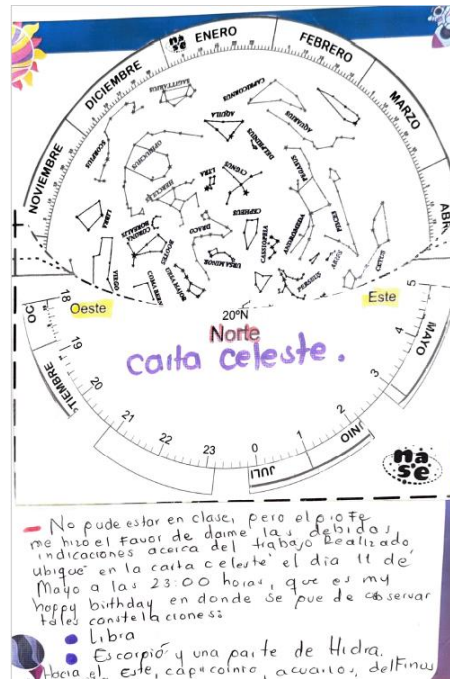
En cuanto a los logros pedagógicos, esta actividad proporcionó a los estudiantes una experiencia enriquecedora que conectó teoría y práctica de manera significativa. Los simuladores y el uso de Stellarium, combinados con la observación directa, permitieron que los estudiantes desarrollaran una comprensión integral del movimiento aparente del Sol, una habilidad que resulta fundamental para su futura labor como docentes de ciencias naturales. La actividad también incentivó la sistematización de experiencias en el diario de campo, consolidando la práctica reflexiva que es esencial para una enseñanza de calidad y facilitando la adquisición de competencias en observación y análisis crítico. En conjunto, esta actividad no solo contribuyó al aprendizaje de conceptos astronómicos, sino que también promovió una metodología activa y contextualizada que los estudiantes podrán aplicar en sus propias aulas.

7.3.4.3 Actividad 4: La Carta Celeste

La cuarta actividad, se enfocó en familiarizar a los estudiantes con el uso de mapas estelares como una herramienta esencial para la orientación y observación del cielo nocturno. La actividad comenzó con una introducción sobre la carta celeste mediante una versión impresa y de bajo costo adaptada al ecuador terrestre. Este recurso sencillo permitió que los estudiantes tuvieran un primer contacto accesible con el mapa del cielo, figura 40, lo cual es fundamental para cualquier docente en formación en ciencias naturales, ya que se puede replicar de manera económica y práctica en diversos contextos educativos.

A nivel práctico, los estudiantes salieron en distintas fechas para observar el cielo nocturno, utilizando la carta celeste para identificar constelaciones visibles en esas fechas y registrando sus observaciones en sus diarios de campo, el “Libro Vivo”. Esta práctica inicial les ayudó a desarrollar la habilidad de orientarse en el cielo nocturno, comprendiendo la posición de las constelaciones en relación con las fechas y ubicaciones geográficas. Como parte de la actividad, se les pidió que buscaran la constelación en la cual el Sol estaba posicionado el día de su nacimiento, un ejercicio que abrió el camino para una discusión crítica sobre la astrología.

Figura 40 *Actividad Carta Celeste Diario de Campo E20.*



La discusión sobre el zodiaco y su correspondencia con la astronomía les permitió a los estudiantes contrastar conocimientos científicos con creencias pseudocientíficas. Este análisis crítico exploró cómo la astrología asigna fechas fijas a los signos del zodiaco sin considerar el movimiento precesional de la Tierra, lo que causa discrepancias significativas entre la ubicación real del Sol y los signos tradicionales. Se examinó el caso de la constelación de Ofiuco, que no es considerada en el zodiaco astrológico pese a que el Sol transita por ella en ciertas épocas del año. Esta diferencia resaltó para los estudiantes la importancia de basar el conocimiento en observaciones científicas y en datos verificables, en contraste con las asignaciones arbitrarias de la astrología, que no tienen fundamento empírico ni teórico en la ciencia moderna.

Además, la actividad introdujo el uso de aplicaciones móviles para la identificación en tiempo real de las constelaciones visibles. Los estudiantes compararon las ubicaciones sugeridas por estas aplicaciones con las posiciones en la carta celeste, observando la precisión de ambas herramientas. Este ejercicio no solo mejoró su habilidad para localizar constelaciones en el cielo, sino que también les permitió experimentar la complementariedad entre métodos de observación tradicionales y tecnológicos. Los diarios de campo reflejaron sus apreciaciones sobre estas herramientas, con muchos estudiantes valorando la facilidad de las aplicaciones móviles para una enseñanza práctica y accesible de la astronomía, así como la utilidad de la carta celeste como un recurso visual que facilita el aprendizaje espacial y temporal de los movimientos celestes.

La actividad de la carta celeste también promovió una reflexión profunda sobre la diferencia entre ciencia y pseudociencia. Los estudiantes documentaron en sus diarios la experiencia de confrontar sus ideas previas sobre astrología y astronomía, algunos de ellos señalando cómo las nociones astrológicas influyen en las creencias populares y la necesidad de que los docentes aborden este tema con un enfoque crítico. Reconocieron que, como futuros educadores, tendrán la responsabilidad de enseñar a los estudiantes a discernir entre conocimientos basados en evidencia científica y creencias sin sustento empírico, una habilidad esencial en la formación de ciudadanos críticos y bien informados (Jiménez-Tolentino, 2012; Martínez-Borreguero et al., 2017).

A nivel pedagógico, esta actividad proporcionó a los estudiantes una experiencia integral de enseñanza en astronomía, en la que pudieron practicar tanto la observación del cielo como el uso de herramientas complementarias, y, al mismo tiempo, abordar temas que fomentan el pensamiento crítico. El uso de la carta celeste, combinado con el apoyo de las aplicaciones móviles, mostró a los estudiantes cómo la tecnología puede ser una aliada en el aula para mejorar la comprensión de temas astronómicos complejos. Al documentar sus observaciones y reflexiones en sus diarios de campo, los estudiantes sistematizaron sus experiencias de aprendizaje, lo cual les permite no solo registrar sus progresos y aprendizajes, sino también desarrollar una práctica reflexiva sobre la enseñanza de la astronomía. Este proceso de sistematización, al integrarse en su formación, les brinda una herramienta invaluable para el desarrollo de sus competencias pedagógicas, preparándolos para crear experiencias de aprendizaje que integren recursos accesibles y tecnología de manera efectiva.

De esta manera, la actividad no solo fortaleció el dominio técnico de los estudiantes en el uso de herramientas de observación astronómica, sino que también consolidó una perspectiva crítica hacia las pseudociencias y un enfoque pedagógico reflexivo que pueden aplicar en su futura labor docente. La combinación de métodos tradicionales y digitales en la actividad les permitió adquirir una comprensión práctica y teórica equilibrada, y la discusión sobre astrología y astronomía subrayó la importancia de la ciencia basada en evidencias como base para la educación en ciencias naturales. A través de sus entradas en el diario de campo, los estudiantes documentaron este proceso de aprendizaje, destacando su desarrollo tanto en habilidades técnicas como en competencias pedagógicas, un aspecto esencial en la formación integral de docentes de ciencias naturales.

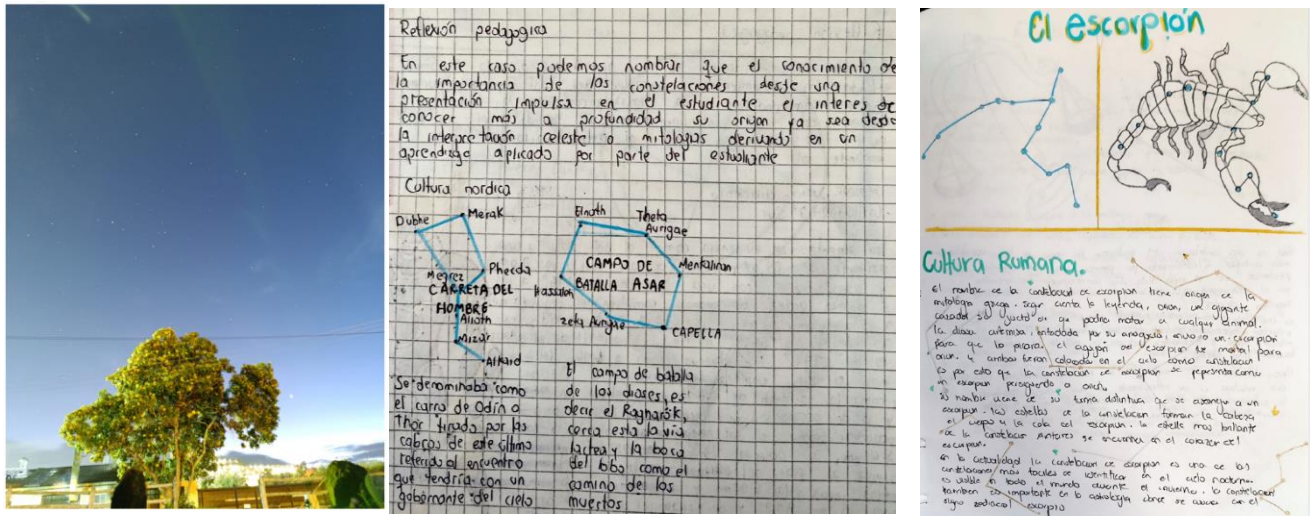
7.3.4.3 Actividad 5: Constelaciones

La actividad de reconocimiento de constelaciones dentro del curso "Astronomía para la educación" no solo fortaleció el conocimiento astronómico de los estudiantes, sino que también los involucró en una exploración cultural y colaborativa que amplió su perspectiva sobre la enseñanza de esta ciencia. Al comienzo de la actividad, los estudiantes fueron orientados a identificar las 88 constelaciones oficialmente reconocidas por la Unión Astronómica Internacional (IAU), lo que estableció una base científica precisa y rigurosa. Sin embargo, al abrirse al estudio de constelaciones y mitologías de otras culturas, se incentivó a los estudiantes a seleccionar tradiciones astronómicas específicas (como las de culturas indígenas o civilizaciones antiguas) y a investigar sobre cómo estas sociedades han interpretado y dado sentido al cielo nocturno.

Este enfoque intercultural fomentó una comprensión profunda de cómo las constelaciones han sido utilizadas a lo largo del tiempo como herramientas de navegación, calendarios agrícolas y, en muchos casos, como símbolos de identidad cultural. La actividad se transformó en un espacio donde los estudiantes compartieron sus hallazgos sobre la astronomía en diferentes culturas, lo cual fue enriquecedor para el grupo y generó una serie de discusiones sobre la importancia de estos conocimientos astronómicos en la historia humana. El hecho de que cada cultura haya interpretado y utilizado el cielo de forma única, a menudo asociando las constelaciones con narrativas míticas o históricas propias, subrayó el papel de la astronomía como un vínculo entre el conocimiento científico y la cosmovisión de cada sociedad (Iwaniszewski, 2009; A. M. Lopez, 2022).

Para consolidar su aprendizaje, los estudiantes realizaron pruebas de identificación de constelaciones en equipo, donde el trabajo colaborativo fue crucial, Figura 41. Este enfoque les permitió compartir técnicas y estrategias para la localización de constelaciones, y aquellos estudiantes más avanzados en la identificación apoyaron a sus compañeros, fortaleciendo así el aprendizaje grupal. La actividad se extendió más allá de los límites del aula mediante la inclusión de un espacio digital en el grupo de WhatsApp de la clase, al estilo del enfoque conectivista (Siemens & Fonseca, 2007), donde los estudiantes que disponían de cielos despejados compartieron fotografías de las constelaciones observadas. Esta estrategia digital ayudó a superar las limitaciones geográficas y climáticas, permitiendo que aquellos que no tenían acceso a un cielo despejado también participaran en el proceso de identificación y discusión sobre las constelaciones.

Figura 41 Actividad Constelaciones, Fotografía tomada por los estudiantes en el campus de la UPTC, Diarios de Campo E11, E19.



Este componente visual y digital tuvo un impacto significativo, ya que no solo facilitó la observación, sino que también fomentó un espacio de retroalimentación en tiempo real donde los estudiantes se apoyaban mutuamente para identificar las constelaciones y discutir las diferencias en su visibilidad según la época del año y la ubicación geográfica. Al sistematizar estas observaciones en sus diarios de campo, los estudiantes adquirieron valiosas habilidades de registro y análisis, documentando cada observación con detalles sobre la constelación observada, sus características y su contexto cultural. La práctica de llevar un diario de campo contribuyó a que cada estudiante reflexionara de manera más profunda sobre su propio proceso de aprendizaje, permitiéndoles identificar patrones de observación y fortalecer su capacidad para registrar experiencias educativas de forma estructurada.

La actividad de constelaciones resultó, en última instancia, en una experiencia educativa integral que fortaleció en los estudiantes sus habilidades de observación, registró, trabajo colaborativo y reflexión crítica. Al explorar la astronomía desde una perspectiva científica y cultural, los futuros docentes de ciencias naturales no solo consolidaron sus conocimientos en astronomía, sino que también desarrollaron una comprensión profunda de cómo estas narrativas astronómicas pueden ser herramientas poderosas para generar interés y contextualizar el aprendizaje en sus futuros estudiantes (Alves Cardoso et al., 2020; Compiani, 2010). La sistematización de estas experiencias en el diario de campo no solo les permitió organizar y reflexionar sobre sus observaciones, sino también visualizar el papel de la astronomía como un

vehículo para fomentar el pensamiento crítico y una visión integradora del conocimiento científico en el aula.

7.3.4.3 Actividad 6: Movimientos de la Tierra

La sexta actividad, centrada en los movimientos de la Tierra, se diseñó con un enfoque de modelización práctica mediante el uso de esferas de icopor, con las que se buscaba ilustrar de manera tangible y visual los movimientos de rotación, traslación, precesión y nutación de la Tierra. Este tipo de modelización permitió a los estudiantes observar y comprender mejor cada movimiento, así como reflexionar sobre sus implicaciones para la vida y las dinámicas ambientales en el planeta. La actividad inició con una explicación teórica de cada uno de estos movimientos, aclarando los conceptos y estableciendo su importancia en la astronomía y en las ciencias ambientales.

El movimiento de rotación fue ilustrado mediante la simulación del giro de la esfera sobre su propio eje, lo cual permitió que los estudiantes comprendieran el fenómeno del día y la noche. Se explicó cómo la velocidad de rotación afecta diversos aspectos de la vida en la Tierra, tales como los vientos y las corrientes oceánicas, debido al efecto Coriolis. Esta explicación fue complementada con una discusión sobre cómo el conocimiento de este movimiento es fundamental en la meteorología y en la planificación de actividades agrícolas, marítimas y de aviación.

Para el movimiento de traslación, los estudiantes visualizaron la trayectoria elíptica de la Tierra alrededor del Sol, comprendiendo cómo esta órbita determina la sucesión de las estaciones y la variación de la duración del día y la noche a lo largo del año. Mediante la inclinación de la esfera de icopor, se modelizó también la inclinación del eje terrestre, lo cual permitió a los estudiantes relacionar este fenómeno con los cambios estacionales y los climas de distintas regiones. A través de esta experiencia práctica, los estudiantes no solo consolidaron su comprensión de los conceptos de solsticio y equinoccio, sino que también reflexionaron sobre las implicaciones ambientales y culturales que estos eventos tienen para distintas civilizaciones, tanto en el pasado como en el presente.

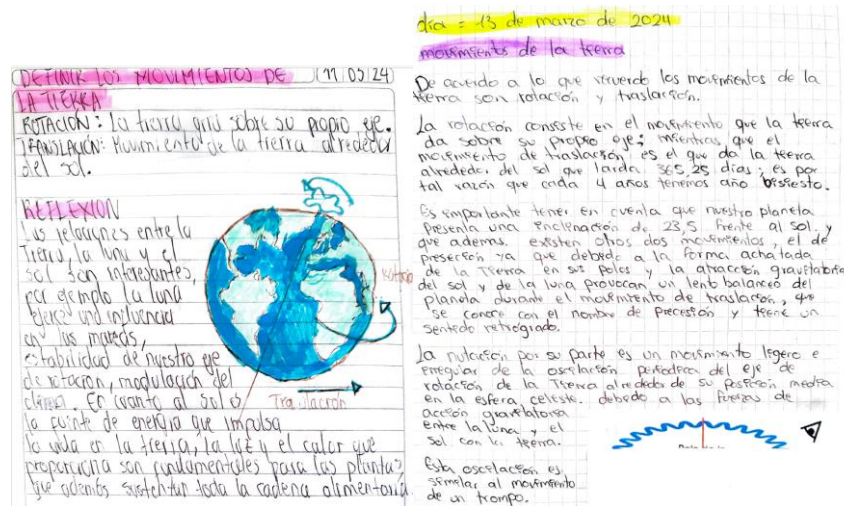
Los conceptos de precesión y nutación fueron abordados para mostrar cómo la orientación del eje terrestre cambia lentamente con el tiempo. Este cambio fue representado mediante una leve inclinación y oscilación de la esfera de icopor, ayudando a los estudiantes a visualizar estos movimientos complejos que, aunque imperceptibles en el corto plazo, tienen implicaciones en la

estabilidad climática y en la observación astronómica. Se discutió, por ejemplo, cómo la precesión afecta la posición de las estrellas a lo largo de los milenios, alterando el zodiaco astronómico y afectando la orientación de constelaciones en el cielo nocturno en ciclos de aproximadamente 26,000 años. Esto abrió una reflexión sobre la importancia de la precesión y la nutación para la calibración de los calendarios y la orientación en la astronomía de precisión.

En sus diarios de campo, los estudiantes registraron sus observaciones y reflexiones sobre los movimientos terrestres y las implicaciones de estos en las dinámicas ambientales y sociales, figura 42. Documentaron, además, cómo este aprendizaje les permitió percibir la Tierra como un sistema dinámico e interconectado, donde los movimientos planetarios influyen tanto en los fenómenos naturales como en la cultura humana. Por ejemplo, algunos estudiantes reflexionaron sobre cómo la variación estacional y la rotación son fundamentales para la organización de los calendarios agrícolas en sus comunidades de origen, vinculando así el contenido teórico con experiencias y conocimientos locales.

Figura 42 Actividad Movimientos de la Tierra, Diarios de Campo E20, E6, E3 y E15.





La discusión posterior a la actividad evidenció un alto nivel de comprensión y permitió que los estudiantes compartieran sus observaciones y relacionaran los fenómenos estudiados con contextos más amplios. La actividad, además de consolidar el conocimiento sobre los movimientos de la Tierra, incentivó el desarrollo de habilidades de observación, reflexión y sistematización. La modelización con la esfera de icopor y la documentación en los diarios de campo permitieron una apropiación efectiva de los conceptos, mostrando a los estudiantes cómo la enseñanza de la astronomía puede ser relevante y accesible a través de estrategias prácticas e interactivas. En última instancia, esta actividad demostró que el uso de modelos simples y accesibles puede facilitar la comprensión de conceptos astronómicos complejos (Jiménez Vega, 2024), además de promover la reflexión crítica y el aprendizaje significativo, elementos esenciales en la formación de futuros docentes de ciencias.

7.3.4.3 Actividad 7: Características de la Luna y las Relaciones Tierra, Luna, Sol

La séptima actividad, centrada en las características de la Luna y sus interacciones con la Tierra y el Sol, fue diseñada para que los estudiantes profundizaran en la comprensión de los movimientos y fases lunares, así como en los fenómenos de eclipses. Esta sesión combinó presentaciones magistrales con el uso de simuladores de eclipses, permitiendo una aproximación teórica y visual a los temas clave de la actividad. La estructura de la actividad brindó a los estudiantes la oportunidad de observar cómo las interacciones gravitacionales entre la Tierra, la Luna y el Sol afectan distintos aspectos de los fenómenos observables desde la Tierra, tales como las fases lunares y los eclipses.

En la primera parte de la actividad, se abordaron las características principales de la Luna, tales como su composición, superficie, y su ciclo orbital. Mediante presentaciones interactivas, los estudiantes revisaron los conceptos básicos relacionados con la estructura y formación lunar, sus cráteres y mares, así como las teorías sobre su origen. Este contexto inicial fue fundamental para que los estudiantes comprendieran mejor la influencia gravitacional de la Luna sobre la Tierra y su papel en el sistema Tierra-Luna-Sol.

A continuación, se explicó el ciclo de fases lunares, en el cual los estudiantes pudieron observar el movimiento orbital de la Luna alrededor de la Tierra y cómo esto genera las diferentes fases visibles desde nuestro planeta. El uso de representaciones gráficas y simulaciones facilitó el entendimiento de cómo las posiciones relativas de la Tierra, la Luna y el Sol provocan fases como la luna llena, el cuarto creciente y la luna nueva. Esta explicación se complementó con el estudio de los tiempos de cada fase, lo cual fue especialmente relevante para que los estudiantes reconocieran la importancia de los ciclos lunares en distintos aspectos culturales y en las prácticas agrícolas.

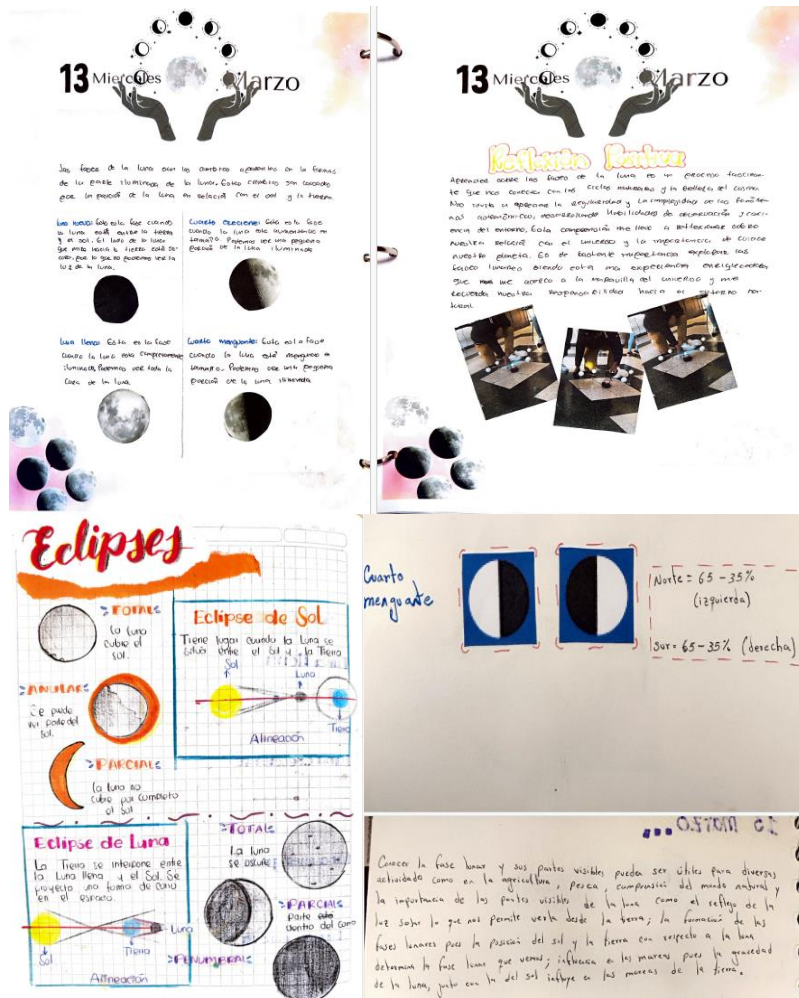
La actividad continuó con una exploración detallada de los movimientos de la Luna, tales como su rotación y traslación sincronizada, que hace que siempre se observe la misma cara lunar desde la Tierra. Este fenómeno despertó el interés de los estudiantes, quienes reflexionaron sobre cómo la rotación sincronizada de la Luna influye en la percepción humana y ha generado una notable riqueza de relatos en las culturas del mundo.

Finalmente, se utilizaron simuladores de eclipses para ilustrar los fenómenos de los eclipses solares y lunares. A través de simulaciones interactivas, los estudiantes observaron cómo los alineamientos específicos entre el Sol, la Tierra y la Luna dan lugar a estos eventos astronómicos. El simulador permitió ajustar la perspectiva y los ángulos de observación, lo cual ayudó a los estudiantes a visualizar los tipos de eclipses (parciales, totales y anulares) y las condiciones necesarias para que se produzcan. Esta parte práctica fue clave para que comprendieran que los eclipses no ocurren en cada ciclo lunar debido a la inclinación de la órbita lunar respecto al plano de la órbita terrestre.

En sus diarios de campo, ver figura 43, los estudiantes registraron sus reflexiones sobre la importancia de estos fenómenos y su impacto en la comprensión de los ciclos naturales. Documentaron, además, cómo esta actividad incrementó su comprensión de los eclipses, resaltando la utilidad de los simuladores para visualizar conceptos difíciles de observar en situaciones

cotidianas (Vallejo V, 2022). Algunos estudiantes reflexionaron sobre la relevancia cultural e histórica de estos fenómenos, señalando cómo los eclipses han sido interpretados de diversas maneras por culturas antiguas, desde augurios hasta eventos de gran simbolismo.

Figura 43 Actividad Luna, relaciones Luna, Tierra, Sol, Diarios de Campo E18, E6 y E10.



La discusión posterior a la actividad permitió compartir estas reflexiones y evaluar la eficacia de los métodos utilizados. La combinación de exposiciones magistrales con simuladores demostró ser efectiva, ya que facilitó una comprensión más integral de los fenómenos, promoviendo la curiosidad y el análisis. Esta actividad subrayó la importancia de utilizar herramientas visuales y tecnológicas para ilustrar conceptos astronómicos, lo cual resulta

especialmente útil en la enseñanza de temas abstractos y complejos. Además, se resaltó el valor de comprender los movimientos y fases de la Luna como una parte fundamental del conocimiento científico en astronomía, así como su conexión con la historia y la cultura, lo cual enriquece la enseñanza de esta ciencia y fomenta una visión integral en la formación de futuros docentes de ciencias naturales.

7.3.4.3 Actividad 8: Características de los planetas del Sistema Solar

En la octava actividad, los estudiantes participaron en una visita virtual que les permitió explorar en detalle cada uno de los planetas de nuestro sistema. A través de imágenes de alta resolución tomadas de los canales oficiales de NASA, ESA y otras agencias espaciales, se revisaron aspectos fundamentales de cada planeta, su dinámica, composición y condiciones particulares, destacando los conocimientos obtenidos a partir de misiones y sondas que han contribuido a nuestra comprensión de estos cuerpos celestes. Esta exploración virtual facilitó un aprendizaje visual y detallado que sería difícil de replicar únicamente a través de descripciones teóricas.

La actividad inició con un recorrido virtual por cada planeta, desde Mercurio hasta Neptuno, en el que los estudiantes pudieron observar características distintivas como los impactantes anillos de Saturno, las tormentas gigantes de Júpiter, las condiciones extremas de Venus y la superficie marciana, que ha sido uno de los focos principales de exploración espacial debido a su interés astrobiológico. A medida que los estudiantes avanzaban, se explicaba la composición de cada planeta, su estructura interna, y otros fenómenos particulares, sus movimientos, sistemas de anillos y las lunas notables que orbitan algunos de estos planetas. Estas observaciones visuales proporcionaron un contexto significativo para comprender cómo varían las condiciones y composiciones entre los planetas rocosos y los gigantes gaseosos.

Además, se abordaron los conceptos de dinámica planetaria y condiciones de habitabilidad, discutiendo las diversas variables que influyen la posibilidad de vida en otros cuerpos planetarios. La actividad incluyó la identificación de las zonas habitables en relación con la distancia al Sol y cómo factores como la atmósfera y la presencia de agua líquida son críticos en la búsqueda de condiciones de vida similares a las de la Tierra. En este contexto, los estudiantes discutieron las características de Marte y algunas lunas de Júpiter y Saturno, como Europa y

Encélado, que han despertado el interés de la comunidad científica debido a sus potenciales reservas de agua bajo sus superficies (Sepulcre, 2014; Soriano López, 2020).

Para enriquecer la actividad, se incluyó un segmento dedicado a las misiones de exploración que han ampliado nuestro conocimiento sobre cada uno de estos planetas, tales como las sondas Voyager, Galileo, Cassini y New Horizons, entre otras. Los estudiantes se familiarizaron con los instrumentos y objetivos de estas misiones, comprendiendo cómo estas sondas han permitido obtener información detallada sobre las características atmosféricas, geológicas y magnéticas de estos planetas, y cómo continúan enviando datos desde los confines del Sistema Solar.

En sus diarios de campo, figura 44, los estudiantes documentaron sus reflexiones y observaciones sobre la actividad, anotando sus impresiones y conclusiones sobre las particularidades de cada planeta y la diversidad del sistema solar. Algunos estudiantes expresaron su asombro ante las diferencias extremas entre los planetas rocosos y los gigantes gaseosos, así como la notable influencia de las condiciones ambientales en cada planeta. También se incluyó una reflexión sobre el proceso de formación planetaria a partir de la nebulosa protoplanetaria, que dio origen al sistema solar, destacando la importancia de la gravedad y los materiales iniciales en la formación de los planetas y sus estructuras orbitales.

Figura 44 Actividad Características del Sistema Solar, Diarios de Campo E15, E20 y E19 respectivamente.

The figure consists of two parts: handwritten notes on the left and a printed diagram on the right.

Handwritten notes (left):

dia = 18 de marzo del 2024

El sistema solar

Es un sistema planetario compuesto por el sol y todos los objetos celestes que orbitan a su alrededor debido a la fuerza de gravedad. Estos objetos incluyen planetas, planetas enanos, asteroides, cometas, meteoroides y otros cuerpos celestes más pequeños.

- **El sol:** Es una estrella de tipo espectral G2V que contiene más del 99.8% de la masa total del Sistema Solar. Es la fuente primaria de luz y energía para los cuerpos que lo orbitan. Está compuesto principalmente de hidrógeno (alrededor del 74%) y helio (alrededor del 24%). El 2% restante consiste en elementos más pesados.
- Es la región central donde ocurren las reacciones nucleares que liberan energía; la temperatura en el núcleo del sol es de aproximadamente 15 millones de grados Celsius.
- El sol presenta un ciclo de actividad de aproximadamente 11 años conocido como ciclo solar.
- Las manchas solares son regiones más frías y oscuras en la superficie del sol.
- Las prominencias y llamaradas solares son erupciones de gas y energía desde la superficie del sol.
- El viento solar es una corriente de partículas cargadas (electrones y protones) que se emiten desde la corona del sol.
- La corona es la atmósfera exterior del sol y es visible durante un eclipse solar total.
- El sol contiene más del 99.8% de la masa total del sistema solar.
- El sol está a unos 149.6 millones de kilómetros de la Tierra.
- Se estima que el sol tiene alrededor de 4600 millones de años de edad y se espera que dure otros cinco mil millones de años.

Printed diagram (right):

sol

Diagrama del interior del sol con capas: Núcleo, Zona radiativa, Zona convectiva, Fotosfera, Cromosfera, Corona.

PLANETAS: MERCURIO

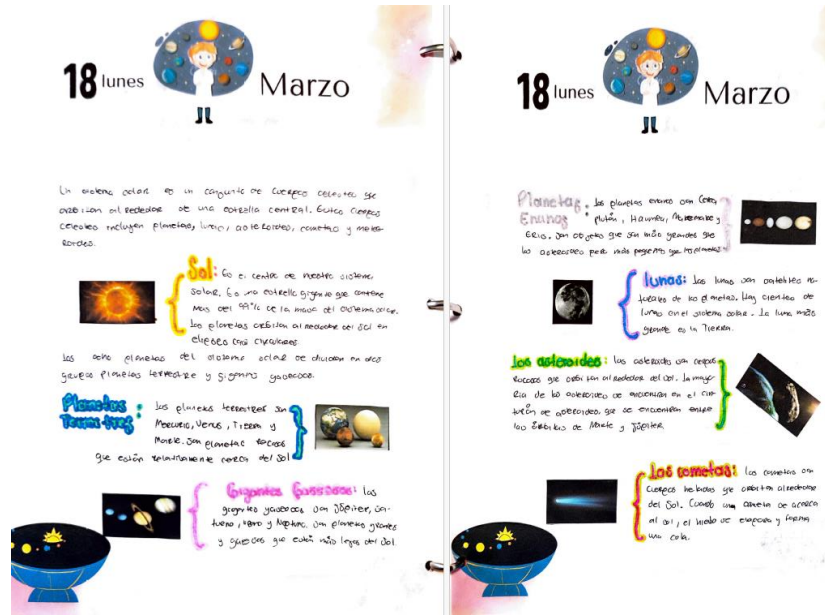
• Es el planeta más pequeño de los ocho planetas principales, con un diámetro de 4.880 km lo que lo hace un poco más grande de la luna.

Órbita: Tiene una órbita de distancia media de 57,9 millones de km.

Rotación: Tiene un día solar muy largo en comparación con su año. 88 días terrestres en completar su rotación.

Temperatura: Durante el día alcanzan 430°C (800°F) mientras que en la noche desciende a -180°C.

- Es visible desde la Tierra con el ojo desnudo.

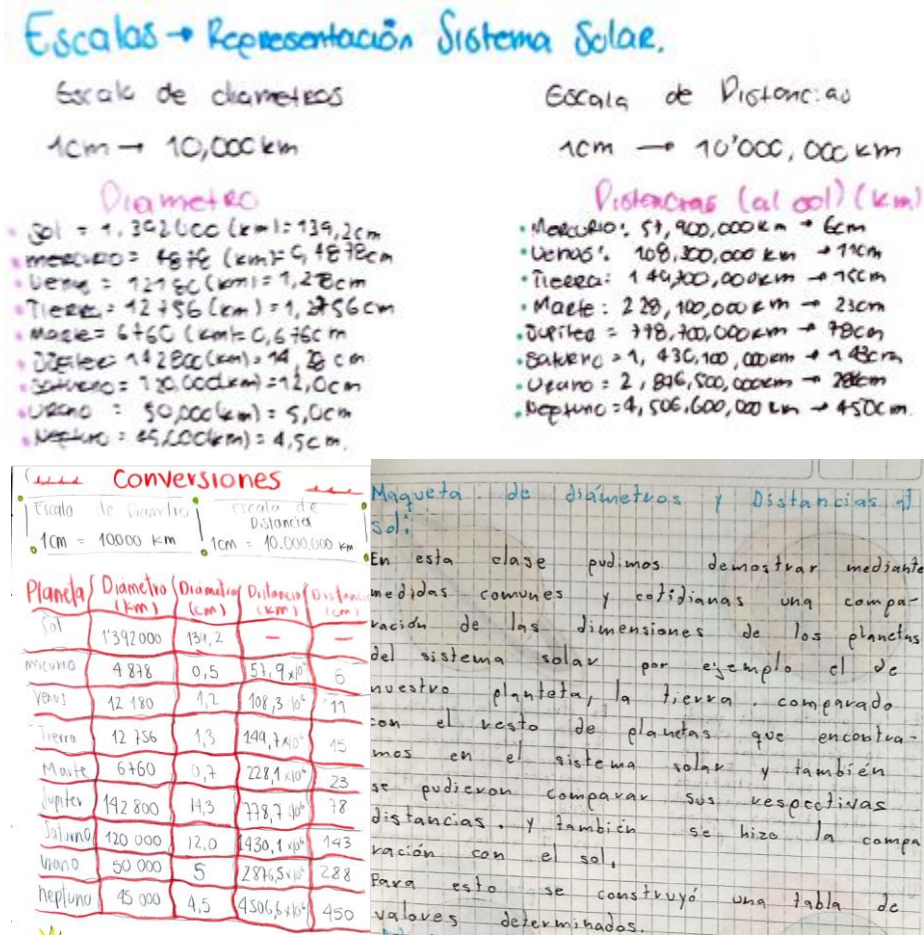


La discusión posterior a la actividad resaltó el valor de la visita virtual y de los recursos visuales en la enseñanza de la astronomía, especialmente para comprender la diversidad de cuerpos planetarios y las condiciones de habitabilidad en el Sistema Solar. Los estudiantes reconocieron que este enfoque visual y experiencial facilita una comprensión más profunda de conceptos complejos y promueve una apreciación por la riqueza de nuestro sistema solar, además de fomentar una curiosidad científica en torno a los esfuerzos continuos de exploración y estudio espacial. En conclusión, la actividad subrayó la importancia de combinar recursos digitales y teóricos en el aprendizaje de la astronomía, preparando a los futuros docentes para aplicar estos enfoques innovadores en su enseñanza y así enriquecer la comprensión científica de sus futuros estudiantes.

7.3.4.3 Actividad 9: Escalas en el Sistema Solar

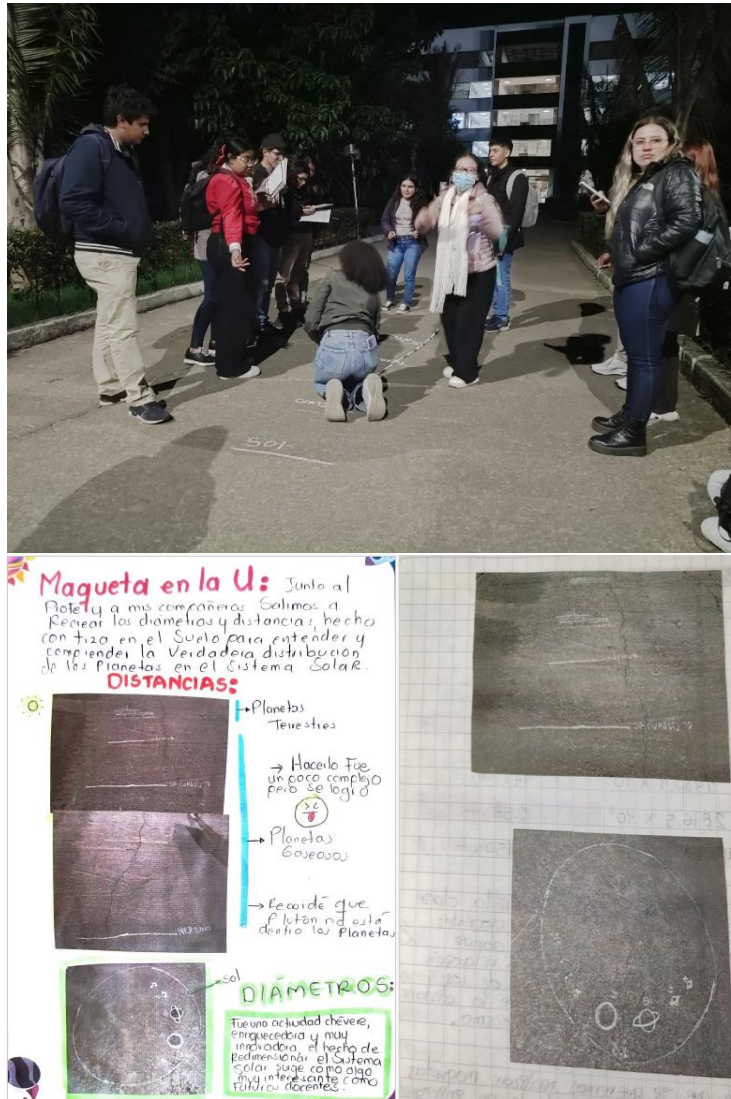
En la novena actividad, se buscó que los estudiantes comprendieran de manera profunda y significativa las inmensas distancias y tamaños relativos de los cuerpos que conforman nuestro Sistema Solar. Para ello, la actividad comenzó con una fase de cálculo y conceptualización en la que se abordaron, de manera diferenciada, dos aspectos fundamentales: la escala de diámetros de los planetas y la escala de distancias de cada planeta respecto al Sol, ver figura 45. Esta fase introductoria fue crucial, pues permitió a los estudiantes realizar un análisis cuantitativo de las proporciones y entender la magnitud de las cifras que caracterizan al Sistema Solar.

Figura 45 Construcción de escala de diámetros y distancias para los planetas del Sistema Solar. Diarios de Campo E18, E16 y E1 respectivamente.



Una vez obtenidos los cálculos, se procedió a la representación física de ambas escalas en un espacio amplio de la universidad. Los estudiantes emplearon tiza para marcar en el suelo las posiciones relativas de los planetas desde el Sol, siguiendo estrictamente las escalas previamente calculadas, ver figura 46. Esta visualización tangible y a gran escala permitió no solo una experiencia de aprendizaje activo, sino que también ofreció a los estudiantes una percepción espacial concreta de las proporciones y distribuciones de los cuerpos celestes en nuestro sistema solar, una experiencia que trasciende los métodos convencionales de enseñanza de la astronomía.

Figura 46 Escala de diámetros y distancias con los planetas del Sistema Solar, Fotografía de la representación de las escalas, diarios de campo E20 y E15 respectivamente.



Durante la actividad, emergieron reflexiones significativas en torno a las prácticas tradicionales en el sistema educativo, particularmente sobre la construcción de maquetas del Sistema Solar, una tarea común en los niveles escolares. Los estudiantes discutieron cómo estas maquetas tienden a combinar de manera incorrecta las escalas de distancia y diámetro, lo que resulta en representaciones desproporcionadas y, en muchos casos, conceptualmente incorrectas (Cardona Lara, 2020; Gonçalves & Compiani, 2023). Esta actividad permitió a los futuros docentes observar de primera mano las limitaciones de tales enfoques y reconocer cómo pueden llevar a concepciones erróneas sobre la estructura y disposición del Sistema Solar.

A medida que los estudiantes observaban las proporciones reales de los planetas en relación con el Sol, fue evidente su sorpresa ante la vastedad del espacio y las dimensiones del sistema solar.

Esta actividad reveló, de forma palpable, la pequeñez de los planetas en comparación con el Sol y la gran distancia que separa cada cuerpo celeste. Aspectos como el enorme vacío entre los planetas exteriores y la notable diferencia de tamaño entre cuerpos como Júpiter y los planetas rocosos fueron temas de discusión, destacando cómo una representación a escala transforma la comprensión de la estructura cósmica.

Para documentar y reflexionar sobre sus experiencias, los estudiantes registraron en su “Libro Vivo” sus observaciones y aprendizajes de esta actividad. En estos diarios de campo, reflejaron no solo los aspectos técnicos y los valores obtenidos, sino también sus impresiones sobre la diferencia entre esta actividad y las representaciones tradicionales que, hasta ese momento, les habían sido familiares. Las entradas del diario demostraron una conciencia crítica creciente sobre la necesidad de metodologías que respeten la realidad científica, y muchos estudiantes expresaron su interés en replicar esta experiencia en sus futuras prácticas docentes para proporcionar a sus estudiantes una comprensión más auténtica y profunda de la astronomía.

Además, esta actividad promovió una discusión sobre la importancia de la precisión en las representaciones científicas en la educación. Los estudiantes reflexionaron sobre cómo una comprensión errónea de la escala en el Sistema Solar podría generar en los estudiantes concepciones inexactas sobre nuestro lugar en el universo y la disposición de los cuerpos celestes. La experiencia les permitió comprender que, para enseñar ciencia de manera efectiva, es esencial representar los fenómenos de forma que mantenga su relación con la realidad física, sin caer en simplificaciones que puedan distorsionar la percepción del estudiante (Golombek, 2008).

Desde una perspectiva metodológica, esta actividad integró diversos aspectos del conocimiento pedagógico que los estudiantes como futuros docentes deben desarrollar. La experiencia les mostró cómo una representación física puede complementar y enriquecer la comprensión teórica de conceptos complejos. Así, aprendieron que la combinación de experiencias visuales, espaciales y numéricas facilita un aprendizaje más profundo, ya que permite que el estudiante construya un conocimiento propio basado en la observación directa y la experimentación a escala.

En otras palabras, el impacto de esta actividad en la conciencia espacial y en la percepción del universo fue un logro significativo en el proceso de formación de estos futuros docentes. La representación a escala generó una comprensión contextualizada de nuestro sistema solar, una habilidad que podrán trasladar a sus prácticas de enseñanza, promoviendo en sus futuros

estudiantes una visión científica y menos idealizada del cosmos. De esta manera, la actividad sobre escalas en el sistema solar no solo fue una experiencia pedagógica enriquecedora, sino que también representó un ejercicio de reflexión sobre la importancia de las representaciones precisas y científicas en la educación astronómica, que contribuirá a la formación de docentes comprometidos con una educación basada en la verdad científica y la comprensión profunda de los fenómenos astronómicos.

7.3.4.3 Actividad 10: Juego de Roles; Formulación de una Misión Espacial

En esta actividad se desarrolló una actividad de evaluación que consistió en la formulación de una misión espacial por parte de los estudiantes. La actividad se llevó a cabo mediante un juego de roles, en el que los estudiantes asumieron el papel de equipos de planificación de misiones espaciales. Cada grupo debía diseñar una misión ficticia, considerando diversos aspectos científicos, técnicos y logísticos que se presentan en las misiones reales, y plasmarlo en un formato estructurado. Este enfoque de evaluación tenía el objetivo de evidenciar la apropiación conceptual y procedimental alcanzada por los estudiantes hasta ese momento en el curso, incluyendo temas como la dinámica de los cuerpos en el Sistema Solar, la tecnología espacial, y la importancia de los riesgos y el presupuesto en la planificación de misiones.

La plantilla de la misión, denominada "Programa de Misión Espacial Escolar," fue utilizada como guía y constaba de varias secciones que los estudiantes debían completar con información relevante para su misión. Cada equipo debía definir el objetivo principal de su misión, elegir el cuerpo celeste que explorarían (como planetas, lunas o asteroides), detallar el diseño y las especificaciones técnicas de la nave espacial, y planificar las operaciones de comunicación, navegación y control. También se les pidió que analizaran los posibles riesgos técnicos y ambientales, propusieran estrategias de mitigación, y estimaran un presupuesto, así como potenciales fuentes de financiación. Finalmente, debían considerar el impacto científico y tecnológico de su misión y desarrollar una estrategia de divulgación y educación pública.

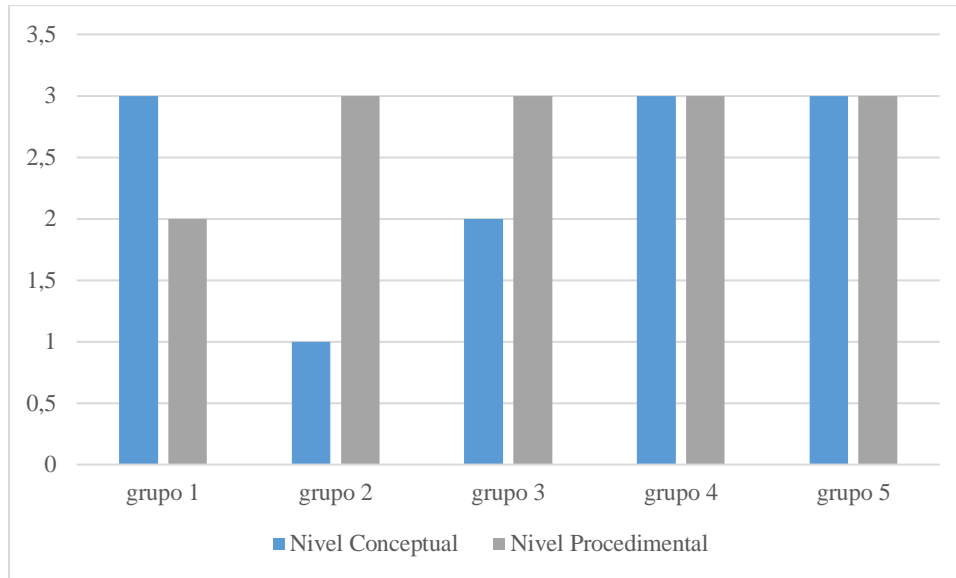
Esta actividad no solo permitió evaluar el conocimiento de los estudiantes sobre el contenido científico del curso, sino también desarrollar habilidades de colaboración y resolución de problemas en un contexto aplicado. A continuación, en la tabla 9, se sintetizan los componentes de la misión espacial que cada equipo debía considerar:

Tabla 9*Componentes propuestos para la misión espacial.*

| Sección | Descripción |
|--------------------------|---|
| Objetivo de la Misión | Objetivo Principal: Definir el propósito de la misión (exploración, investigación, etc.). Cuerpo Destino: Seleccionar el cuerpo del Sistema Solar a explorar (planetas, lunas, asteroides, cometas). Objetivos Secundarios: Identificar otros objetivos adicionales de la misión. |
| Diseño de la Misión | Trayectoria y Lanzamiento: Ventana de lanzamiento, tipo de órbita, método para llegar al destino. Diseño de la Nave Espacial: Estructura, materiales, sistemas de propulsión y soporte vital, subsistemas. Instrumentación y Carga Útil: Instrumentos científicos, experimentos, tecnologías de demostración. |
| Operaciones de la Misión | Comunicaciones: Estrategias de transmisión de datos, frecuencias y tecnología de comunicación. Navegación y Control de la Misión: Sistemas de navegación, planificación de maniobras. Gestión de Datos: Almacenamiento y análisis de datos. |
| Análisis de Riesgos | Identificación de Riesgos: Riesgos técnicos y ambientales. Mitigación de Riesgos: Estrategias de redundancia y planes de contingencia. |
| Presupuesto y Logística | Costos Estimados: Desarrollo, construcción, lanzamiento y operaciones de la misión. Financiación y Patrocinios: Fuentes de financiación y posibles colaboraciones. |
| Impacto y Divulgación | Impacto Científico y Tecnológico: Contribuciones esperadas a la ciencia y tecnología. Divulgación y Educación: Estrategias de divulgación pública y programas educativos asociados. |

La actividad fue especialmente útil para evidenciar la capacidad de los estudiantes para aplicar sus conocimientos teóricos en un contexto práctico y simulado, promoviendo una experiencia de aprendizaje significativa y motivadora. A través de esta experiencia, los estudiantes pudieron entender la complejidad y el rigor que implica la planificación de una misión espacial, así como la importancia de la colaboración y el trabajo en equipo en el desarrollo de proyectos científicos.

Figura 47 *Desempeño en la formulación de la misión espacial por grupos de trabajo.*



En la figura 47 ilustra los niveles de logro alcanzados por cada grupo en dos dimensiones clave: el Nivel Conceptual y el Nivel Procedimental. Estos niveles se miden en una escala del 1 al 3, donde 3 representa un desempeño sobresaliente, 2 un desempeño adecuado, y 1 un desempeño básico o con áreas de mejora significativas. Este enfoque permitió una evaluación diferenciada que ofrece una visión clara de las fortalezas y áreas de mejora en cada grupo.

Al observar los resultados en el Nivel Conceptual, se nota que la mayoría de los grupos alcanzaron un nivel 3, reflejando una comprensión profunda de los conceptos teóricos fundamentales para la planificación de misiones espaciales. Esto incluye conocimientos sobre los cuerpos celestes, las dinámicas del Sistema Solar, y los fundamentos científicos detrás de las misiones espaciales. Sin embargo, el Grupo 2 presentó un desempeño menor en esta dimensión, situándose en el nivel 1, lo que indica que podrían necesitar un refuerzo en los conceptos fundamentales para lograr una comprensión más sólida.

En el Nivel Procedimental, los resultados muestran que la mayoría de los grupos lograron aplicar de manera efectiva sus conocimientos teóricos en la formulación de la misión espacial, alcanzando un nivel 3. Esto implica que fueron capaces de integrar aspectos técnicos y logísticos como la planificación de trayectorias, el diseño de naves espaciales, y la identificación y mitigación de riesgos de forma adecuada. El Grupo 1, sin embargo, alcanzó el nivel 2 en esta dimensión, lo que sugiere que, aunque lograron un desempeño satisfactorio, aún existen aspectos

procedimentales que podrían mejorarse, especialmente en áreas como la planificación detallada de maniobras y la gestión de datos.

El análisis de la figura permite destacar que, en general, la actividad fue exitosa en fortalecer tanto el conocimiento conceptual como las habilidades procedimentales de los estudiantes. Los altos niveles alcanzados en ambas dimensiones por la mayoría de los grupos sugieren que la metodología de juego de roles, combinada con la estructura detallada de la plantilla de misión, fue efectiva para promover un aprendizaje activo y contextualizado, figura 48. Este tipo de actividades, que simulan situaciones reales y complejas, a través de los juegos de roles, son fundamentales en la formación docente, ya que no solo promueven la comprensión teórica, sino también el desarrollo de habilidades críticas para la práctica profesional en entornos educativos y científicos (Melo Herrera & Hernández Barbosa, 2014; Vílchez González & Ramos Tamajón, 2015).

Figura 48 Apartado de la misión espacial formulada por el grupo 4.

The figure displays several pages from a mission planning document for the 'Programa de Misión Espacial Escolar' (School Mission Program). The documents are organized into sections:

- 1. Objetivo de la Misión:** Focuses on identifying physical characteristics of planets like Venus and Mars, and analyzing their geological and atmospheric data.
- 2. Diseño de la Misión:** Details the mission's trajectory, launch window (June 2028), and the use of a Titanium Ti-6Al-4V alloy for the spacecraft structure.
- 3. Operaciones de la Misión:** Describes the system architecture, data processing, and the use of a 3D visualization tool for mission simulation.
- 4. Análisis de Riesgo:** Identifies risks such as communication system failure, data loss, and launch window constraints.
- 5. Presupuesto y Logística:** Provides a financial overview, including a total budget of \$200,000,000 and a breakdown of costs for development, launch, and operations.

The documents include technical diagrams, tables, and detailed text descriptions of mission goals, constraints, and resource requirements.

En conclusión, la actividad de formulación de una misión espacial logró integrar de manera exitosa el conocimiento astronómico con habilidades de planificación, análisis de riesgos y trabajo

en equipo. La evaluación diferenciada entre niveles conceptuales y procedimentales evidenció el grado de apropiación de los contenidos y permitió identificar áreas específicas de mejora, particularmente en el fortalecimiento del conocimiento teórico para ciertos grupos y en la aplicación práctica para otros.

7.3.4.3 Actividad 11: Evolución Estelar

En la Actividad 11, los estudiantes exploraron en profundidad los procesos de nucleosíntesis y evolución estelar, desde los primeros instantes del universo hasta las últimas fases de vida de las estrellas. Esta actividad, diseñada para comprender cómo se originan y transforman los elementos en el universo, fue desarrollada a través de una combinación de presentaciones teóricas y simulaciones prácticas. Durante las sesiones, se analizaron en detalle las diferentes etapas de la nucleosíntesis: primordial, estelar, del medio interestelar y de supernova, cada una de las cuales aporta elementos clave al universo.

En el ámbito teórico, se abordó la nucleosíntesis primordial, que dio origen a los elementos ligeros como el hidrógeno y el helio poco después del Big Bang. Luego, se profundizó en la nucleosíntesis estelar, donde los estudiantes estudiaron cómo las estrellas, a través de la fusión nuclear en sus núcleos, generan elementos más pesados hasta llegar al hierro. Este proceso es esencial para la evolución de las estrellas y está determinado en gran medida por su masa, lo que influye en su ciclo de vida y en las etapas evolutivas que atraviesan.

La nucleosíntesis en el medio interestelar fue otro tema abordado, enfocándose en cómo las estrellas, al terminar su ciclo, devuelven al medio interestelar elementos pesados, enriqueciendo el material que luego forma nuevas estrellas y planetas. Por último, se explicó la nucleosíntesis en supernovas, que es fundamental para la creación de elementos aún más pesados que el hierro, los cuales se originan durante las explosivas muertes de estrellas masivas. Los estudiantes discutieron los tipos de supernovas y cómo estas contribuyen de manera significativa al enriquecimiento químico de las galaxias.

En la práctica, los estudiantes utilizaron simulaciones para modelar la evolución estelar, observando las transformaciones de estrellas de diferentes masas y analizando cómo estos cambios estructurales llevan a distintas etapas evolutivas, como la secuencia principal, la fase de gigante roja, y los estadios finales que resultan en la formación de enanas blancas, estrellas de neutrones o agujeros negros. Estas simulaciones permitieron que los estudiantes visualicen el impacto de la

nucleosíntesis en el universo y la diversidad de procesos que conducen a la formación de nuevos elementos y estructuras cósmicas.

Cada estudiante documentó sus observaciones, reflexiones y aprendizajes sobre estos procesos en su diario de campo, figura 49, allí no solo registraron los conceptos adquiridos, sino también sus propias reflexiones sobre la importancia de los procesos de nucleosíntesis y evolución estelar en el contexto de la ciencia y la enseñanza de la astronomía. Los estudiantes describieron cómo la comprensión de estos procesos profundos les permite contextualizar temas complejos en el aula, desde el origen de los elementos hasta la evolución de las estrellas y la formación de estructuras galácticas.

Figura 49 Actividad de Evolución Estelar, Aparatados diario de campo E10, E11, E15 y E18.

Fusión de helio
 También conocida como fusión triple alfa, es una reacción nuclear que ocurre en las estrellas masivas que ya han agotado el hidrógeno en su núcleo y se ha convertido en helio. En esta etapa la presión de radiación es tan alta que algunas de las reacciones pueden ser más lentas que otras, pero al final el resultado es la creación de algunos de los elementos más pesados como el carbono y el oxígeno.

Nebulosa planetaria
 Son nubes de gas y polvo expulsadas por estrellas moribundas. Estas estrellas algunas vez fueron como nuestro sol pero ahora se han expandido a grandes volúmenes y han comenzado a arrojar su capa exterior al espacio.

Remanente estelar
 Son las partes de estrellas que han muerto y se forman cuando una estrella agota su combustible y colapsa.

Diagrama de Fusión de Helio: Muestra un núcleo central de Helio (He) rodeado por Carbono (C) y Oxígeno (O). Flechas indican la dirección de la fusión nuclear.

Diagrama de Nebulosa Planetaria: Muestra una estrella central rodeada por una nebulosa de gas y polvo.

Diagrama de Remanente Estelar: Muestra una estrella central rodeada por una nebulosa de gas y polvo.

Fecha 8 de abril del 2021
 Nombre de estudiante: Santiago
 Número de matrícula: 1003
 Institución: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia
 Profesor: Iván Daniel Alvarado Valdebenito

Descripción de las prácticas
 Evolución estelar

A través del video de los TICS como herramienta de apoyo se plantea el tema de la evolución estelar la cual describe los cambios que tiene una estrella a lo largo de su vida hasta el momento de su muerte donde se liberan los elementos químicos a una nueva generación de estrellas. En este proceso se liberan algunos de los elementos más pesados de otros más ligeros en algunos casos incluso se liberan elementos más pesados que el hierro como el oro y el platino.

Podemos definir este proceso de nucleosíntesis como el ordenamiento de los átomos en el núcleo de la estrella durante su vida. Los átomos se combinan en los núcleos de las estrellas para formar otros más pesados. Este proceso se conoce como nucleosíntesis estelar. En este proceso se liberan algunos de los elementos más pesados de otros más ligeros en algunos casos incluso se liberan elementos más pesados que el hierro como el oro y el platino.

Es así que al estudiar el universo observamos un estado de plasma la fusión nuclear que libera energía y los elementos que se forman en el núcleo de las estrellas. Los elementos más pesados se forman en el momento de la explosión de las estrellas cuando se liberan los elementos más pesados de otros más ligeros en algunos casos incluso se liberan elementos más pesados que el hierro como el oro y el platino.

Es así que se da la nucleosíntesis estelar donde la energía de las estrellas se libera y se convierte en energía que se libera al espacio.

Unos de los elementos más pesados que se liberan en la evolución estelar son:

Después de leer el artículo en clase, se debe leer el artículo "El origen de los elementos y los diversos mecanismos de nucleosíntesis" y en grupos debemos escribir el análisis de ciertos apartados para luego socializar como padrones explicando de manera más práctica y sencilla a nuestros estudiantes.

8 Lunes Abril

Revolución Científica

La revolución científica y la revolución copernicana del período renacentista y barroco en el siglo XVI, marcaron el comienzo de la configuración de la ciencia moderna. Esto se debió a un conjunto de factores como el surgimiento de la imprenta, el comercio, el descubrimiento del telescopio y el desarrollo de la astronomía observacional. En este período se desarrollaron los fundamentos de la física y la astronomía, así como el método científico. Los científicos de este período se basaron en la observación y el experimento para explicar los fenómenos naturales. Este período marcó el inicio de la era científica, que se caracterizó por el uso de la razón y la evidencia empírica para explicar los fenómenos naturales. Este período también marcó el inicio de la era moderna, que se caracterizó por el uso de la tecnología y la ciencia para mejorar la vida humana.

Los registros en el diario de campo evidenciaron un proceso de sistematización y reflexión continua. Los estudiantes, al escribir sobre los aspectos que les resultaban más impactantes o difíciles de comprender, desarrollaron una perspectiva crítica sobre su aprendizaje y una mayor conciencia de los desafíos y oportunidades que implica enseñar temas tan complejos. Algunos reflexionaron sobre cómo presentar estos temas en el contexto educativo, considerando estrategias que faciliten la comprensión de conceptos abstractos, como el uso de analogías y modelos visuales. Otros destacaron la importancia de integrar simulaciones y herramientas tecnológicas para mostrar la evolución estelar y la creación de elementos de manera accesible y didáctica.

Esta actividad no solo promovió un entendimiento profundo sobre la evolución estelar y la nucleosíntesis, sino que, a través del uso del diario de campo, permitió a los futuros docentes desarrollar habilidades fundamentales para su formación profesional. La práctica de registrar y reflexionar en el diario no solo facilitó la consolidación del conocimiento, sino que también proporcionó un espacio para evaluar y ajustar sus propias estrategias pedagógicas. La sistematización de sus experiencias en el diario fomentó en los estudiantes una capacidad crítica y reflexiva, que es esencial en la labor docente, especialmente al enseñar temas científicos complejos. Este ejercicio de reflexión les ayuda a identificar los elementos clave que deben enfatizarse en el aula, además de permitirles planificar actividades de aprendizaje que contextualicen los conceptos astronómicos de manera significativa para sus futuros estudiantes.

7.3.4.3 Actividad 12: Espectroscopía y Diagrama HR

En la actividad, se llevó a cabo una exploración exhaustiva de conceptos fundamentales en la astrofísica moderna, utilizando tanto herramientas caseras como análisis científicos detallados. La actividad comenzó con la construcción de un espectrómetro casero por parte de los estudiantes, una herramienta que les permitió observar y analizar la descomposición de la luz en sus componentes espectrales, figura 50. Este proceso no solo introdujo a los estudiantes en los principios básicos de la espectroscopía, sino que también les brindó una comprensión práctica sobre cómo los diferentes materiales emiten o absorben luz en distintas longitudes de onda.

Figura 50 *Espectrómetro casero.*



Durante la sesión inicial, se explicó el concepto de espectro electromagnético, enfatizando las diferentes bandas de energía que componen la luz, desde las ondas de radio hasta los rayos gamma. Este enfoque permitió a los estudiantes apreciar la amplia gama de información que se puede obtener al observar distintos segmentos del espectro. Además, se abordaron temas clave como las interacciones entre luz y materia, destacando cómo los átomos y moléculas absorben y emiten luz en patrones específicos, conocidos como espectros de absorción y emisión. Estos patrones constituyen la base de la espectroscopía y son herramientas esenciales para identificar la composición de estrellas y otros objetos celestes.

Un componente esencial de la actividad fue la Ley de Wien, que describe cómo la longitud de onda de la luz emitida por un cuerpo negro se desplaza en función de su temperatura. Los estudiantes exploraron cómo esta ley permite inferir la temperatura de las estrellas y otros cuerpos celestes a partir del color de su luz. Con el espectrómetro casero, los estudiantes visualizaron los espectros de diferentes materiales, observando cómo cada elemento químico tiene un "patrón de líneas" característico. Esta actividad práctica facilitó la comprensión de cómo los astrónomos pueden deducir la composición química de objetos astronómicos al comparar sus espectros con los de sustancias conocidas.

Posteriormente, se introdujo el Diagrama Hertzsprung-Russell (HR), una herramienta fundamental en la astronomía para clasificar las estrellas en función de su temperatura y luminosidad. Se explicó la estructura del diagrama, donde las estrellas de secuencia principal, gigantes rojas supergigantes y enanas blancas ocupan posiciones específicas. A través de una actividad de observación, los estudiantes intentaron clasificar diferentes estrellas en el Diagrama HR, basándose en sus características observables. Este ejercicio les permitió poner en práctica sus conocimientos de espectroscopía y comprender mejor las etapas de evolución estelar.


Para consolidar su aprendizaje, los estudiantes corroboraron sus clasificaciones de estrellas utilizando fuentes científicas confiables, como artículos de investigación y bases de datos astronómicas. Esta comparación les brindó una perspectiva crítica sobre la precisión de sus observaciones y les permitió reconocer la importancia de la verificación científica en el análisis astronómico. La experiencia de clasificar estrellas en el Diagrama HR les permitió apreciar la complejidad de la vida estelar y la riqueza de información que se puede obtener mediante el análisis de la luz de los astros.

Cada estudiante registró sus observaciones, reflexiones y hallazgos en su diario de campo ver figura 51. Este diario les permitió documentar los resultados obtenidos con el espectrómetro, describir el procedimiento de construcción y uso de esta herramienta, así como sus conclusiones sobre la composición de los materiales observados. Además, en sus reflexiones, los estudiantes discutieron cómo este conocimiento podría aplicarse en un contexto educativo, y plantearon posibles actividades para explicar la espectroscopía y el Diagrama HR a sus futuros estudiantes.

Figura 51 *Actividad Espectrometría y Diagrama HR, apartados de los diarios de campo E20, E18, E10 y E11.*

ACTIVIDAD

1. Elegir una de aquellas que se visualizan y explicar la razón del espectro observado.



SIRIUS
Es una estrella de tipo espectral A1V que indica una temperatura superficial de 25000 K. Tiene un período de 365 días. Está compuesta de hidrógeno y helio. Tiene una magnitud aparente de -1.46, que la convierte en la más brillante del cielo nocturno.
Tiene líneas de absorción de Hidrógeno y de Ca, Fe, Mg.
2. En Stellarium elegir 3 estrellas y analizarla a partir del diagrama HR

ALPHA LEONIS:
Tipo espectral B1V. Tiene una temperatura superficial relativamente alta alrededor de 33000 K.
Luminosidad: Magnitud aparente de alrededor de 1.4, lo que la convierte en una de las más brillantes.
Su espectro está dominado por líneas de absorción de H, He y otras asociadas.

GAMMA LEONIS:
Es una estrella de tipo espectral K1III lo que indica una temperatura superficial baja alrededor de 5500 a 5000 K.
Luminosidad: Es una estrella gigante Naranja con magnitud aparente de 2.1. Se ubica en etapa avanzada de evolución.

POREIMA:
Es una estrella de tipo espectral F0V que indica una temperatura bastante alta pero no tan caliente como T de 6000 a 7500 K.
Luminosidad: Es una estrella subgigante, más brillante y grande que la mayoría de las estrellas de su tipo.

Frías las Estrellas Frías

Para comprender la evolución de las estrellas es necesario que se considere:

- La estructura interna de las estrellas es una estrella no es estática. Depende de la potencia y la distancia.
- Es vital el intercambio energético a la energía e inhomogeneidad observada en el interior de la estrella.

¿Qué observamos en el cielo?

- Estrellas frías producen luz amarilla, roja y naranja.
- Estrellas calientes producen luz azul y la temperatura de color observamos en parte de color.


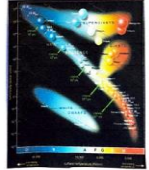


Diagrama HR

Para un año, los astros de las estrellas de la secuencia principal que se encuentran en la secuencia principal de una estrella y su temperatura puede variar (pero no es el caso de las estrellas). Se relacionan con su temperatura de color. Hay más estrellas que se encuentran en la zona de la secuencia principal que en la zona de las gigantes y más estrellas que se encuentran en la zona de las gigantes que en la zona de las supergigantes.


$T_{\text{eff}} = 5762 \text{ K}$




DÍA: Abril 15/2024

Experiencia de Herschel: Detección de Radiación Infrarroja

Espectrómetro: Es un aparato capaz de analizar el espectro de Frecuencias características de un Movimiento Ondulatorio.



Mediante un CD o DVD se realiza el espectrómetro.
En mi caso use CD.
Posteriormente se pliega y se separa para observar el rango.
Se obtuvo pero no se ve este si.
La experiencia fue muy bonita.
Aprendí que un DVD no es mejor que un CD.
Se evidencia que con experiencias sencillas se pueden recibir fenómenos fascinantes.

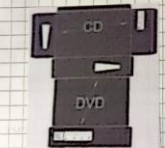



Descripción de práctica:

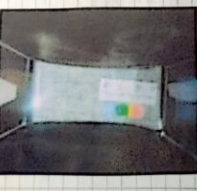
Utilizando uno de un módulo de prepare una fotocopia para recortar y poner en forma de espectrómetro que sumado a un CD que juntos formaron el espectrómetro con el cual permite observar la detección de la luz infrarroja. Desde se realizó la puesta en práctica del módulo para observar la luz y de do la explicación del docente de su funcionamiento.

Reflexión pedagógica:

A través del uso de estos talleres experimentales con la ayuda de materiales sencillos se obtiene como lo es el CD y el módulo impreso es posible aprender en muchos entornos los conceptos teóricos propuestos en clase desarrollados en un aprendizaje significativo para los niños.







Entio (Llamado en el gráfico)

| | S | B | R | N | A | M | N | |
|----------------------|---|---|---|---|---|---|---|--|
| Color de la estrella | | | | | | | | |

El uso del diario de campo fue especialmente relevante en esta actividad, ya que permitió a los estudiantes reflexionar críticamente sobre cada etapa del proceso y desarrollar una perspectiva autocrítica sobre sus propios avances en el entendimiento de la espectroscopía y la clasificación estelar. A través de la sistematización de sus observaciones, los estudiantes adquirieron habilidades esenciales para la enseñanza de las ciencias, como la capacidad de registrar procedimientos y resultados de manera rigurosa, lo cual es fundamental en su formación como docentes de ciencias.

Esta actividad fue integral en el desarrollo de competencias tanto conceptuales como prácticas en astrofísica. La construcción del espectrómetro casero y el uso del Diagrama HR como herramienta de clasificación permitieron a los estudiantes acercarse a métodos científicos que se

utilizan en la investigación astronómica de manera accesible y tangible. A nivel educativo, esta actividad demuestra la efectividad de un enfoque práctico para la enseñanza de conceptos complejos, que permite a los estudiantes desarrollar una comprensión profunda y aplicada de la espectroscopía y la evolución estelar.

La práctica de documentar sus observaciones en el diario de campo refuerza la importancia de la sistematización en el aprendizaje de las ciencias y promueve en los estudiantes una actitud investigativa. A través de sus reflexiones y registros, los futuros docentes aprendieron a reconocer las dificultades y beneficios de adaptar herramientas científicas al aula, fortaleciendo así su preparación para enseñar astronomía de manera rigurosa y contextualizada. La actividad también fomentó habilidades de observación, análisis y sistematización, las cuales son fundamentales para interpretar fenómenos complejos y para guiar a sus futuros estudiantes en la exploración del universo a través de métodos científicos.

7.3.4.3 Actividad 11: Apuntes Básicos de Cosmología

En la actividad, los estudiantes se adentraron en uno de los campos más complejos y fascinantes de la astronomía: el estudio del origen y evolución del universo. La actividad comenzó con la lectura y análisis de un artículo científico que abordaba las principales pruebas observacionales que sustentan la teoría del Big Bang. Este ejercicio permitió a los estudiantes explorar de manera detallada las evidencias que respaldan el modelo cosmológico estándar, tales como la expansión del universo, la homogeneidad en su composición química, y la radiación de fondo de microondas.

El primer aspecto abordado fue la expansión del universo, un fenómeno crucial para entender el Big Bang. Se discutió cómo Edwin Hubble, al observar que las galaxias se alejan unas de otras a velocidades proporcionales a su distancia, dedujo que el universo se está expandiendo. Este hallazgo fue fundamental para validar la hipótesis de que el universo tuvo un origen en un estado extremadamente denso y caliente. Los estudiantes reflexionaron sobre la importancia de las observaciones espectroscópicas en este contexto, particularmente el efecto Doppler y el corrimiento al rojo, herramientas que permiten medir la velocidad de recesión de las galaxias. A través de este análisis, comprendieron cómo los datos empíricos son fundamentales en la construcción de teorías científicas sólidas.

Otro pilar de la teoría del Big Bang que se exploró fue la homogeneidad en la composición química del universo, específicamente la abundancia de elementos ligeros como el hidrógeno y el helio. La nucleosíntesis primordial, que tuvo lugar en los primeros minutos tras el Big Bang, produjo estos elementos en proporciones específicas que se mantienen uniformes en las regiones más distantes del cosmos. Los estudiantes analizaron cómo la presencia de estas proporciones en el universo observable apoya la idea de un origen común y uniforme, brindando una visión de cómo se formaron los primeros núcleos atómicos y estableciendo una base para la química cósmica. Esta discusión también permitió retomar y vincular conocimientos previos sobre la nucleosíntesis estelar, facilitando una comprensión más amplia de cómo los elementos más pesados se forman posteriormente en el ciclo de vida de las estrellas.

Además, se abordó una de las pruebas más convincentes del Big Bang: la radiación cósmica de fondo (CMB, por sus siglas en inglés). Esta radiación, detectada por primera vez en 1965 por Arno Penzias y Robert Wilson, representa el "eco" del Big Bang y es una de las evidencias más directas de este modelo. A través de simulaciones y análisis de datos, los estudiantes exploraron cómo la CMB, una forma de radiación de microondas que permea el universo, conserva un registro del estado del cosmos cuando tenía apenas 380,000 años. Discutieron cómo la temperatura casi uniforme de la CMB, con pequeñas fluctuaciones, es consistente con un universo que pasó por una fase de inflación rápida y homogénea, dando lugar a la estructura que hoy observamos en galaxias y cúmulos galácticos.

Luego de estudiar las pruebas del Big Bang, la actividad se expandió hacia temas más avanzados de cosmología, incluyendo la materia y la energía oscuras. Se introdujo a los estudiantes en estos conceptos fundamentales que constituyen aproximadamente el 95% de la composición total del universo y que aún son objeto de intenso estudio en la física moderna. La materia oscura, que interactúa gravitacionalmente pero no emite luz, fue discutida en el contexto de su efecto en la dinámica de las galaxias y en la formación de estructuras a gran escala en el universo. Por otro lado, la energía oscura, que se cree que está impulsando la expansión acelerada del universo, permitió a los estudiantes reflexionar sobre cómo este misterioso componente desafía los modelos físicos actuales y plantea preguntas aún sin resolver en cosmología.

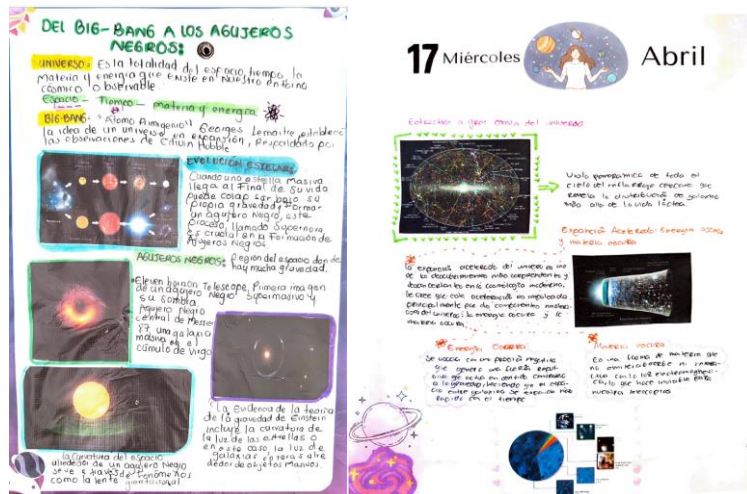
La actividad culminó con la visualización de simulaciones sobre agujeros negros, un tema que generó gran interés y curiosidad entre los estudiantes. A través de simulaciones y recursos audiovisuales, se ilustraron los efectos gravitacionales extremos de los agujeros negros y su papel

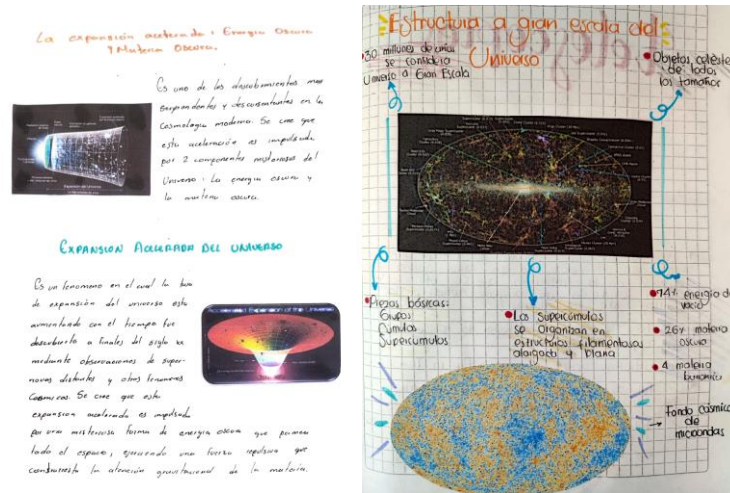
en la evolución de las galaxias. Los estudiantes observaron cómo estos objetos deforman el espacio-tiempo, absorben la materia circundante, y emiten radiación en las etapas finales de acreción, ofreciendo una perspectiva visual sobre fenómenos que son difíciles de conceptualizar debido a su naturaleza extrema. Este ejercicio no solo ilustró los principios de relatividad general de Einstein, sino que también permitió a los estudiantes conectar la teoría de agujeros negros con conceptos de energía y materia oscura, explorando cómo estos fenómenos cósmicos podrían influir en la estructura y el destino del universo.

El diario de campo fue una herramienta esencial durante esta actividad, ya que permitió a los estudiantes sistematizar sus reflexiones y documentar su comprensión de cada concepto abordado, ver figura 52, los estudiantes registraron sus observaciones sobre las pruebas del Big Bang, sus reflexiones sobre la composición del universo y sus reacciones ante las simulaciones de agujeros negros. Este registro personal ayudó a consolidar su aprendizaje y a desarrollar una visión crítica sobre la cosmología, permitiéndoles integrar conceptos abstractos en un marco de entendimiento más amplio. Además, los estudiantes incluyeron en sus diarios sus propias interpretaciones y preguntas, fomentando una práctica reflexiva que es fundamental en la formación docente.

Figura 52

Actividad de apuntes básicos de Cosmología, apartados de diarios de campo E20, E18, E12 y E6.





La actividad de Apuntes Básicos de Cosmología fue una experiencia interdisciplinaria y crítica para los estudiantes, en la que combinaron el análisis de artículos científicos con la observación de simulaciones y la reflexión teórica. La inclusión de temas como el Big Bang, la materia oscura, la energía oscura y los agujeros negros permitió a los estudiantes construir un entendimiento sólido sobre los procesos que rigen el universo y el estado actual de la investigación en cosmología. Esta actividad promovió el desarrollo de habilidades de análisis crítico y conceptualización, esenciales para que los futuros docentes de ciencias puedan transmitir estos temas complejos a sus propios estudiantes.

La actividad demostró la importancia de una educación científica contextualizada y basada en evidencias, en la que los estudiantes no solo reciben información, sino que también investigan, cuestionan y construyen activamente su conocimiento. A través del diario de campo, los estudiantes sistematizaron su experiencia y desarrollaron una capacidad crítica para evaluar la validez de las pruebas científicas, una habilidad esencial en la educación actual y en el desarrollo de una ciudadanía informada y reflexiva.

7.3.4.3 Actividad 11: Telescopios e Instrumentos Ópticos

En la actividad final de la asignatura, se realizó un recorrido exhaustivo por los diferentes tipos de telescopios e instrumentos ópticos utilizados en astronomía. Este módulo se enfocó en el reconocimiento de los telescopios como herramientas esenciales para la observación y el estudio del universo, abordando tanto su clasificación como sus propiedades ópticas. Los estudiantes exploraron los distintos tipos de telescopios, como los refractores, reflectores y telescopios de tipo

catadióptrico, y aprendieron sobre sus ventajas, limitaciones y aplicaciones específicas en la astronomía moderna.

Para llevar a cabo esta actividad, se utilizaron videos especializados y consultas en bases de datos académicas que proporcionaron información detallada sobre los componentes y el funcionamiento de cada tipo de telescopio. Los videos permitieron una visualización detallada de los sistemas ópticos internos, ayudando a los estudiantes a comprender los principios físicos que permiten la captación y ampliación de la luz proveniente de cuerpos celestes lejanos. Además, se realizaron análisis sobre el uso de diferentes longitudes de onda en la observación astronómica, destacando cómo los telescopios no solo operan en el rango de la luz visible, sino que también se extienden a otras partes del espectro electromagnético, como el infrarrojo y los rayos X, para explorar fenómenos que de otro modo serían invisibles al ojo humano.

Otro aspecto fundamental abordado fue la identificación de las condiciones óptimas para la observación astronómica. Los estudiantes discutieron factores ambientales y técnicos que afectan la calidad de las observaciones, tales como la contaminación lumínica, la estabilidad atmosférica y la altitud del lugar de observación. A través de estudios de casos y ejemplos de observatorios reconocidos mundialmente, comprendieron por qué muchos telescopios de investigación se sitúan en zonas de gran altitud y en regiones con cielos despejados, como el desierto de Atacama en Chile. Asimismo, se abordaron las limitaciones inherentes a la observación desde la Tierra y la importancia de los telescopios espaciales, como el Hubble y el James Webb, que operan fuera de la atmósfera terrestre y, por lo tanto, no están sujetos a las distorsiones que esta genera.

El diario de campo, evidenciado en la figura 53 fue nuevamente una herramienta clave en esta actividad. Los estudiantes documentaron sus reflexiones sobre los diferentes tipos de telescopios y sus propiedades, así como sus conclusiones sobre las mejores prácticas para la observación astronómica. Esta práctica les permitió consolidar su comprensión de los conceptos técnicos y reflexionar sobre el impacto que estos conocimientos pueden tener en su futura labor docente. A través de sus anotaciones, los estudiantes no solo registraron la información técnica aprendida, sino que también analizaron cómo podrían incorporar este conocimiento en la enseñanza de la astronomía en el aula, utilizando ejemplos accesibles y actividades prácticas que demuestren el uso de instrumentos ópticos de manera comprensible para sus futuros estudiantes.

Figura 53 *Actividad de telescopios y observación astronómica, diarios de campo E18, E11 y E12.*

6 Lunes Mayo

Las Observaciones en estas longitudes de onda están resueltas imágenes que antes eran invisibles.

El almuerzo tenía abalanzada la investigación astronómica.

Imágenes de satélite tomadas con un telescopio en la superficie de la tierra.

La misma imagen tomada con el telescopio espacial más por encima de la atmósfera terrestre.

¿Cuál es el movimiento correcto de porque se favorecen los telescopios de espejo grande en la actualidad y es raro para hacer grandes de espejos nuevos en el centro de la galaxias?

PTA // No se puede construir un telescopio en la atmósfera por las condiciones extremas de temperatura y aislamiento.

Los telescopios han jugado un papel fundamental en el desarrollo de la astronomía, permitiéndonos observar objetos celestes con mayor detalle y observar objetos celestes a mayor distancia. Muchos de ellos se encuentran en las montañas y otros en el espacio.

Los telescopios espaciales han sido esenciales para nuestra comprensión del universo, sin ellos no podríamos observar objetos que nunca antes habíamos podido ver y han llevado a innumerables descubrimientos científicos.

¿Preguntas?

¿Cuál es el movimiento correcto de porque se favorecen los telescopios de espejo grande en la actualidad y es raro para hacer grandes de espejos nuevos en el centro de la galaxias?

¿De los espejos grandes se favorecen la fabricación de un espejo nuevo?

¿De los espejos grandes se favorecen la fabricación de un telescopio que funciona en la atmósfera?

¿De los espejos grandes se favorecen la fabricación de un telescopio que funciona en el espacio?

Los telescopios espaciales ofrecen una ventaja enorme con una mínima interferencia atmosférica por nuestra atmósfera. Para estudiar los objetos gamma de el espacio, sería necesario colocar el telescopio en órbita.

La luz es un fenómeno ondulatorio y se comporta como una onda. Los telescopios de espejo grande captan más luz y por lo tanto pueden observar objetos más débiles y a mayor distancia.

El telescopio espacial más grande jamás lanzado es el James Webb Space Telescope (JWST), que tiene un espejo primario de 6.5 metros de diámetro. Este telescopio fue lanzado en diciembre de 2021 y comenzó a operar en julio de 2022. Está ubicado en el punto de Lagrange L2, a unos 1.5 millones de kilómetros de la Tierra.

Los telescopios de espejo grande también tienen ventajas en términos de costo y mantenimiento. Los telescopios terrestres pueden ser reparados y actualizados más fácilmente que los telescopios espaciales, que requieren misiones de mantenimiento costosas y complejas.

En conclusión, los telescopios de espejo grande son una herramienta esencial para la astronomía moderna, permitiéndonos explorar el universo con mayor detalle y profundidad que nunca antes.

6 mayo

Telescopios

Los telescopios son instrumentos que nos permiten observar objetos celestes, desde nuestra proximidad hasta y más allá de la galaxia.

Refractores

Este telescopio utiliza lentes para refractar y dirigir la luz hacia un punto, sea el tipo de telescopio más antiguo y sencillo, y se conocen por su sencilla calidad de imagen.

Reflejos

Este telescopio usa espejos para reflejar la luz en un punto. Son mucho más compactos y convenientes que los telescopios refractores de gran tamaño, y son populares para la observación astronómica aficionada.

Catadióptricos

Este telescopio usa una combinación de lentes y espejos para refractar y reflejar la luz. Combinan las ventajas de los telescopios refractores y reflejos, y son populares para la observación astronómica aficionada y profesional.

Esta actividad final permitió a los estudiantes consolidar sus aprendizajes y completar su formación en astronomía con una visión integral de las herramientas y metodologías de observación. El análisis de telescopios e instrumentos ópticos proporcionó un contexto práctico y aplicado al estudio del universo, permitiéndoles entender las técnicas y tecnologías que impulsan el avance en esta área científica. Esta comprensión técnica es fundamental para los futuros docentes, quienes podrán transmitir estos conocimientos en el aula, fomentando una apreciación más profunda de la astronomía en sus estudiantes y despertando su interés en la observación científica del cielo.

Al finalizar esta actividad, los estudiantes reconocieron la importancia de los telescopios no solo como instrumentos de observación, sino también como puentes que conectan a la

humanidad con el cosmos, extendiendo los límites de lo que podemos observar y comprender sobre nuestro universo. Este enfoque práctico, basado en evidencias y reflexiones personales a través del diario de campo, consolidó una formación docente que integra no solo conocimientos teóricos, sino también habilidades críticas y metodológicas para inspirar a sus propios estudiantes a explorar y valorar la astronomía (Domènech-Casal & Ruiz-España, 2017).

En conclusión, la asignatura “Astronomía para la Educación” brindó a los estudiantes una formación integral y profunda que les permitió experimentar la astronomía desde una perspectiva activa y reflexiva, situando el aprendizaje en contextos reales y relevantes para su formación como docentes. Las actividades implementadas en el curso fueron diseñadas cuidadosamente para desarrollar competencias en múltiples dimensiones, tanto conceptuales como procedimentales y actitudinales, con un enfoque en la enseñanza de conceptos astronómicos y su conexión con la práctica pedagógica. Esta experiencia de aprendizaje interdisciplinario, que combinó conocimientos científicos con habilidades pedagógicas, promovió una comprensión detallada y aplicada de los fenómenos astronómicos, al mismo tiempo que desarrolló en los estudiantes la capacidad de enseñar estos temas de manera significativa y crítica.

Desde el punto de vista conceptual, los estudiantes lograron apropiarse de los principios fundamentales de la astronomía, como las coordenadas celestes, los movimientos de la Tierra, las características de la Luna y los planetas del sistema solar, la evolución estelar y las bases de la cosmología. Sin embargo, ciertos temas más avanzados, como la espectroscopía y la interpretación del Diagrama Hertzsprung-Russell, presentaron mayores retos para algunos estudiantes, ya que requieren un dominio más profundo de conceptos físicos y matemáticos. A pesar de esto, la combinación de explicaciones teóricas y actividades prácticas facilitó una comprensión amplia de estos contenidos, y los estudiantes lograron avanzar en la comprensión de estos temas mediante la observación directa y el uso de simuladores. La actividad de clasificación de estrellas en el Diagrama HR, por ejemplo, les permitió no solo familiarizarse con las etapas de la evolución estelar, sino también aplicar sus conocimientos de espectroscopía de manera práctica, lo cual afianzó su comprensión de estos conceptos a través de la experiencia directa.

En el ámbito procedimental, el curso permitió a los estudiantes desarrollar habilidades concretas y aplicadas que resultan esenciales para la enseñanza de la astronomía en un entorno educativo. Actividades como la construcción de un espectrómetro casero, la representación a escala del sistema solar y las observaciones astronómicas con software especializado como Stellarium,

promovieron la apropiación de habilidades técnicas y metodológicas en los estudiantes. A través de estas prácticas, los estudiantes aprendieron a utilizar herramientas tecnológicas, a realizar observaciones precisas y a sistematizar sus experiencias, habilidades que serán valiosas en su futura labor docente. El uso del “Libro Vivo” como diario de campo jugó un rol crucial en la consolidación de estas habilidades procedimentales, ya que brindó un espacio para que los estudiantes registraran sus observaciones y reflexionaran sobre sus aprendizajes de forma estructurada y continua, lo cual contribuyó a desarrollar en ellos una práctica investigativa y reflexiva.

En cuanto al desarrollo actitudinal, el curso promovió en los estudiantes una actitud investigativa, reflexiva y crítica hacia el conocimiento astronómico y su enseñanza. Al confrontar temas complejos, como las diferencias entre astrología y astronomía, y al explorar cómo distintas culturas interpretan el cielo, los estudiantes fueron motivados a cuestionar y analizar creencias populares, a comprender la importancia de basarse en evidencias científicas y a valorar la astronomía como una herramienta de conocimiento crítico. Este enfoque fomentó en los estudiantes una perspectiva interdisciplinaria y una apreciación por la diversidad de interpretaciones culturales sobre el cosmos, desarrollando en ellos una apertura intelectual y un respeto por el conocimiento científico riguroso. Además, el curso enfatizó la responsabilidad de los futuros docentes en la educación científica de sus estudiantes, promoviendo el desarrollo de una ética profesional comprometida con la verdad científica y la formación de ciudadanos críticos e informados.

A lo largo de la asignatura, se observó un crecimiento progresivo en la motivación pedagógica y didáctica de los estudiantes. Las actividades diseñadas no solo se enfocaron en la comprensión de conceptos astronómicos, sino que también buscaron que los estudiantes reflexionaran sobre cómo enseñar estos temas de manera efectiva. El “Libro Vivo” facilitó este proceso, al ofrecer un espacio de reflexión donde los estudiantes podían analizar su propio proceso de aprendizaje y considerar las implicaciones pedagógicas de las actividades realizadas. Los estudiantes documentaron sus ideas sobre cómo adaptar los contenidos astronómicos a distintos niveles educativos, integrando herramientas digitales y recursos accesibles que facilitarían la comprensión de estos temas en el aula. De esta manera, la asignatura fomentó una reflexión continua sobre el acto de enseñar, incentivando en los estudiantes una visión crítica de su rol como futuros educadores y motivándolos a innovar en sus prácticas didácticas.

Sin embargo, quedaron algunos aspectos pendientes que podrían explorarse en futuras implementaciones del curso. Algunos estudiantes manifestaron la necesidad de profundizar en temas específicos, como el análisis detallado de espectros y el uso de instrumentos más avanzados de observación, así como la relación entre los fenómenos astronómicos y otras disciplinas científicas, como la física y la geografía. Además, sería beneficioso incorporar más sesiones de práctica de observación astronómica directa y actividades que integren simulaciones avanzadas de evolución cósmica, lo cual permitiría a los estudiantes desarrollar una visión aún más amplia y contextualizada de la astronomía.

La asignatura “Astronomía para la Educación” logró no solo fortalecer el conocimiento disciplinar de los estudiantes en astronomía, sino también desarrollar habilidades prácticas, promover actitudes reflexivas y críticas, e incentivar una aproximación didáctica y pedagógica en su aprendizaje. La experiencia de llevar un diario de campo y de realizar actividades prácticas y contextualizadas consolidó una formación integral que prepara a los futuros docentes para abordar la astronomía desde una perspectiva científica, educativa y cultural. Este enfoque interdisciplinario y reflexivo fomenta una visión holística de la enseñanza de la astronomía, que los estudiantes podrán transmitir en sus futuras aulas, inspirando a sus propios estudiantes a explorar el universo con curiosidad, rigor científico y una apreciación crítica por el conocimiento astronómico.

7.3.5 La formación inicial docente en astronomía; Elementos desde la experiencia realizada.

La formación inicial de docentes en astronomía requiere un enfoque que integre conocimiento disciplinar profundo con una comprensión sólida de la didáctica específica y la pedagogía. A partir de la experiencia desarrollada en la asignatura "Astronomía para la Educación," se ha podido observar que una formación docente eficaz en este campo debe ser construida sobre pilares teóricos que involucren el conocimiento disciplinar, pedagógico y didáctico de manera articulada. En este sentido, la formación docente en astronomía debe ir más allá de la mera transmisión de contenidos, promoviendo en los futuros docentes una postura reflexiva, crítica y fundamentada que les permita comprender y enseñar la astronomía de manera contextualizada y significativa.

Un primer aspecto crucial es la apropiación del conocimiento disciplinar de la astronomía. La experiencia en el curso mostró que los docentes en formación deben dominar conceptos fundamentales, como los sistemas de coordenadas, los movimientos de la Tierra, las características

de los cuerpos celestes, la evolución estelar, y las bases de la cosmología, para poder explicarlos de manera clara y precisa. Este dominio disciplinar, sin embargo, debe ir acompañado de una habilidad para hacer estos contenidos accesibles a los estudiantes, adaptándolos a contextos educativos diversos. En palabras de Shulman, se trata de no solo poseer un “dominio de la asignatura,” sino también de hacerlo inteligible (Shulman, 1987). Así, una formación docente en astronomía no solo debe enfatizar la adquisición de conocimientos científicos, sino también la capacidad de comunicarlos y adaptarlos a distintos niveles de enseñanza, abordando temas complejos de manera que puedan ser comprendidos y aplicados por los estudiantes.

Otro elemento clave es el desarrollo de habilidades procedimentales específicas de la astronomía. A lo largo del curso, se evidenció la importancia de que los futuros docentes adquieran competencias técnicas en el uso de herramientas y recursos de observación astronómica, como los telescopios, los espectrómetros caseros, los softwares de simulación y muy importante el desarrollo de habilidades de observación y sistematización para hacer astronomía a ojo desnudo. La práctica de actividades como la construcción de maquetas a escala y la utilización de Stellarium para la observación celeste son ejemplos de estrategias que, además de facilitar el aprendizaje de conceptos teóricos, permite a los estudiantes experimentar de manera tangible los fenómenos astronómicos. La capacidad de utilizar y enseñar estas herramientas es fundamental para la formación de un docente competente en astronomía, ya que estas actividades no solo desarrollan habilidades técnicas, sino que también fomentan una comprensión más profunda de los fenómenos observacionales y permiten a los docentes transmitir este conocimiento de forma práctica y accesible.

La dimensión actitudinal también es esencial en la formación docente en astronomía. La experiencia en el curso demostró que el fomento de una actitud crítica y reflexiva es crucial para que los futuros docentes no solo dominen el contenido científico, sino que también sean capaces de abordar la astronomía desde una perspectiva interdisciplinaria y contextualizada. Esto incluye, por ejemplo, la capacidad de distinguir entre ciencia y pseudociencia, un aspecto abordado en las discusiones sobre astrología y astronomía. El desarrollo de esta actitud crítica permite a los docentes en formación comprender la relevancia cultural y social de la astronomía y, al mismo tiempo, transmitir a sus estudiantes una visión científica y basada en evidencias de los fenómenos astronómicos. De esta manera, los docentes no solo adquieren conocimientos y habilidades

técnicas, sino que también desarrollan un compromiso ético con la educación científica, que es fundamental en su futura labor.

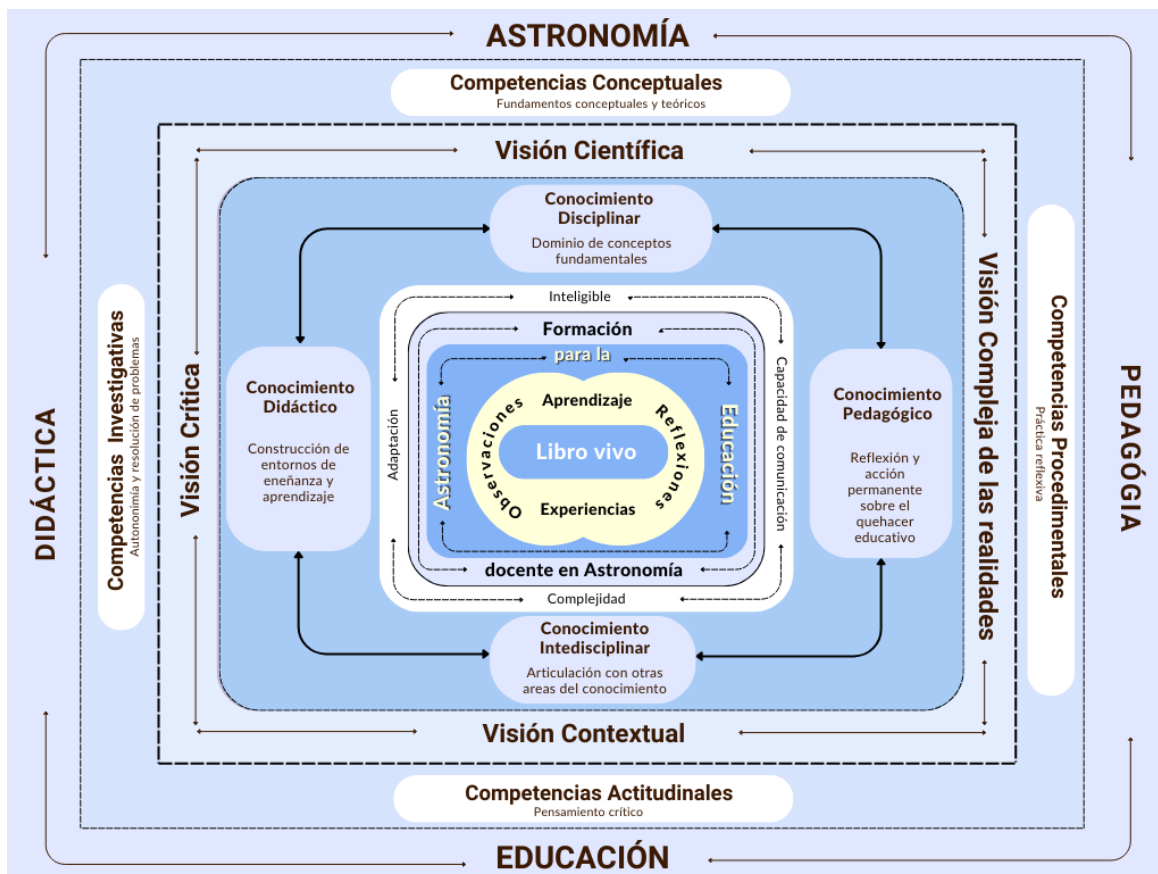
Para lograr una formación docente efectiva en astronomía, es necesario integrar estos elementos en un entorno de aprendizaje que promueva la reflexión continua y la sistematización de experiencias. La implementación del “Libro Vivo” o diario de campo en el curso se consolidó como una herramienta valiosa para fomentar esta práctica reflexiva. Los estudiantes documentaron sus observaciones, reflexiones y aprendizajes en cada actividad, lo cual les permitió no solo consolidar su conocimiento, sino también analizar su propio proceso formativo. Esta sistematización de experiencias ayuda a los futuros docentes a desarrollar una postura crítica y a identificar áreas de mejora en su práctica pedagógica. El diario de campo se convierte, entonces, en un recurso que no solo fortalece el aprendizaje teórico y práctico, sino que también fomenta el desarrollo de una autoevaluación continua, indispensable para la formación de un docente reflexivo.

En términos de didáctica, la formación docente en astronomía debe centrarse en la construcción de entornos de aprendizaje que integren el conocimiento disciplinar, pedagógico y didáctico de manera coherente y contextualizada. La experiencia realizada demostró la efectividad de utilizar actividades prácticas, simulaciones, observaciones directas y recursos digitales como medios para facilitar el aprendizaje de la astronomía. Estas estrategias no solo permiten que los estudiantes comprendan conceptos astronómicos abstractos, sino que también promueven el desarrollo de habilidades de observación y análisis, que son fundamentales en la enseñanza de las ciencias naturales. La creación de estos entornos de aprendizaje requiere que los docentes en formación desarrollen una visión integral de su rol, en la cual el conocimiento astronómico esté intrínsecamente ligado a la práctica pedagógica y al contexto educativo.

A manera de conclusión, es importante reconocer que la formación inicial docente en astronomía debe ser un proceso dinámico y flexible, que permita a los futuros docentes adaptarse a los cambios y avances en el campo de la astronomía y la educación científica. La astronomía es una disciplina en constante evolución, y los docentes deben estar preparados para actualizar sus conocimientos y adaptarse a nuevos descubrimientos y tecnologías. En este sentido, la formación docente en astronomía debe incluir una dimensión de educación continua, en la cual los futuros docentes adquieran no solo conocimientos específicos, sino también la capacidad y disposición para seguir aprendiendo y actualizándose a lo largo de su carrera profesional.

De esta manera y teniendo en cuenta la figura 54, la formación inicial docente en astronomía debe basarse en una articulación sólida entre el conocimiento disciplinar, pedagógico y didáctico, que permita a los futuros docentes enseñar la astronomía de manera significativa, crítica y contextualizada. Esta formación debe incluir el desarrollo de competencias conceptuales, procedimentales y actitudinales, así como la promoción de una práctica reflexiva a través de herramientas como el diario de campo. La experiencia realizada en el curso “Astronomía para la Educación” representa un modelo efectivo para la formación docente en astronomía, que integra la observación, el uso de herramientas digitales, la contextualización cultural y la reflexión pedagógica. Este enfoque interdisciplinario y reflexivo no solo prepara a los futuros docentes para transmitir conocimientos astronómicos en sus futuras aulas, sino que también fomenta en ellos una actitud investigativa y un compromiso con la educación científica basada en evidencia, que es esencial para formar ciudadanos críticos y bien informados en una sociedad cada vez más compleja y científica.

Figura 54 Modelo de formación inicial docente en astronomía.



Fuente: El autor

7.3.5.1 La trama didáctica; una alternativa para darle estructura a los procesos de enseñanza y aprendizaje en la enseñanza de la astronomía

La trama didáctica facilita que los docentes en formación estructuren su pensamiento pedagógico y adapten su conocimiento disciplinar a situaciones de enseñanza concretas. En este contexto, la trama didáctica les permitió visualizar y organizar el aprendizaje de sus futuros estudiantes de manera progresiva, logrando una secuenciación coherente y estructurada. Además, el diseño de tramas didácticas aporta significativamente a la formación docente al promover una integración entre lo conceptual y lo metodológico, brindando a los estudiantes herramientas para hacer inteligible la astronomía desde una perspectiva crítica, fundamentada y accesible.

Este ejercicio de diseño no solo fortaleció sus habilidades para planificar de forma estructurada y coherente, sino que también promovió el desarrollo de habilidades reflexivas. Al enfrentarse al reto de planificar la enseñanza de la astronomía, los futuros docentes aprendieron a considerar los aspectos epistemológicos e históricos de los conceptos astronómicos, a construir una red conceptual adecuada, y a pensar en las conexiones interdisciplinarias que se pueden establecer en torno a la astronomía. Estas experiencias enriquecen sus futuras prácticas educativas, ya que les permiten pensar en la enseñanza de la astronomía desde un enfoque contextualizado y multidimensional, teniendo en cuenta el perfil de sus estudiantes, el contexto de aprendizaje y los recursos disponibles.

7.3.5.1 Estructura de la Trama Didáctica

A continuación, se presenta la tabla 10, en la cual se sintetiza, la estructura de la trama didáctica que se solicitó a los docentes en formación, esta incluye los elementos esenciales que facilitaron el desarrollo de esta propuesta de enseñanza en astronomía:

Tabla 10

Estructura de la trama didáctica.

| Sección | Descripción |
|----------------------------|---|
| Identificación de la Trama | Área, asignatura, semestre, nombres de profesor en formación y titular, fecha y destinatarios de la trama. Establece el contexto y características específicas de la propuesta. |

| | |
|---------------------------------------|--|
| Objetivos | Incluye objetivos específicos en tres dimensiones: Saber (conocimientos), Saber Hacer (habilidades) y Saber Ser (actitudes). |
| Justificación | Expone la relevancia de la enseñanza de los contenidos, enfatizando la importancia de la astronomía en la educación científica y ciudadana. |
| Aspectos Epistemológicos e Históricos | Revisión del desarrollo histórico y epistemológico de los conceptos astronómicos, facilitando una comprensión profunda y fundamentada. |
| Marco Teórico | Fundamentos teóricos en didáctica y astronomía que apoyan las estrategias de enseñanza propuestas. |
| Red Conceptual | Organización visual de los conceptos clave y sus interrelaciones para facilitar la enseñanza y comprensión de los temas tratados. |
| Aspectos Interdisciplinarios | Identificación de conexiones con otras áreas de conocimiento, mostrando la astronomía como una disciplina integrada y conectada. |
| Aspectos Pedagógicos | Estrategias pedagógicas basadas en teorías de aprendizaje como el constructivismo y el aprendizaje basado en indagación. |
| Diseño Didáctico | Secuenciación de las actividades de enseñanza para lograr una progresión coherente y significativa de los conceptos. |
| Exploración de Conocimientos Previos | Actividades y estrategias para evaluar conocimientos previos de los estudiantes, ajustando así el enfoque de la enseñanza. |
| Evaluación Diagnóstica | Análisis de los resultados de la evaluación inicial, facilitando la adaptación de la trama en función de las necesidades de los estudiantes. |
| Momentos de la Clase | Organización de las sesiones en fases (introducción, desarrollo, cierre), asegurando claridad y coherencia en el proceso de enseñanza-aprendizaje. |
| Evaluación de la Sesión de Clase | Reflexión y análisis de la efectividad de cada sesión, identificando áreas de mejora y ajuste. |
| Recursos | Herramientas y materiales necesarios para la enseñanza de los conceptos, incluyendo simuladores, telescopios virtuales, etc. |
| Referencias | Fuentes académicas que apoyan el marco teórico y conceptual de la trama, brindando rigor y fundamentación a las actividades de enseñanza. |
| Anexos | Material adicional como fichas de trabajo, actividades complementarias y modelos de evaluación que enriquecen la trama. |

Fuente: Trama didáctica para la articulación del conocimiento disciplinar, pedagógico y didáctico del profesor en formación. (Pedraza-Jiménez, 2021)

Este enfoque les permitió a los docentes en formación reflexionar y organizar de manera sistemática su enseñanza, fortaleciendo su capacidad para adaptarse y diseñar propuestas didácticas flexibles y fundamentadas que favorezcan un aprendizaje profundo y significativo en astronomía.

7.3.5.1 Diseños de tramas didácticas por los docentes en formación

Durante el segundo corte de la asignatura "Astronomía para la Educación," se propuso una actividad central que consistió en la elaboración de una trama didáctica, en la cual los docentes en formación seleccionaron un tema de astronomía de su elección. Esta actividad fue cuidadosamente diseñada para permitir que los futuros docentes aplicaran y profundizaran los conocimientos adquiridos en el curso, adaptando el contenido de acuerdo con el grado de escolaridad al que estaba destinado su diseño y considerando la complejidad de las competencias necesarias para abordarlo.

El objetivo principal de esta actividad fue doble: por un lado, promover el reconocimiento de sus propios avances en el conocimiento disciplinar, pedagógico y didáctico, y, por otro, fortalecer las habilidades de planificación en procesos de enseñanza-aprendizaje específicos de la astronomía. A través de la creación de estas tramas didácticas, los docentes en formación tuvieron la oportunidad de integrar, de manera sistemática y reflexiva, los conocimientos científicos y los enfoques pedagógicos desarrollados durante la primera parte del curso, enfrentándose al reto de diseñar secuencias de actividades y estrategias didácticas que facilitarían un aprendizaje significativo de conceptos astronómicos en diferentes niveles escolares.

Cada trama didáctica debía estar estructurada para asegurar un desarrollo evolutivo y coherente de la noción conceptual elegida, con secuencias que reflejaran tanto una lógica interna de los contenidos como una alineación pedagógica con los principios de enseñanza constructivista. La actividad permitió que los futuros docentes ejercitaran sus habilidades de planificación, reflexionaran sobre la relación entre los objetivos de aprendizaje y las actividades propuestas, y consideraran los aspectos epistemológicos y contextuales que orientan la enseñanza de la astronomía en distintos grados de escolaridad.

De esta manera, la realización de las tramas didácticas sirvió como un instrumento metodológico clave para evaluar la apropiación y aplicación de los conocimientos adquiridos, además de ser una estrategia formativa que consolidó las competencias necesarias para planear y gestionar procesos de enseñanza sobre astronomía de manera fundamentada. A continuación, se presenta un análisis de los diseños elaborados, enfatizando cómo estos reflejan el proceso de aprendizaje y la integración de saberes en la formación inicial docente.

Tabla 11 *Generalidades de los diseños de trama didáctica estudiantes E1, E3, E4, E5.*

| Elemento | E1 | E3 | E4 | E5 |
|----------|----|----|----|----|
|----------|----|----|----|----|

| Diseñado para | Sexto grado | Sexto grado | Cuarto grado de primaria | Quinto grado |
|-----------------------|---|--|---|---|
| Objetivo General | Conocer e identificar los planetas enanos que componen el sistema solar. | Desarrollar una comprensión significativa del sistema solar, sus componentes, características y fenómenos mediante actividades interactivas, experimentos y exploración guiada. | Reconocer los procesos involucrados en la formación planetaria. | Explorar el conocimiento astronómico de las culturas Inca y Maya, analizando sus concepciones del universo, la relación con la naturaleza y su influencia cultural y social, promoviendo el respeto por la identidad y diversidad cultural. |
| Objetivos Saber | Conocimientos científicos sobre los planetas enanos (estructura, composición, historia, teorías de formación). | Conocimiento del sistema solar, sus componentes, características, formación y movimientos; comprensión de conceptos como planetas terrestres y gaseosos y la importancia del Sol como fuente de energía. | Explicar las fases de formación planetaria y sus elementos característicos. | Comprender las concepciones astronómicas de las culturas Inca y Maya y su influencia en la vida cotidiana, en aspectos culturales y sociales. |
| Objetivos Saber Hacer | Analizar datos, interpretar imágenes de telescopios, aplicar métodos científicos y colaborar en el diseño de misiones espaciales. | Identificar, clasificar, comparar, explicar y comunicar sobre el sistema solar; realizar experimentos sencillos y utilizar herramientas tecnológicas para investigar y observar cuerpos celestes. | Interpretar modelos sobre la formación planetaria en el sistema solar. | Desarrollar habilidades de observación astronómica, identificar constelaciones y celebrar solsticios y equinoccios. |
| Objetivos Saber Ser | Fomentar curiosidad científica, colaboración, responsabilidad en la conservación planetaria, y divulgación de astronomía. | Fomentar fascinación por el universo, respeto por la evidencia científica, responsabilidad hacia el planeta y disposición para el trabajo colaborativo. | Respetar opiniones ajenas y fomentar el trabajo en equipo y el diálogo. | Promover el respeto por las tradiciones astronómicas de las culturas Inca y Maya, reconociendo el valor del patrimonio cultural. |
| Justificación | Comprender el sistema solar, desarrollar pensamiento científico, apreciar el valor histórico-cultural de la astronomía, | Proporcionar una base sólida de conocimientos astronómicos, promoviendo habilidades científicas esenciales y comprensión interdisciplinaria para | Promover el pensamiento científico, la curiosidad y una perspectiva global sobre el cosmos, integrando disciplinas para una | Explicar la etnoastronomía de las culturas Inca y Maya para la preservación del legado cultural, conectando la ciencia con la cultura y apreciando cómo estas civilizaciones integraban |

| | | | | |
|--|---|---|--|--|
| | <p>fomentar curiosidad, conectar disciplinas científicas, y promover conciencia ambiental.</p> | <p>abordar avances científicos y tecnológicos.</p> | <p>comprensión holística y fomentando una actitud responsable hacia el ambiente.</p> | <p>el conocimiento astronómico en sus sistemas sociales.</p> |
| <p>Aspectos Epistemológicos e Históricos</p> | <p>Evolución del estudio del sistema solar desde civilizaciones antiguas hasta la exploración espacial moderna, destacando cambios en teorías desde el modelo geocéntrico hasta el heliocéntrico.</p> | <p>Evolución histórico-epistemológica del estudio del sistema solar, desde modelos antiguos hasta teorías modernas, resaltando contribuciones clave como la teoría del gran impacto.</p> | <p>Desde la hipótesis del planetesimal hasta el estudio moderno de discos protoplanetarios, destacando el avance en observación y teorías de formación planetaria.</p> | <p>Evolución de la astronomía cultural desde los años 80, destacando su marco teórico y metodológico y el rol de la astronomía cultural en la comprensión de la relación entre sociedades y el firmamento.</p> |
| <p>Marco Teórico</p> | <p>Clasificación y definición de planetas y planetas enanos en el sistema solar, con énfasis en la definición de la IAU de 2006 sobre los planetas enanos.</p> | <p>Explicación del sistema solar como un sistema planetario que incluye el Sol, planetas, planetas menores, satélites, asteroides y cometas; su formación y estructura en relación con fenómenos astrofísicos y geofísicos.</p> | <p>Descripción de los procesos fundamentales de formación planetaria, desde el colapso de nubes de gas hasta la creación de discos protoplanetarios y protoplanetas.</p> | <p>Definición de etnoastronomía y astronomía cultural, abarcando cómo las culturas interpretan fenómenos celestes y su relación con la arqueoastronomía.</p> |
| <p>Red Conceptual</p> | <p>Características y descubrimientos clave de Plutón, Eris, Makemake, Haumea y Ceres.</p> | <p>Enlace proporcionado a un esquema conceptual visual para entender la estructura del sistema solar y sus componentes.</p> | <p>Enlace a un esquema conceptual visual sobre la formación planetaria.</p> | <p>Descripción visual sobre la etnoastronomía de las culturas Inca y Maya.</p> |
| <p>Interdisciplinariedad</p> | <p>Conexión con física, matemáticas, química, biología, geología, ingeniería, informática y filosofía para una comprensión integral del cosmos.</p> | <p>Conexión con física (gravitación, espectros), química (composición de cuerpos celestes), geología (estructura planetaria), biología (habitabilidad), matemáticas (cálculos astronómicos) y tecnología (instrumentos de observación).</p> | <p>Conexión con física (dinámica de fluidos, fuerzas), química (formación de compuestos en discos), y otros aspectos relevantes en la formación de planetas y lunas.</p> | <p>Enfoque interdisciplinario con física, matemáticas, arqueoastronomía, geografía, ecología, lenguas, ciencias sociales, religión, botánica, física, economía, geología, medicina tradicional e historia.</p> |

| | | | | |
|--|--|--|---|--|
| Aspectos Pedagógicos | Uso de indagación, contextualización, interdisciplinaria, recursos visuales, diversidad planetaria, investigación actual y pensamiento crítico en el aprendizaje. | Uso del constructivismo, ABP, interdisciplinaria y métodos de aprendizaje experiencial para involucrar a los estudiantes en el estudio del sistema solar. | Enfoque en el aprendizaje constructivista, utilizando experiencias contextualizadas y promoviendo la interacción entre conocimientos previos y nuevos aprendizajes. | Enfoque constructivista con contextualización de las culturas Inca y Maya, incorporando observación del cielo, representaciones de templos alineados astronómicamente, y la interdisciplinaria como eje de aprendizaje. |
| Diseño Didáctico | Objetivos de aprendizaje, contenidos (estructura y características del sistema solar y planetas enanos), estrategias didácticas (exposición, roles, experimentos, observación), y actividades (maquetas, simulaciones, observación astronómica). | Enfoque en el aprendizaje mediante la exploración del sistema solar y sus fenómenos, utilizando actividades prácticas, trabajo en equipo, y visitas educativas. Incluye temas como rotación y traslación, el Sol, instrumentos astronómicos y vida extraterrestre. | Actividades prácticas, incluyendo creación de nebulosas, personificación de planetas, simulación de gravedad y elaboración de historietas para representar la formación planetaria. | Incluye actividades de motivación, desarrollo y cierre, como la observación de sombras solares, identificación de constelaciones con Stellarium y construcción de estructuras arqueoastronómicas con materiales reciclables. |
| Exploración de Conocimientos Previos | Cuestionario de opción múltiple, mapa conceptual colaborativo, roles de planetas enanos, construcción de modelos, y discusión grupal para activar conocimiento. | Lluvia de ideas, mapas mentales, cuestionarios y observación en clase para identificar conceptos previos y áreas de interés en el sistema solar. | Uso de rompecabezas y descripciones de figuras formadas para evaluar la comprensión inicial sobre formación planetaria. | Actividad de cuestionario para evaluar conocimientos sobre la etnoastronomía en las culturas Inca y Maya. |
| Análisis y Resultados de la Evaluación Diagnóstica | Evaluación del conocimiento previo sobre planetas enanos, con recomendaciones para mejorar en aspectos específicos. | Identificación de fortalezas y debilidades en conocimientos previos y habilidades cognitivas, como reconocimiento de cuerpos celestes y resolución de problemas astronómicos. | Actividades de dibujo y preguntas sobre el proceso de formación de estrellas y planetas para identificar conocimientos previos y malentendidos. | Clasificación de respuestas de los estudiantes en categorías para evaluar comprensión de la etnoastronomía. |
| Momentos de la Clase | Introducción al sistema solar, comparaciones de tamaño, | Introducción y exploración del sistema solar, comparaciones entre cuerpos celestes, | Inicio con gestión y evaluación colectivas, seguido de | Inicio con presentación y actividad de sombras solares; desarrollo con temas como |

| | | | | |
|----------------------------------|--|--|---|---|
| | características planetarias, exploración espacial, curiosidades y vida extraterrestre, entre otros temas clave. | análisis de movimientos planetarios, observación astronómica y discusión de vida en el universo. | contextualización teórica y actividades grupales de cierre con socialización de conclusiones. | constelaciones y observatorios astronómicos; cierre con grupos de trabajo para la construcción de modelos. |
| Evaluación de la Sesión de Clase | Evaluación de conocimientos, participación, claridad, aplicación práctica, e interés y motivación de los estudiantes. | Evaluación formativa continua, sumativa por unidades y autoevaluación para fomentar reflexión y responsabilidad en el aprendizaje. | Utilización de una ruleta con preguntas sobre formación planetaria para evaluación formativa. | Cuestionario de evaluación formativa sobre etnoastronomía, seguido de una actividad final de diario de viaje cultural. |
| Recursos | Modelos a escala, aplicaciones y software educativo, actividades al aire libre, recursos en línea, libros y materiales impresos, proyectos de investigación, y visita al planetario. | Material audiovisual, libros, modelos físicos, telescopios y binoculares para observación, y visitas a planetarios o centros de ciencia. | Televisor, ruleta, materiales para actividades prácticas como algodón, escarcha, pinturas, mascarillas y tela elástica para simulaciones de gravedad. | Incluye diapositivas, video beam, tablero, simulador Stellarium, y videos de referencia sobre las culturas Inca y Maya. |
| Referencias | Citas académicas de fuentes relevantes en astronomía. | Citas académicas relevantes en astronomía, incluyendo fuentes de National Geographic, Enciclopedia Humanidades, entre otros. | Citas académicas y recursos en línea de astronomía y ciencias de la educación, como NASA y Google Books. | Referencias académicas y recursos digitales específicos en etnoastronomía y culturas antiguas. |
| Anexos | Cuestionarios, sopa de letras sobre planetas enanos, y otros materiales de apoyo. | Evaluación diagnóstica detallada con preguntas de opción múltiple, verdadero/falso, preguntas abiertas y actividades de dibujo. | Presentación de diapositivas y enlaces a materiales adicionales para actividades prácticas. | Materiales visuales y enlaces para uso en actividades prácticas y simulaciones astronómicas. |

El primer bloque de tramas didácticas, resumido en la tabla 11, ofrece una visión integral del enfoque educativo de cada diseño, así como de las diferencias en la aplicación de conceptos y estrategias pedagógicas según el contexto y los objetivos de aprendizaje planteados.

Cada trama aborda temas esenciales y diversos, como el conocimiento de los planetas enanos, la comprensión estructural del sistema solar, los procesos de formación planetaria y la etnoastronomía en culturas como la Inca y la Maya. Estos temas fueron seleccionados y desarrollados con una orientación hacia la integración de conocimientos científicos básicos y

avanzados, dependiendo del nivel de los estudiantes a quienes se destinaba cada propuesta. La riqueza conceptual de los temas elegidos evidencia una clara intención de los docentes en formación de abarcar aspectos significativos de la astronomía y, en algunos casos, de vincular estos conceptos a perspectivas culturales y sociales, como en el caso de la etnoastronomía en el diseño de E5. Sin embargo, el grado de profundidad y enfoque en cada uno de estos conceptos varía entre las tramas, lo cual refleja también diferentes niveles de dominio y comprensión disciplinar.

Desde un enfoque procedimental, se observa un esfuerzo consistente en la mayoría de las tramas por incluir actividades prácticas, simulaciones y herramientas de observación que permiten a los estudiantes aplicar y experimentar los conceptos astronómicos de manera concreta. Por ejemplo, E1 integra métodos de análisis de imágenes de telescopios y la colaboración en el diseño de misiones espaciales, mientras que E3 utiliza experimentos sencillos y recursos tecnológicos para investigar el Sistema Solar, favoreciendo el aprendizaje activo y la exploración guiada. Estas propuestas muestran una inclinación hacia metodologías de aprendizaje experiencial y colaborativo, las cuales no solo fortalecen el conocimiento procedimental de los estudiantes, sino que también fomentan habilidades científicas clave como la observación, la clasificación y la interpretación de datos. A través de estas prácticas, los estudiantes en formación demostraron su habilidad para diseñar actividades de enseñanza que van más allá de la transmisión de contenidos y promueven la construcción activa del conocimiento astronómico.

En términos de conocimiento didáctico, las tramas reflejan un uso consciente de estrategias pedagógicas que favorecen la indagación, la contextualización y el aprendizaje basado en problemas, con enfoques constructivistas en la mayoría de los diseños. El diseño de E4, por ejemplo, se centra en la comprensión de los procesos de formación planetaria mediante la creación de modelos y la representación de conceptos abstractos, lo cual resalta la importancia de la interacción entre conocimientos previos y nuevos aprendizajes en el proceso de enseñanza. Igualmente, el diseño de E5, que explora las concepciones astronómicas de culturas ancestrales, no solo contribuye a la enseñanza de la astronomía, sino que también enriquece la perspectiva educativa con un enfoque interdisciplinario, conectando el conocimiento astronómico con la identidad cultural y el respeto por la diversidad. Estas aproximaciones pedagógicas, al incluir aspectos culturales y prácticas que estimulan la exploración y el cuestionamiento, resultan valiosas para construir una enseñanza de la astronomía que sea tanto relevante como significativa para los estudiantes.

A nivel conceptual, los diseños presentan un desarrollo variable en cuanto a la profundidad de los contenidos abordados y la claridad en los objetivos de aprendizaje planteados. Si bien todos los diseños lograron establecer objetivos específicos en las dimensiones de “Saber”, “Saber Hacer” y “Saber Ser”, existen diferencias en la precisión y claridad de estos objetivos. Los objetivos de E3, por ejemplo, muestran una estructura más detallada y abordan múltiples aspectos del Sistema Solar, lo que facilita una comprensión integral del tema. En contraste, otros diseños presentan objetivos más limitados, lo cual sugiere la necesidad de un mayor desarrollo en el conocimiento disciplinar para poder integrar una mayor diversidad de conceptos. En general, sin embargo, se observa un esfuerzo significativo por conectar los conceptos de astronomía con actividades que refuercen la comprensión teórica y su aplicación en contextos educativos reales, mostrando así un nivel adecuado de competencia en la planificación de contenidos.

El componente actitudinal también fue abordado de manera efectiva en la mayoría de los diseños, destacando la intención de los docentes en formación de promover no solo el conocimiento y las habilidades en astronomía, sino también actitudes de respeto, curiosidad científica y compromiso ambiental. En los diseños de E1 y E3, por ejemplo, se observa una intención clara de fomentar la fascinación por el universo y el reconocimiento de la evidencia científica, lo cual es fundamental para desarrollar en los estudiantes una valoración positiva de la ciencia y su impacto en la sociedad. Este componente es particularmente relevante en la formación de futuros docentes, ya que permite que los estudiantes desarrollen una actitud crítica y reflexiva hacia el conocimiento, incentivando la construcción de una ciudadanía informada y comprometida con el medio ambiente y la ciencia.

Tabla 12 *Generalidades de los diseños de trama didáctica estudiantes E6, E7, E8, E9 y E10.*

| Elemento | E6 | E7 | E8 | E9 | E10 |
|------------------|--|---|--|---|--|
| Diseñado para | 11° grado | 11° grado | 7° grado | Primaria | 7° grado |
| Objetivo General | Reconocer las principales características de las galaxias, su clasificación y formación, para comprender su importancia en el universo | Comprender e identificar los agujeros negros como fenómenos cosmológicos que ocurren en el universo, mediante observación, experimentación e imaginación para | Desarrollar un entendimiento profundo de la clasificación y características de los planetas enanos en el sistema solar, aplicable en investigación y análisis crítico de | Analizar y comprender la organización y dinámica de las constelaciones y otros elementos celestes en el | Comprender la definición de exoplaneta, sus características principales, métodos de detección y su importancia en la astronomía moderna, mediante exploración de recursos y participación en |

| | | | | | |
|-----------------------|---|--|--|--|--|
| | mediante modelos didácticos y actividades de reflexión e indagación. | aprender su funcionamiento, origen e importancia en el cosmos. | datos astronómicos, promoviendo curiosidad y respeto por la ciencia. | firmamento nocturno. | actividades colaborativas. |
| Objetivos Saber | Identificar características de las galaxias, componentes y clasificación según criterios morfológicos de Hubble. | Explicar el origen y función de los agujeros negros, destacando su importancia para la astronomía con el uso de imágenes y pensamiento crítico para fomentar la imaginación. | Comprender las características y distinciones de los planetas enanos, sus nombres y la historia de su clasificación según la IAU. | Conocer las principales constelaciones visibles desde la Tierra, así como sus mitos y leyendas asociadas. | Describir la relevancia de los exoplanetas en la formación y evolución de los sistemas planetarios. |
| Objetivos Saber Hacer | Desarrollar y usar modelos didácticos para explicar características y fenómenos de las galaxias. | Identificar y comprender los agujeros negros mediante la experimentación para desarrollar una comprensión profunda de este fenómeno astronómico. | Realizar investigaciones, interpretar datos astronómicos, y participar en actividades prácticas como creación de modelos. | Aprender a identificar constelaciones en el cielo nocturno y utilizar herramientas para su localización. | Utilizar herramientas tecnológicas para buscar y explorar información sobre exoplanetas. |
| Objetivos Saber Ser | Reflexionar sobre la importancia de las galaxias en el universo individualmente y con pares. | Fomentar el aprendizaje basado en la imaginación y el pensamiento crítico, comprendiendo el universo y sus fenómenos. | Fomentar curiosidad y respeto en temas de astronomía, colaboración en grupo, y reflexión crítica sobre clasificación astronómica. | Desarrollar aprecio por la belleza del firmamento y comprender la importancia cultural de las constelaciones en diferentes sociedades. | Fomentar curiosidad e interés en el estudio de los exoplanetas y su lugar en el universo. |
| Justificación | Fomentar el conocimiento del universo y la comprensión de las galaxias, integrando temas interdisciplinarios para desarrollar habilidades | Los agujeros negros representan un desafío para la comprensión del universo, permitiendo explorar conceptos avanzados de física como la relatividad general | Los planetas enanos ofrecen una visión compleja del sistema solar, facilitando el desarrollo de habilidades prácticas y socioemocionales al explorar temas de relevancia | Exploración del valor histórico, cultural y científico de las constelaciones, destacando su papel en navegación, agricultura, | El estudio de exoplanetas amplía la comprensión del universo, permitiendo explorar entornos nuevos y buscar indicios de vida extraterrestre, promoviendo curiosidad científica y pensamiento crítico en los estudiantes. |

| | | | | |
|---------------------------------------|---|---|--|---|
| | científicas y sociales, basadas en una perspectiva constructivista . | y mecánica cuántica, mientras se motiva la curiosidad e interés en la ciencia y astronomía. | científica y cultural, como la clasificación planetaria. | y mitología y como herramienta en astronomía moderna, apoyado en fuentes bibliográficas. |
| Aspectos Epistemológicos e Históricos | Historia de las observaciones de galaxias desde mitología griega hasta descubrimientos modernos, incluyendo la evolución de conceptos y clasificaciones . | La evolución del concepto de agujeros negros desde las "estrellas oscuras" propuestas por John Michell en 1783 hasta los descubrimientos modernos, destacando el progreso hacia una mayor accesibilidad del conocimiento en niveles educativos básicos. | Estudio del sistema solar y la naturaleza cambiante de la ciencia, incluyendo la redefinición de la IAU en 2006 sobre los planetas enanos, destacando la colaboración en evolución del conocimiento astronómico. | Desde los registros de los sumerios hasta la estandarización moderna de la UAI, destacando cómo las constelaciones han reflejado las culturas y evolucionado con el conocimiento científico. |
| Marco Teórico | Definición de galaxias, clasificación morfológica de Hubble, composición y elementos estructurales como núcleos, bulbos, brazos, discos, y halo. | Los agujeros negros como objetos extremadamente densos y masivos que se originan del colapso gravitacional de estrellas masivas, definidos por características como la singularidad y el horizonte de eventos. | Aborda teorías de formación planetaria, exploración espacial, y evolución estelar, enfatizando la clasificación y migración planetaria en relación con los planetas enanos. | Caracterización de las constelaciones (formas, estacionalidad, estrellas principales) y su clasificación según regiones celestes, familias y visibilidad. |
| Red Conceptual | Visualización sobre componentes y tipos de galaxias. | Mapa conceptual visual de las características y el origen de los agujeros negros. | Esquema visual sobre clasificación, formación, importancia y relaciones de los planetas enanos en el sistema solar. | Diagrama visual sobre la organización y clasificación de las constelaciones. |
| | | | | La evolución histórica desde el descubrimiento de lunas y planetas en el siglo XVII hasta la detección de exoplanetas con la misión Kepler y descubrimientos recientes como TRAPPIST-1 y Kepler-186f en zonas habitables. |
| | | | | Definición de exoplanetas, características, diversidad en tamaño y composición, métodos de detección (tránsito, velocidad radial, microlente gravitacional y observación directa) y su potencial para albergar vida. |
| | | | | Diagrama visual de clasificación, métodos de detección y características de los exoplanetas. |

| | | | | | |
|---------------------------|--|---|--|--|---|
| Interdiscipli nariedad | <p>Conexión con química (composición), informática (tecnologías de observación), geología (relación con procesos terrestres), matemáticas (movimientos), y humanidades (impacto histórico-cultural).</p> | <p>Conexión con física, matemáticas, historia de la ciencia, filosofía, literatura, y tecnología para una comprensión más profunda y accesible de los agujeros negros.</p> | <p>Conexiones con física, matemáticas, geología, química, biología, y filosofía en el análisis y comprensión de cuerpos celestes y la búsqueda de vida extraterrestre.</p> | <p>Conexión con mitología, historia, matemáticas, biología, física, química, y TICs para el aprendizaje y exploración de las constelaciones en un contexto amplio.</p> | <p>Conexión con física, biología, química, matemáticas, informática, ecología, arqueología y derecho para una comprensión completa de los exoplanetas y sus implicaciones científicas y culturales.</p> |
| Aspectos Pedagógicos | <p>Enfoque constructivista, aprendizaje mediante exploración y actividades prácticas que promuevan el análisis crítico y sintético.</p> | <p>Enfoque constructivista, promoviendo la curiosidad y la indagación mediante actividades interactivas, analogías y experimentación.</p> | <p>Promoción del aprendizaje activo mediante multimedia, simulaciones, y actividades prácticas que contextualizan el conocimiento de astronomía en la experiencia cotidiana.</p> | <p>Enfoque constructivista y aprendizaje por descubrimiento, fomentando experiencias personales y motivación en el aprendizaje de las constelaciones.</p> | <p>Enfoque en aprendizaje basado en indagación y proyectos, promoviendo investigación, resolución de problemas, y colaboración en grupos.</p> |
| Diseño Didáctico | <p>Sesiones que incluyen montaje de modelos de galaxias, observación de imágenes reales, realización de actividades con materiales reciclables y juegos de roles.</p> | <p>Actividades estructuradas por momentos: exploración previa, motivación, conceptualización y evaluación, incluyendo actividades como "raspa y gana", simulaciones, experimentos y juegos de roles para simular interacciones gravitacionales.</p> | <p>Organización en cuatro momentos, incluyendo clasificación, formación, exploración y relevancia de planetas enanos, con actividades prácticas como simulaciones, debates y construcción de modelos 3D.</p> | <p>Sesiones en tres momentos: inicio con evaluación diagnóstica; desarrollo con contextualización, videos y explicación de temas clave; cierre con taller de aplicación.</p> | <p>Actividades en tres proyectos: 'Cazadores de mundos lejanos', 'Diarios Cósmicos' y 'Ingeniería Planetaria', explorando métodos de detección, simulación de roles y diseño creativo de exoplanetas.</p> |

| | | | | | |
|--|---|--|--|---|---|
| Exploración de Conocimientos Previos | Narrativas gráficas para identificar conceptos previos sobre galaxias. | Actividad de lluvia de ideas para evaluar la comprensión inicial sobre el universo y los agujeros negros. | Encuestas iniciales, brainstorming, discusión grupal y preguntas abiertas para evaluar conocimientos previos sobre el sistema solar y planetas enanos. | Evaluación diagnóstica con preguntas de opción múltiple, verdadero/falso y preguntas abiertas sobre el conocimiento de constelaciones. | Lluvia de ideas y dibujo libre para explorar conceptos iniciales sobre exoplanetas. |
| Análisis y Resultados de la Evaluación Diagnóstica | Entrevista grupal para explorar comprensión sobre la noción de galaxias y habilidades comunicativas. | Análisis de respuestas clasificadas en niveles de comprensión para ajustar la enseñanza de acuerdo con el conocimiento inicial de los estudiantes. | Identificación de conocimientos y posibles malentendidos sobre los planetas enanos para adaptar las futuras lecciones. | Clasificación de respuestas de los estudiantes para identificar el nivel de conocimiento o ajustar la enseñanza a sus necesidades. | Clasificación de respuestas sobre definición y características de exoplanetas para ajustar el enfoque de enseñanza según nivel de comprensión. |
| Momentos de la Clase | Motivación con montaje de modelos, contextualización teórica, y actividades prácticas. | Introducción motivacional, conceptualización mediante actividades y videos, simulaciones y juegos para cerrar la lección sobre agujeros negros de forma lúdica y práctica. | Sesiones estructuradas en introducción, desarrollo y cierre, con actividades de debate, presentaciones grupales y simulaciones prácticas. | Inicio con actividad diagnóstica, desarrollo con explicaciones y recursos multimedia, y evaluación mediante un taller aplicado para consolidar los objetivos. | Inicio con saludo y motivación, desarrollo con presentación y actividades de taller grupal, y cierre con socialización de resultados y retroalimentación. |
| Evaluación de la Sesión de Clase | Simposio evaluativo con rúbrica para medir comprensión conceptual, aplicación, participación y pensamiento crítico. | Evaluación heteroevaluativa con enfoque constructivista, usando un cuestionario para medir comprensión y aplicación del conocimiento. | Cuestionario con opción múltiple y preguntas abiertas, incluyendo autoevaluación reflexiva. | Rúbrica que evalúa comprensión, participación, comunicación, compromiso y precisión en el uso de conceptos | Cuestionario de opción múltiple, preguntas abiertas sobre métodos de detección, zona habitable y desafíos de investigación de exoplanetas. |

| | | | | | |
|-------------|---|--|--|---|--|
| | | | | | astronómicos. |
| Recursos | Imágenes de galaxias, videos educativos, materiales reciclables, artículos y simuladores. | Computador, video beam, actividades "raspa gana", cartulinas, simulaciones 3D (Merged EDU), y videos de YouTube sobre agujeros negros. | Presentaciones multimedia, videos, materiales prácticos como plastilina, recursos de la NASA y Stellarium. | Mapas estelares, proyecciones de constelaciones, telescopios, material audiovisual sobre mitología y recursos de astronomía en línea. | Simuladores en línea, materiales impresos, videos y cuestionarios de evaluación. |
| Referencias | Artículos académicos y recursos digitales de astronomía y ciencias educativas. | Citas académicas y recursos en línea, incluyendo NASA, Event Horizon Telescope, y literatura especializada en agujeros negros. | Fuentes académicas de astronomía y ciencias relacionadas, incluyendo autores como Grotzinger y Launius. | Fuentes de astronomía, historia y mitología, incluyendo autores como Krupp, Ribas y Aveni, y sitios educativos como UNIR. | Fuentes académicas, NASA, Nature, y otros recursos de exoplanetas y astronomía. |
| Anexos | Materiales visuales y rúbrica de evaluación detallada para el simposio. | Plantillas visuales para la elección de materiales de misión y otros elementos de soporte en actividades prácticas. | Cuestionarios, guías de discusión, y enlaces a materiales audiovisuales y de simulación. | Evaluación diagnóstica detallada con preguntas de opción múltiple, verdadero/falso, preguntas abiertas y actividades de dibujo. | Ejercicios de investigación sobre exoplanetas y sus características, guías para debates y materiales de actividades prácticas. |

Respecto al segundo bloque de tramas didácticas, representado en la tabla 12, permite reflexionar sobre la diversidad de enfoques temáticos, procedimentales y actitudinales en el desarrollo de propuestas educativas sobre astronomía. Los estudiantes en formación (E6, E7, E8, E9 y E10) presentan diseños que abordan temas avanzados y variados, desde exoplanetas y constelaciones hasta galaxias y agujeros negros. Esta diversidad refleja un esfuerzo por integrar en la enseñanza de la astronomía contenidos complejos y especializados, adaptándolos para distintos

niveles educativos y con objetivos que buscan el desarrollo de competencias tanto conceptuales como actitudinales en los estudiantes.

Cada trama está diseñada con una intención clara de proporcionar un entendimiento profundo del contenido astronómico. Por ejemplo, E6 y E10 enfocan sus tramas en el análisis de galaxias y exoplanetas, temas que permiten una exploración profunda de aspectos como la estructura y la evolución del universo, así como la posibilidad de vida en otros sistemas planetarios. Estos temas, además de ser interdisciplinarios, permiten desarrollar en los estudiantes una comprensión holística del cosmos. En términos conceptuales, los objetivos de “Saber” se estructuran cuidadosamente para cubrir los conocimientos esenciales de cada tema, tales como la morfología galáctica en E6, el fenómeno de los agujeros negros en E7, y la clasificación de exoplanetas en E10. La precisión en la formulación de estos objetivos indica una adecuada comprensión disciplinar y la capacidad de seleccionar los contenidos esenciales para transmitir de manera efectiva los conceptos clave en astronomía.

En cuanto a los objetivos de “Saber Hacer”, este bloque de tramas presenta una variedad de actividades prácticas y herramientas que enriquecen el proceso de aprendizaje. Los docentes en formación diseñaron modelos didácticos, experimentos y simulaciones, estrategias que permiten a los estudiantes explorar activamente los fenómenos astronómicos. E7, por ejemplo, utiliza analogías y experimentación para enseñar sobre los agujeros negros, facilitando la comprensión de conceptos complejos como la singularidad y el horizonte de eventos. Del mismo modo, E9 incluye actividades de identificación de constelaciones mediante el uso de telescopios y mapas estelares, fomentando habilidades de observación astronómica y el reconocimiento de patrones en el cielo nocturno. Este enfoque procedimental resulta valioso, ya que no solo permite una mejor apropiación de los conocimientos, sino que también promueve la adquisición de competencias prácticas que son fundamentales para una comprensión significativa de la astronomía.

En lo referente al componente actitudinal, los objetivos de “Saber Ser” reflejan una intención explícita de fomentar en los estudiantes valores y actitudes positivas hacia el conocimiento científico y la astronomía. E6, por ejemplo, busca promover la reflexión sobre la importancia de las galaxias en el universo, fomentando una perspectiva de respeto y apreciación por el cosmos. E9, al trabajar sobre las constelaciones, integra una dimensión cultural, estimulando en los estudiantes el aprecio por el valor histórico y social de la observación del firmamento en diferentes sociedades. Estos elementos actúan como puente para conectar la astronomía con

aspectos identitarios y éticos, promoviendo en los estudiantes una conciencia científica y cultural que trasciende el aprendizaje meramente conceptual. En este sentido, las tramas didácticas no solo buscan formar en conocimientos y habilidades, sino también en actitudes de respeto, curiosidad y valoración del patrimonio astronómico y cultural.

Desde el punto de vista metodológico, las tramas se estructuran en secuencias didácticas claras y organizadas, con momentos bien definidos de motivación, desarrollo y cierre. Este enfoque permite una progresión coherente del aprendizaje, facilitando la transición de conceptos simples a complejos de manera gradual. E7 destaca en este aspecto al estructurar su clase sobre agujeros negros en fases que incluyen actividades motivacionales, simulaciones y juegos, logrando un equilibrio entre lo lúdico y lo educativo. Asimismo, E10, mediante proyectos como “Cazadores de mundos lejanos” y “Diarios Cósmicos”, emplea un enfoque basado en proyectos que promueve la investigación colaborativa y el desarrollo de habilidades de indagación científica. La organización y claridad en el diseño didáctico reflejan un buen nivel de competencia en la planificación y secuenciación de actividades educativas, lo cual es crucial para el desarrollo de una práctica docente efectiva.

En cuanto al marco teórico y los aspectos epistemológicos e históricos, las tramas evidencian un esfuerzo por contextualizar los contenidos de astronomía en una perspectiva evolutiva, destacando cómo las teorías y conocimientos han cambiado a lo largo del tiempo. La inclusión de estos elementos epistemológicos permite a los estudiantes comprender la naturaleza dinámica y cambiante de la ciencia. E7, por ejemplo, aborda la evolución del concepto de agujeros negros desde las primeras teorías de “estrellas oscuras” hasta los descubrimientos modernos, lo cual enriquece el entendimiento de este fenómeno al vincularlo con los avances científicos históricos. Del mismo modo, E8 incluye un análisis sobre la redefinición de los planetas enanos según la IAU, lo cual permite a los estudiantes reflexionar sobre cómo la ciencia se adapta y redefine sus categorías a medida que se obtienen nuevos conocimientos. Esta perspectiva epistemológica fortalece el componente reflexivo del aprendizaje, alentando a los estudiantes a cuestionar y comprender el conocimiento científico como un proceso en constante evolución.

El análisis de este bloque de tramas didácticas evidencia también un enfoque interdisciplinario en cada diseño, integrando disciplinas como física, química, historia, mitología, y ciencias sociales. E6, por ejemplo, conecta el estudio de las galaxias con la química y la informática, proporcionando un contexto científico y tecnológico amplio que enriquece el

aprendizaje. Del mismo modo, E9 vincula las constelaciones con la mitología y la historia, permitiendo a los estudiantes entender el cielo nocturno no solo como un fenómeno físico, sino también como una fuente de significado cultural y social. Este enfoque interdisciplinario fortalece la comprensión integral de la astronomía, resaltando su relación con otras áreas del conocimiento y promoviendo un aprendizaje que es al mismo tiempo contextualizado y holístico.

De manera que, este bloque de tramas didácticas representa un avance significativo en la capacidad de los docentes en formación para planificar y estructurar procesos de enseñanza de astronomía de manera integral y fundamentada. Cada trama refleja una comprensión sólida de los conceptos astronómicos y una habilidad para integrarlos en actividades pedagógicas que promueven tanto el aprendizaje activo como la reflexión crítica y la interdisciplinariedad. Los estudiantes en formación muestran una habilidad emergente en el diseño de experiencias educativas que van más allá de la mera transmisión de contenidos, abarcando aspectos metodológicos, epistemológicos y actitudinales que son esenciales para una enseñanza de la astronomía que sea profunda y significativa. Este análisis revela también la importancia de continuar desarrollando en los futuros docentes las competencias necesarias para adaptar contenidos complejos de manera accesible y relevante, fortaleciendo así la formación científica y cultural de sus futuros estudiantes.

Tabla 13 Generalidades de los diseños de trama didáctica estudiantes E11, E12, E13, E14 y E15.

| Elemento | E11 | E12 | E13 | E14 | E15 |
|------------------|--|---|---|---|--|
| Diseñado para | Grado 11° | Grado 10 | Diferentes grados y poblaciones | Grado quinto, | Tercer grado |
| Objetivo General | Entender el funcionamiento y clasificación de las estrellas, enfocado en el 'ciclo de vida' estelar, utilizando teorías, prácticas, TIC y actividades lúdicas. | Comprender los principios fundamentales de la ingeniería aeroespacial y su relación con la astronomía, fomentando interés en la exploración espacial y sus tecnologías asociadas. | Promover el interés y comprensión de la astronomía mediante la observación directa del cielo nocturno, adquiriendo conocimientos sobre fenómenos celestes y desarrollando habilidades de observación y reflexión crítica. | Implementar estrategias para aprender sobre la clasificación de galaxias y sus características. | Comprender el mundo de la Luna explorando su origen, características físicas, influencia en la Tierra y su exploración espacial. |

| | | | | | |
|-----------------------|--|--|--|---|---|
| Objetivos Saber | Relacionar escalas de color y temperatura de las estrellas, comprendiendo sus clases y características. | Introducción a los conceptos básicos de la ingeniería aeroespacial, incluyendo principios de vuelo, estructuras de aeronaves y sistemas de propulsión. | Proporcionar comprensión accesible sobre principios y prácticas de la astronomía observacional. | Reconocer la modelización de galaxias mediante dibujos realizados por los estudiantes. | Identificar la Luna como satélite natural de la Tierra, reconociendo características como su forma, color, tamaño y fases lunares. |
| Objetivos Saber Hacer | Desarrollar un experimento casero para identificar la composición estelar. | Conexión entre la ingeniería aeroespacial y la astronomía, comprendiendo su rol en la exploración espacial y estudio de cuerpos celestes. | Desarrollar habilidades en el uso de equipos especializados, análisis de datos y realización de interpretaciones significativas en astronomía. | Identificar tipos de cuerpos celestes mediante el uso de Google Sky. | Describir las fases de la Luna mediante observación directa o con modelos. |
| Objetivos Saber Ser | Participar activamente en las explicaciones y actividades, respetando las opiniones de los compañeros. | Desarrollar habilidades de resolución de problemas y pensamiento crítico. | Fomentar curiosidad, pensamiento crítico y reflexión sobre nuestro lugar en el universo a través de la astronomía observacional. | Fomentar la participación en equipo y el diálogo sobre la importancia del universo. | Fomentar curiosidad científica e indagación por la exploración espacial. |
| Justificación | La astronomía a temprana edad despierta el interés científico y facilita la comprensión de fenómenos astronómicos, fomentando pensamiento crítico y resolución de problemas mediante una perspectiva interdisciplinaria. | La ingeniería aeroespacial combina habilidades técnicas y un potencial impacto en el avance tecnológico, abarcando desde sistemas de propulsión hasta el impacto ambiental, y promoviendo la exploración espacial. | Fomentar el pensamiento crítico mediante el análisis de datos astronómicos y conectar los conocimientos teóricos con la experiencia práctica de observación, promoviendo una apreciación del cosmos y conexión con el entorno natural. | Fomentar la curiosidad y actitud investigativa en los estudiantes mediante la astronomía, promoviendo la interdisciplinariedad y la contextualización de la ciencia en el entorno social y ambiental. | La Luna es relevante para los estudiantes de tercer grado tanto científica como culturalmente, ya que influye en la vida cotidiana y en la comprensión del sistema solar, además de fomentar la curiosidad y el interés por el mundo natural y el cosmos. |

| | | | | | |
|---------------------------------------|--|---|--|---|--|
| Aspectos Epistemológicos e Históricos | Desarrollo de la astrofísica como aplicación de la física a los astros, y evolución del estudio de las estrellas desde observaciones antiguas hasta modelos matemáticos modernos como el diagrama HR. | Origen de la ingeniería aeroespacial desde los diseños de Da Vinci hasta hitos como el Apolo 11, y de la astronomía desde civilizaciones antiguas hasta avances modernos con radioastronomía y astrofísica. | Evolución de la astronomía observacional desde civilizaciones antiguas hasta tecnología moderna como telescopios espaciales y astrofotografía, con su papel en el desarrollo de teorías cosmológicas y el paradigma científico actual. | Evolución del conocimiento sobre el origen y clasificación de galaxias, desde el Big Bang hasta el avance en tecnologías de observación. | Estudio histórico sobre el origen de la Luna, la teoría de la gran colisión, y el papel de la Luna en culturas antiguas y en los primeros sistemas de calendarios lunares. |
| Marco Teórico | Las estrellas como cuerpos esféricos de gas donde ocurren reacciones termonucleares, generando luz y energía. Se detallan estructura, ciclo de vida, y procesos como la fusión nuclear y nucleosíntesis. | Descripción de la ingeniería aeroespacial, sus ramas (aeronáutica y astronáutica), y su relación con la astronomía en la exploración del espacio. | Comprende la mecánica celeste, espectroscopía, cosmología observacional, astrofotografía y astroinformática, cada uno contribuyendo a una visión completa de la astronomía. | Definición de galaxias, tipos de galaxias (elípticas, espirales, irregulares), cúmulos galácticos, materia oscura y agujeros negros supermasivos. | Definición de la Luna como satélite natural, geología lunar, fases de la Luna, ciclo lunar, eclipses y su órbita. |
| Red Conceptual | Visualización de conceptos clave como fusión nuclear, evolución estelar, y tipos de estrellas (enana blanca, supernova, estrella de neutrones). | Visualización de la relación entre ingeniería aeroespacial y astronomía, incluyendo tecnología de cohetes y satélites. | Estructura visual desde fundamentos de la astronomía observacional hasta métodos de observación y su contexto histórico. | Diagrama que abarca teoría del Big Bang, tipos de galaxias, cúmulos galácticos, materia oscura y otros conceptos clave de astronomía. | Esquema visual de los conceptos claves como las fases lunares, ciclo lunar y eclipses. |

| | | | | | |
|--------------------------------------|---|---|--|---|--|
| Interdisciplinariedad | Conexiones con química, física, astronomía, matemáticas, y otros campos en el estudio de la estructura atómica, fusión nuclear, y observación astronómica. | Conexión con física, matemáticas, informática, ingeniería y educación para una comprensión integral de conceptos aeroespaciales. | Integración con física, matemáticas, química, tecnología, biología, filosofía y ética para comprender fenómenos cósmicos y los impactos éticos de la exploración espacial. | Conexión con matemáticas, física, biología, química, arqueología, ecología, filosofía y religión, destacando el carácter interdisciplinario de la astronomía y su aplicación en múltiples campos del conocimiento. | Relación con física (gravedad y órbita), geología (composición y cráteres), historia y antropología (mitos y sistemas de calendario), e influencia cultural (arte y literatura). |
| Aspectos Pedagógicos | Enfoque socio-constructivista, aprovechando conocimientos previos y trabajo colaborativo en un ambiente inclusivo, promoviendo el aprendizaje activo. | Contextualización con situaciones reales y metodología activa con proyectos, experimentos y discusiones. Adaptabilidad y motivación mediante logros en ingeniería aeroespacial. | Uso de métodos Montessori, Reggio Emilia y Waldorf, junto con ABP y aprendizaje cooperativo para enriquecer la experiencia de aprendizaje en astronomía. | Basado en el constructivismo social y aprendizaje por descubrimiento, promoviendo la participación activa y el uso de herramientas visuales y digitales para facilitar el aprendizaje. | Enfoque constructivista y aprendizaje por descubrimiento, promoviendo una experiencia activa y participativa. |
| Diseño Didáctico | Estandarización de competencias y contenidos, con métodos como clase expositiva, actividades prácticas y observación astronómica, destacando la fusión nuclear y la evolución de las estrellas. | Actividades de diseño y construcción de cohetes, investigación sobre salud espacial, simulación de aterrizaje lunar, y exploración de energías renovables en el espacio. | Definición de objetivos de aprendizaje, contenidos progresivos y metodología variada que incluye observación, demostraciones, trabajo en laboratorio y debates. | Actividades de exploración de conocimientos previos, contextualización de conceptos con herramientas digitales (Canva y Genially), observación práctica con Google Sky y discusión en equipo. Preguntas orientadoras sobre observación del cielo, conocimiento de estrellas y galaxias, y un dibujo sobre la percepción del día y la noche. | Actividades de exploración de conocimientos previos, contextualización con recursos TIC, observación con simulador de fases lunares, y creación de un cuento sobre la Luna. |
| Exploración de Conocimientos Previos | Actividad creativa de dibujo de una galaxia, acompañada de preguntas abiertas para evaluar conocimientos iniciales sobre el | Revisión de conocimientos básicos en física, matemáticas y ciencias de la Tierra para preparar la introducción a temas de | Lluvia de ideas para compartir conocimientos sobre astronomía, incluyendo conceptos básicos y experiencias | Preguntas orientadoras sobre observación del cielo, conocimiento de estrellas y galaxias, y un dibujo sobre la percepción del día y la noche. | Actividad de dibujo y lluvia de ideas sobre el conocimiento inicial de la Luna. |

| | | | | | |
|--|--|---|---|--|--|
| | universo y las estrellas. | ingeniería aeroespacial y astronomía. | previas en observación. | | |
| Análisis y Resultados de la Evaluación Diagnóstica | Evaluación cualitativa de dibujos y cuestionarios, identificando conocimientos previos y malentendidos sobre las estrellas y la evolución estelar. | Evaluación de comprensión en conceptos clave, habilidades de resolución de problemas, e interés en la ingeniería aeroespacial y la astronomía. | Análisis cualitativo para identificar fortalezas y áreas de mejora en conocimientos previos y orientar la planificación de enseñanza. | Evaluación cualitativa de conocimientos previos mediante interpretación de dibujos y discusión de conceptos, reforzando subtemas donde sea necesario. | Evaluación cualitativa de conocimientos previos mediante dibujos y discusión en clase. |
| Momentos de la Clase | Inicio con diagnóstico, desarrollo con contextualización y actividades prácticas, y cierre con evaluación de conceptos clave mediante un organizador gráfico grupal. | Inicio con presentación y objetivos de aprendizaje, desarrollo con actividades prácticas y experimentos, y cierre con resumen y evaluación del contenido. | Inicio con presentación y lluvia de ideas; desarrollo con explicación y contextualización; cierre con actividad de repaso y espacio para preguntas. | Introducción y exploración de conocimientos previos, contextualización teórica con recursos digitales, observación práctica con Google Sky y actividad de debate para socializar aprendizajes. | Inicio con actividad diagnóstica; desarrollo con contextualización y actividades prácticas; cierre con socialización de cuentos creados sobre la Luna. |
| Evaluación de la Sesión de Clase | Evaluación final mediante cuestionario mixto, incluyendo preguntas de opción múltiple, verdadero/falso, y abiertas sobre el ciclo de vida de las estrellas. | Evaluación de comprensión de conceptos, participación, logro de objetivos, y uso efectivo del tiempo. | Evaluación de logro de objetivos, participación y comprensión del contenido, incluyendo reflexión docente para futuras adaptaciones de la clase. | Evaluación formativa mediante autoevaluación y heteroevaluación, considerando habilidades blandas y duras, participación, y aplicación del conocimiento adquirido. | Taller de aplicación para evaluar los objetivos de aprendizaje alcanzados, incluyendo preguntas sobre características y fenómenos lunares. |
| Recursos | Hojas de trabajo, poster de diagrama HR, materiales prácticos, computador para presentaciones multimedia, y recursos de observación | Videos educativos sobre ingeniería aeroespacial, materiales para construcción de modelos y recursos audiovisuales de apoyo. | Libros, simulaciones, software educativo, y acceso a observatorios y planetarios. | Tizas, cuaderno y colores, celular o computadora con acceso a Google Sky, y otros materiales básicos de aula. | Cartulinas, simulador en línea de fases lunares, videos y diapositivas interactivas, hojas de trabajo para la creación de cuentos. |

| | | | | | |
|-------------|--|--|---|---|--|
| | astronómica al aire libre. | | | | |
| Referencias | Fuentes académicas y recursos en línea de astronomía y astrofísica, incluyendo autores como Zenil, Battaner y Escalante. | Enlaces a videos y recursos en línea sobre ingeniería aeroespacial y exploración espacial. | Fuentes académicas y recursos en línea, incluyendo la Universidad Nacional de La Plata y publicaciones sobre historia de la astronomía. | Fuentes académicas y en línea, incluyendo National Geographic, NASA y publicaciones científicas sobre la evolución y clasificación de galaxias. | Fuentes académicas y en línea, incluyendo National Geographic, NASA y otros recursos educativos de astronomía. |
| Anexos | Ejercicios y guías para actividades de observación y cuestionarios de evaluación diagnóstica y final. | Ejercicios prácticos y guías para actividades de exploración espacial y simulaciones. | Actividades de observación y enlaces a recursos de espectroscopia y mecánica celeste para su uso en clase. | Rubricas de autoevaluación y heteroevaluación, además de actividades para exploración y observación de galaxias en el cielo nocturno. | Materiales para actividades prácticas y cuestionarios para la evaluación de los conceptos aprendidos. |

Este tercer bloque de tramas didácticas, representada en la tabla 13, presenta una rica variedad de temáticas y enfoques que revelan la evolución en la capacidad de los docentes en formación para estructurar procesos de enseñanza-aprendizaje en astronomía, enfocándose en temas específicos como las estrellas, la ingeniería aeroespacial, la astronomía observacional, las galaxias y la Luna. Cada una de estas tramas está diseñada para responder a las necesidades educativas de diferentes niveles, desde primaria hasta educación media, y ofrece un modelo didáctico adaptado a los intereses y capacidades de los estudiantes en esos grados.

Las propuestas evidencian una intención clara de fomentar competencias conceptuales y procedimentales en astronomía. En el componente “Saber”, los temas abordados —como el ciclo de vida de las estrellas (E11), los principios de la ingeniería aeroespacial (E12), y la observación del cielo nocturno (E13)— son seleccionados de acuerdo con su relevancia científica y su potencial para despertar la curiosidad y el interés en el universo. Estos objetivos muestran una intención educativa de vincular conocimientos astronómicos complejos con las experiencias prácticas de los estudiantes, desarrollando en ellos no solo el conocimiento factual, sino también una comprensión de los principios fundamentales que sustentan los fenómenos astronómicos.

En cuanto al componente “Saber Hacer”, las tramas destacan por la inclusión de actividades prácticas que invitan a los estudiantes a aplicar conceptos teóricos en situaciones concretas. Por ejemplo, E11 propone un experimento para identificar la composición estelar, mientras que E12 incluye la construcción de modelos de cohetes para vincular la teoría aeroespacial con una actividad práctica. Estas experiencias no solo facilitan la comprensión de contenidos complejos, sino que también potencian habilidades como la observación, el análisis crítico y la resolución de problemas, competencias esenciales en el aprendizaje de las ciencias. En E13, el uso de equipos de observación y análisis de datos fomenta la precisión y el rigor en la astronomía observacional, habilidades que son vitales para desarrollar una comprensión más profunda y basada en evidencias de los fenómenos celestes.

El componente “Saber Ser” en este grupo de tramas pone de manifiesto el compromiso de los docentes en formación por desarrollar actitudes científicas y de reflexión crítica en sus estudiantes. E11, por ejemplo, promueve la participación activa y el respeto por las opiniones de los demás en el contexto de la exploración de fenómenos estelares, mientras que E13 fomenta una actitud de curiosidad y reflexión sobre nuestro lugar en el universo, lo que invita a los estudiantes a adoptar una perspectiva amplia y crítica hacia el conocimiento astronómico. Esta dimensión actitudinal es esencial, pues complementa el aprendizaje conceptual y procedimental con un enfoque ético y reflexivo, animando a los estudiantes a valorar la astronomía no solo como una disciplina científica, sino también como un campo que suscita interrogantes existenciales y filosóficos sobre la naturaleza y el cosmos.

Desde un punto de vista epistemológico e histórico, las tramas demuestran un esfuerzo por contextualizar cada tema en su evolución histórica y su desarrollo científico. E11, por ejemplo, explora el desarrollo de la astrofísica desde sus orígenes hasta los modelos matemáticos modernos, brindando a los estudiantes una perspectiva sobre cómo se ha construido el conocimiento estelar a lo largo del tiempo. De igual manera, E12 vincula los avances en ingeniería aeroespacial con hitos históricos como el Apolo 11, proporcionando un contexto en el que los estudiantes pueden comprender la relevancia cultural y científica de los logros espaciales. Esta perspectiva histórica no solo enriquece el conocimiento disciplinar, sino que también fortalece en los estudiantes la capacidad de apreciar la ciencia como un proceso dinámico y en constante transformación.

En cuanto a los aspectos pedagógicos y la estructura didáctica, las tramas reflejan un enfoque constructivista y colaborativo que se adapta a las necesidades de los estudiantes y

promueve la participación activa. E14, por ejemplo, utiliza herramientas digitales como Google Sky y programas de creación visual para facilitar la comprensión de las galaxias, integrando recursos TIC que permiten a los estudiantes interactuar de manera activa con los conceptos y visualizarlos de forma atractiva. E15, por otro lado, emplea un enfoque más lúdico con la creación de cuentos sobre la Luna, lo que permite a los estudiantes de tercer grado conectar el aprendizaje de este tema con actividades creativas que estimulan tanto el razonamiento científico como la expresión personal. Este enfoque didáctico diversificado demuestra una capacidad creciente en los docentes en formación para adaptar sus estrategias a diferentes contextos educativos y niveles de comprensión.

La interdisciplinariedad es otra característica destacada de este bloque de tramas, ya que cada una de ellas conecta la astronomía con otras disciplinas, enriqueciendo así el aprendizaje y fomentando una visión integral del conocimiento. E12, al tratar temas de ingeniería aeroespacial, establece conexiones con física, informática y matemáticas, mientras que E13, en el contexto de la astronomía observacional, incluye elementos de biología y filosofía, promoviendo una comprensión interdisciplinaria que se alinea con los objetivos de la educación científica moderna. Estas conexiones interdisciplinarias fortalecen la comprensión de los fenómenos astronómicos y fomentan en los estudiantes una perspectiva más holística del conocimiento científico.

En términos de evaluación, este bloque de tramas emplea diversas herramientas de evaluación que van desde cuestionarios mixtos y rúbricas hasta ejercicios creativos y sesiones de autoevaluación. E11, por ejemplo, cierra su diseño didáctico con un organizador gráfico grupal que permite a los estudiantes sintetizar y visualizar el conocimiento adquirido sobre el ciclo de vida estelar. Este tipo de evaluación fomenta la reflexión y el análisis crítico, promoviendo la metacognición en los estudiantes. Asimismo, E15 utiliza talleres de aplicación y creación de cuentos para evaluar el aprendizaje de los estudiantes sobre la Luna, lo cual resulta efectivo para niveles más básicos donde la evaluación lúdica y participativa puede reflejar de manera precisa la comprensión de los contenidos.

De esta manera, el análisis de este bloque de tramas didácticas destaca el avance en la capacidad de los docentes en formación para estructurar experiencias de aprendizaje de astronomía de manera integral, interdisciplinaria y adaptativa. Las tramas presentan objetivos bien definidos y secuencias didácticas organizadas que no solo facilitan la comprensión conceptual y el desarrollo de habilidades, sino que también fomentan actitudes reflexivas y éticas hacia la ciencia y el cosmos.

La inclusión de contextos históricos y epistemológicos, combinada con enfoques metodológicos constructivistas, permite a los estudiantes comprender la astronomía como un campo interdisciplinario y en constante evolución, promoviendo un aprendizaje significativo y profundo.

Tabla 14 Generalidades de los diseños de trama didáctica estudiantes E16, E17, E18, E19 y E20.

| Elemento | E16 | E17 | E18 | E19 | E20 |
|------------------|---|--|--|--|---|
| Diseñado para | Grado 8° | Grado 8° | Primaria | Grado 8° | Grado 6° |
| Objetivo General | Comprender los factores que determinan la habitabilidad de un planeta y explorar ejemplos en nuestro sistema solar. | Analizar y entender las condiciones extremas de Titán y su potencial para sustentar vida, mediante experimentos prácticos y actividades de reflexión. | Comprender las características principales del planeta Júpiter, incluyendo su tamaño, composición, atmósfera y su posición en el sistema solar, desarrollando una apreciación más profunda por la diversidad del universo. | Explicar la composición fisicoquímica y el origen de los meteoritos, meteoros y asteroides, así como sus efectos y consecuencias de colisiones en la Tierra. | Comprender la importancia del Sol como estrella central del sistema solar, identificando sus características principales y explicando su influencia en la Tierra y en fenómenos astronómicos. |
| Objetivos Saber | Identificar y explicar los factores clave que hacen que un planeta sea habitable. | Conocer la geografía y características físicas de Titán, como su atmósfera y superficie, y comprender conceptos relacionados con la posibilidad de vida en otros cuerpos celestes. | Reconocer las características del planeta Júpiter, su tamaño, composición y la importancia de sus lunas en el sistema solar. | Comprender los procesos de formación, origen y composición de asteroides, meteoritos y meteoros. | Identificar las características principales del Sol, su estructura y su impacto en la Tierra y en el sistema solar. |

| | | | | | | |
|---|--|--|---|--|--|---|
| Objetivos Hacer | Saber | Aplicar los conceptos aprendidos para diseñar un planeta habitable y presentar sus características de manera clara y coherente. | Diseñar y realizar experimentos que simulen las condiciones de Titán, utilizando métodos científicos y habilidades prácticas de laboratorio. | Representar el tamaño relativo de Júpiter, su ubicación en el sistema solar y sus principales lunas mediante modelos o dibujos. | Reconocer y diferenciar entre asteroides, meteoros y meteoritos utilizando técnicas de observación y herramientas adecuadas. | Realizar observaciones seguras del Sol y aplicar conceptos astronómicos básicos para explicar fenómenos como estaciones y eclipses. |
| Objetivos Ser | Saber | Fomentar una actitud crítica y reflexiva hacia la exploración espacial y la búsqueda de vida fuera de la Tierra. | Desarrollar curiosidad científica, interés por el método científico, y respeto por teorías e ideas diversas. | Fomentar un pensamiento activo y curioso hacia el universo y promover la colaboración y el trabajo en equipo. | Desarrollar curiosidad e interés por el estudio del universo, fomentando una actitud de indagación sobre el cosmos. | Desarrollar una actitud de respeto hacia el conocimiento científico y fomentar la curiosidad y responsabilidad en la observación astronómica. |
| Justificación | La habitabilidad planetaria combina aspectos científicos y filosóficos, promoviendo habilidades críticas y creativas, y permitiendo la reflexión sobre nuestro lugar en el universo. | La exploración de Titán permite a los estudiantes ampliar su comprensión del universo, desarrollar habilidades críticas y reflexivas, y fomentar el interés por la ciencia y tecnología. | La enseñanza de Júpiter promueve la curiosidad y motivación de los estudiantes hacia el aprendizaje de astronomía, permitiendo una comprensión holística del universo y fomentando el aprendizaje activo. | Estos cuerpos celestes han suscitado curiosidad y supersticiones en distintas culturas. Estudiarlos permite comprender mejor su composición y comportamiento, contribuyendo al conocimiento científico y a la reflexión sobre su impacto en la Tierra y en nuestra historia evolutiva. | La enseñanza del Sol permite comprender su papel crucial en el desarrollo de la astronomía y en la evolución del pensamiento científico, destacando su impacto tanto en la Tierra como en el desarrollo de la civilización humana. | |
| | Evolución del concepto de habitabilidad planetaria, desde la "zona habitable" hasta factores complejos como atmósfera y actividad geológica. La búsqueda de | Descripción de la evolución de la astronomía desde civilizaciones antiguas hasta la exploración moderna, y una revisión de los descubrimient | Exploración del origen de Júpiter y su crecimiento en el sistema solar abordando su rápida formación y su influencia gravitacional como barrera | La evolución del estudio de meteoros, meteoritos y asteroides desde interpretaciones mitológicas hasta la comprensión moderna, destacando hitos como el impacto | Evolución del concepto del Sol en la historia de la astronomía, desde teorías geocéntricas hasta el modelo heliocéntrico y los avances modernos en la física solar, | |
| Aspectos Epistemológicos e Históricos | | | | | | |

| | | | | | |
|---------------------|--|---|--|---|---|
| | <p>exoplanetas y lunas con potencial habitabilidad ha revolucionado la comprensión del cosmos.</p> | <p>os de la misión Cassini-Huygens sobre Titán.</p> | <p>para la mezcla de materiales en el sistema solar.</p> | <p>de Chicxulub y la misión Cassini-Huygens.</p> | <p>incluyendo el paradigma de las revoluciones científicas de Kuhn.</p> |
| Marco Teórico | <p>Definición de habitabilidad, factores como zona habitable, atmósfera, presión, estabilidad climática, magnetosfera, geología activa, agua líquida, y actividad geotérmica; ejemplos de cuerpos potencialmente habitables como Marte, Europa y Encélado.</p> | <p>Definición de astrobiología y ciencias planetarias; características de Titán (atmósfera de nitrógeno, hidrocarburos líquidos, comparación con la Tierra); y condiciones extremas que podrían sustentar vida.</p> | <p>Definición de planetas gaseosos, características de Júpiter (atmósfera, composición, tamaño, magnetosfera) y comparación con otros planetas gaseosos.</p> | <p>Definición y clasificación de asteroides, meteoros y meteoritos, incluyendo sus características físicas y composicionales, así como la distinción entre ellos y sus ubicaciones en el sistema solar.</p> | <p>Estructura del Sol, fusión nuclear, ciclo de vida del Sol, y su influencia en el sistema solar; incluye un análisis detallado de fenómenos solares como manchas, fulguraciones y eyecciones de masa coronal.</p> |
| Red Conceptual | <p>Mapa sobre factores de habitabilidad en planetas y lunas.</p> | <p>Diagrama de características de Titán y factores de habitabilidad.</p> | <p>Diagrama de las características de Júpiter, sus lunas y su importancia en el sistema solar.</p> | <p>Diagrama de las diferencias y similitudes entre asteroides, meteoros y meteoritos, incluyendo su composición y ubicación en el sistema solar.</p> | <p>Diagrama de las capas del Sol, procesos de fusión nuclear y sus efectos en el clima espacial y en la Tierra.</p> |
| Interdisciplinariad | <p>Conexión con física (órbitas), química (atmósferas), biología (requerimientos de vida) y geología (estructura planetaria).</p> | <p>Relación con geología planetaria, química atmosférica, meteorología, biología molecular, y robótica para la exploración espacial.</p> | <p>Relación con matemáticas (cálculo del tamaño y volumen), ciencias naturales (composición y atmósfera) e historia (misiones espaciales).</p> | <p>Conexión con historia (impacto en la evolución), química (composición), física (trayectorias y colisiones) y mitología (interpretaciones culturales).</p> | <p>Relación con física (fusión nuclear), geología (impacto en la Tierra), tecnología (instrumentos de observación solar) y cultura (veneración del Sol en distintas civilizaciones).</p> |

| | | | | | |
|--------------------------------------|---|--|--|--|--|
| Aspectos Pedagógicos | Uso de encuestas para explorar conocimientos previos y fomentar la participación activa y el trabajo en grupo. | Enfoque en el aprendizaje cooperativo, pensamiento crítico, y conexión con experiencias cotidianas de los estudiantes. | Aprendizaje basado en indagación, experimentación y colaboración, promoviendo habilidades de investigación y trabajo en equipo. | Enfoque constructivista, integrando aprendizaje por indagación, actividades de simulación y representación en grupos para comprender las características de estos cuerpos celestes y sus efectos en la Tierra. | Enfoque constructivista basado en el aprendizaje significativo, interacción social y contextualización de la astronomía, fomentando la investigación, el descubrimiento y la colaboración. |
| Diseño Didáctico | Clase en cuatro partes: introducción teórica, actividad práctica en grupos sobre diseño de un planeta habitable, presentación y discusión de la actividad, y reflexión final. | Actividades de introducción, experimentos sobre atmósfera y acidez de Titán, diseño de un organismo hipotético para Titán, y discusión final sobre el aprendizaje. | Actividades prácticas como la creación de modelos de Júpiter, simulaciones de la atmósfera y un simulador en línea para la observación virtual de Júpiter y sus lunas. | Incluye actividades de exploración, contextualización con videos, y una actividad práctica en la que los estudiantes representan asteroides, meteoros o meteoritos en un 'viaje espacial'. | Secuencia didáctica estructurada en actividades de exploración, contextualización mediante videos y simuladores, y actividades prácticas para comprender los fenómenos solares. |
| Exploración de Conocimientos Previos | Encuesta y discusión inicial sobre conocimientos previos acerca de planetas habitables y vida en el universo. | Actividad de diagnóstico con preguntas voluntarias para evaluar el conocimiento inicial sobre Titán y la posibilidad de vida extraterrestre. | Actividad inicial de diagnóstico mediante video y discusión para evaluar el conocimiento inicial sobre Júpiter. | Cuestionario diagnóstico con preguntas abiertas sobre el conocimiento inicial de meteoros, meteoritos y asteroides. | Visita al observatorio y cuestionario diagnóstico sobre conceptos básicos del Sol, seguido de una actividad inicial para discutir conocimientos previos. |

| | | | | | |
|--|--|--|--|---|---|
| Análisis y Resultados de la Evaluación Diagnóstica | Evaluación de creatividad, método científico y pensamiento crítico en la comprensión de habitabilidad planetaria y vida en el espacio. | Identificación del nivel de comprensión y ajustes necesarios para desarrollar el tema de habitabilidad en Titán. | Identificación del nivel de conocimientos previos sobre Júpiter, fomentando el aprendizaje en función de las áreas a reforzar. | Evaluación cualitativa de respuestas para ajustar el enfoque didáctico según el nivel de comprensión de los estudiantes. | Evaluación de comprensión de conceptos y habilidad para aplicar conocimientos, identificando áreas a reforzar en función de los conocimientos iniciales de los estudiantes. |
| Momentos de la Clase | Introducción y motivación; desarrollo con contextualización y actividades; cierre con reflexión y evaluación de aprendizajes. | Introducción con actividad diagnóstica; desarrollo con dos experimentos y diseño de un organismo hipotético; cierre con preguntas y discusión. | Inicio con evaluación diagnóstica, desarrollo mediante contextualización y actividades prácticas, y cierre con la elaboración de una cartelera sobre los conocimientos adquiridos. | Inicio con cuestionario diagnóstico; desarrollo con actividades de contextualización y simulaciones; cierre con evaluación práctica en la que los estudiantes representan los cuerpos celestes. | Inicio con cuestionario diagnóstico y video introductorio; desarrollo con actividades prácticas de observación solar y simulación de fenómenos solares; cierre con evaluación en Kahoot y discusión grupal. |
| Evaluación de la Sesión de Clase | Evaluación del aprendizaje que incluye conocimientos teóricos, habilidades prácticas y actitudes científicas. | Evaluación de la participación, comprensión de conceptos, y capacidad de aplicar el conocimiento a situaciones hipotéticas. | Evaluación formativa mediante cuestionario, ejercicios prácticos y observación de la participación en actividades colaborativas. | Taller evaluativo para medir comprensión, diferenciación y participación en actividades de colaboración. | Evaluación mediante observación, participación en actividades, y cuestionario en Kahoot; se consideran indicadores como claridad en la explicación y uso de términos técnicos. |

| | | | | | |
|-------------|--|---|--|--|---|
| Recursos | Proyector, computadora, tablero, papel y bolígrafos, y video. | Materiales de laboratorio (hielo seco, vinagre, bicarbonato), imágenes de Titán, y referencias visuales de la NASA. | Video, simulador de sistema solar, papel, marcadores, agua, aceite, jarabe de maíz y colorantes alimentarios para la simulación de la atmósfera. | Simuladores de meteoros, meteoritos y asteroides, videos educativos, y libros sobre historia de estos cuerpos celestes. | Simulador solar, video educativo, gafas de seguridad para observación solar, telescopios solares, material artístico para la representación visual del Sol. |
| Referencias | Fuentes académicas y en línea como Butturini et al. (2020), NASA, y videos de divulgación científica en YouTube. | Referencias académicas y recursos en línea como National Geographic y World Scientific. | Fuentes académicas y recursos de divulgación como NASA y National Geographic. | Fuentes académicas y recursos en línea de divulgación como National Geographic, NASA, y artículos sobre asteroides y meteoritos. | Fuentes académicas, NASA, y otros recursos especializados en astronomía y física solar. |
| Anexos | Actividades y ejercicios adicionales sobre habitabilidad planetaria. | Actividades de simulación y guías de experimentos. | Guía para actividades prácticas, simulaciones y cuestionario de evaluación. | Evaluación diagnóstica y rúbricas para la evaluación de actividades prácticas. | Cuestionario diagnóstico, rúbrica de evaluación y guía para actividades de observación y simulación del Sol. |

En este último bloque de tramas didácticas, tabla 14, se demuestra un enfoque de enseñanza en astronomía que aborda temas como la habitabilidad planetaria, las condiciones de Titán, las características de Júpiter, los cuerpos celestes como meteoros y meteoritos, y la importancia del Sol. Cada trama ofrece objetivos bien delineados que vinculan el conocimiento conceptual con habilidades prácticas y actitudes científicas, formando un conjunto de experiencias de aprendizaje que integran aspectos fundamentales de la astronomía con métodos didácticos variados y actividades interactivas.

En términos conceptuales, los “Objetivos Saber” están bien definidos para facilitar la comprensión de temas complejos, como la habitabilidad planetaria en E16 y las condiciones extremas de Titán en E17, abriendo espacio para la reflexión sobre conceptos interdisciplinarios que incluyen geología, biología, y astrobiología. Los objetivos también muestran un compromiso

con la enseñanza de conceptos fundamentales de astronomía como las características físicas de cuerpos celestes (E18 y E19) y la estructura y dinámica solar (E20). Esta orientación permite a los estudiantes no solo adquirir conocimientos específicos, sino también comprender cómo estos conocimientos encajan dentro de una comprensión más amplia del universo y sus fenómenos.

En el aspecto procedimental, los “Objetivos Saber Hacer” revelan un enfoque en el aprendizaje activo y el desarrollo de habilidades científicas. Por ejemplo, en E16, los estudiantes diseñan un planeta habitable, lo que no solo refuerza su comprensión de los factores de habitabilidad, sino que también estimula su capacidad creativa y de razonamiento crítico. E17 lleva esta habilidad un paso más allá, invitando a los estudiantes a realizar experimentos que simulan las condiciones de Titán. Esta actividad práctica permite aplicar los conceptos de la teoría a situaciones experimentales, consolidando así una comprensión más profunda. E20, por su parte, incluye la observación solar, una experiencia directa que ayuda a los estudiantes a contextualizar los conocimientos teóricos sobre el Sol y a observar los efectos de los fenómenos solares en tiempo real. Estos objetivos “Saber Hacer” están bien estructurados para promover la interacción con el contenido de manera experimental y colaborativa, construyendo una base sólida para el aprendizaje basado en la investigación.

La dimensión actitudinal, o “Objetivos Saber Ser”, está orientada a fomentar actitudes de curiosidad, responsabilidad científica y respeto hacia el conocimiento. Las tramas didácticas invitan a los estudiantes a adoptar una visión crítica y reflexiva, como se observa en E16, donde se explora la búsqueda de vida fuera de la Tierra, o en E17, que incentiva la curiosidad científica al estudiar Titán. Este componente es crucial, ya que complementa los conocimientos conceptuales y procedimentales con una perspectiva ética y reflexiva hacia la astronomía y sus implicaciones en la vida cotidiana y el pensamiento científico.

Los aspectos epistemológicos e históricos en estas tramas evidencian un enfoque integral de la astronomía, que conecta el conocimiento actual con sus raíces y evolución. Por ejemplo, E16 aborda la evolución de la idea de habitabilidad planetaria, mientras que E19 presenta la transición de interpretaciones mitológicas de meteoros y asteroides a una comprensión científica de estos fenómenos, ayudando a los estudiantes a apreciar cómo el conocimiento ha cambiado y avanzado. Este enfoque histórico permite contextualizar los contenidos y proporciona una perspectiva más rica sobre el desarrollo científico, subrayando la naturaleza dinámica y evolutiva de la ciencia.

Desde el punto de vista pedagógico, las tramas muestran un enfoque constructivista y un diseño basado en el aprendizaje activo y colaborativo (Araya et al., 2007; Hernández Rojas, 2008). Cada diseño didáctico está estructurado en momentos claros que incluyen actividades de motivación, contextualización, y evaluación, como en E19, donde los estudiantes exploran la naturaleza de los asteroides y meteoritos a través de actividades de simulación y representación en grupo. Las actividades prácticas y el uso de simuladores y herramientas digitales, como los propuestos en E20 para la observación solar, facilitan un aprendizaje significativo que integra el uso de tecnología educativa con el contenido astronómico. Estas metodologías activas y experienciales promueven la exploración, la indagación y la reflexión, permitiendo a los estudiantes construir su propio conocimiento en un entorno dinámico y participativo.

En cuanto a la interdisciplinariedad, cada trama explora conexiones entre la astronomía y otras disciplinas como la física, la biología, la geología y la química, lo cual refuerza el aprendizaje contextualizado y promueve una comprensión integral de los fenómenos astronómicos (Bocanegra Caro, 2018; Langhi, 2009). Por ejemplo, en E17, se relaciona la geografía planetaria con la biología y la química atmosférica al estudiar Titán, y en E20 se integran conceptos de física solar y tecnología, ampliando así el panorama científico de los estudiantes. Esta interdisciplinariedad no solo enriquece el aprendizaje, sino que también facilita que los estudiantes comprendan cómo se conectan los diferentes campos del conocimiento en el estudio del cosmos.

La evaluación en este bloque de tramas utiliza una combinación de herramientas formativas y sumativas para medir el progreso de los estudiantes en términos de conocimientos, habilidades y actitudes. La mayoría de las tramas incluyen actividades evaluativas que fomentan la autoevaluación y la reflexión, como en E19, donde los estudiantes participan en un taller evaluativo que mide la comprensión de conceptos y habilidades. E20, por su parte, emplea cuestionarios y herramientas interactivas como Kahoot para evaluar de manera dinámica, lo cual resulta efectivo para captar el interés de los estudiantes y proporcionar retroalimentación en tiempo real (Plump & LaRosa, 2017).

Para concluir este apartado, las tramas didácticas analizadas evidencian una creciente habilidad en los docentes en formación para integrar los conocimientos astronómicos con prácticas pedagógicas que promueven el aprendizaje significativo, la interdisciplinariedad y la reflexión crítica. A lo largo de cada bloque, se observa una progresión en la complejidad de los temas abordados y en el uso de metodologías activas y evaluaciones integrales, que reflejan un enfoque

educativo orientado al desarrollo de competencias científicas en los estudiantes. Estos diseños no solo contribuyen a la comprensión de los fenómenos astronómicos, sino que también fortalecen las capacidades de los futuros docentes para planificar, contextualizar y evaluar procesos de enseñanza-aprendizaje en astronomía, brindando a sus estudiantes una experiencia educativa rica, integral y fundamentada en el conocimiento científico actualizado y en la indagación constante del universo que habitamos.

7.3.5.2 Evaluación, reflexiones y análisis desde las tramas didácticas realizadas

Este apartado se centra en la evaluación, reflexión y análisis de las tramas didácticas elaboradas por los docentes en formación, a partir de los criterios establecidos en la rúbrica presentada en la tabla 15. Esta evaluación sigue una estructura analítica en la cual se examina cada trama en relación con los niveles de logro, en función de los elementos clave para el diseño didáctico y la enseñanza efectiva en astronomía.

Los criterios de la rúbrica permiten valorar múltiples dimensiones del proceso de enseñanza, tales como la capacidad para justificar la selección de la noción conceptual en función de su relevancia disciplinar y epistemológica, la exploración de conocimientos previos, la complejidad en la comprensión de conceptos en distintos niveles, y la construcción de redes conceptuales que reflejen la interrelación de los temas astronómicos. Asimismo, se examinan aspectos como la postura pedagógica, la integración interdisciplinaria, la estructura de las fases didácticas, y las habilidades y competencias que los docentes en formación planean desarrollar en sus estudiantes.

Este análisis también toma en cuenta la importancia de la innovación y creatividad en el diseño de actividades de aprendizaje, así como la capacidad para contextualizar y relacionar los contenidos astronómicos con el entorno sociocultural de los estudiantes (Khorolskyi, 2023; Ros & Pasachoff, 2006). Los criterios propuestos ofrecen una visión amplia y detallada de cómo los docentes en formación han aplicado conceptos didácticos y pedagógicos en el desarrollo de sus tramas, permitiendo una lectura enriquecedora de sus enfoques y metodologías.

Así, en este apartado se presentan las observaciones derivadas de esta caracterización, ofreciendo una comprensión integral de las intencionalidades, enfoques y elementos didácticos en el diseño de estas tramas. Este proceso de lectura y reflexión permite identificar las bases que sustentan el desarrollo de las competencias docentes en astronomía, resaltando la importancia de

una planeación rigurosa y fundamentada en los principios del aprendizaje significativo. La siguiente evaluación, por lo tanto, no busca solo identificar niveles de logro, sino profundizar en la comprensión de las prácticas pedagógicas que sostienen la enseñanza de la astronomía desde una perspectiva crítica y formativa.

Tabla 15 *Rubrica de valoración de las tramas didácticas.*

| Criterios | Nivel 3 | Nivel 2 | Nivel 1 |
|--------------------------------|---|---|---|
| Justificación | Se evidencia la importancia de la selección de la noción conceptual desde la disciplina o campo, su evolución histórica, los estándares existentes y sus implicaciones en el contexto. | La noción conceptual proviene de uno o dos de los aspectos. | Las apreciaciones son netamente personales y falta profundidad para abordar la noción conceptual. |
| Conocimientos previos | Se evidencian saberes cotidianos y previos a través de instrumentos como la entrevista, el cuestionario y otros; para recolectar información se debe reflexionar sobre estos. | Se indagan conocimientos previos sin diseño de instrumentos (evidencia) o falta la reflexión sobre ellos. | Faltan procesos de observación y la planeación carece de presupuestos para abordar la noción conceptual. |
| Concepto en diferentes niveles | Se evidencia una documentación abundante sobre la evolución del concepto desde los primeros niveles hasta los de un experto y la elaboración de posibles explicaciones de la noción conceptual. | Los niveles complejos del concepto solo se realizan por quienes anteceden al grado en el que se trabajará la noción conceptual. | Los referentes son escasos, no se presenta la forma como se ha organizado el nivel de evolución de la noción conceptual, faltan referentes. |
| Red conceptual | Se evidencian diferentes interrelaciones de la noción conceptual que afecta y se ve afectada por otros tópicos. | Las interacciones muestran solo un sentido de complejidad del concepto, la relación es netamente unidireccional, falta contrastación. | La noción conceptual se aborda aislada, los niveles de complejidad no se evidencian. |
| Ruta didáctica | Se observa que el profesor en formación asume una postura pedagógica o didáctica, aunque presenta e indica el proceso de cómo se abordará la noción conceptual. | Carece de postura pedagógica o didáctica. | No se observa una postura pedagógica o didáctica, como tampoco el proceso de la manera como se abordará la noción conceptual. |

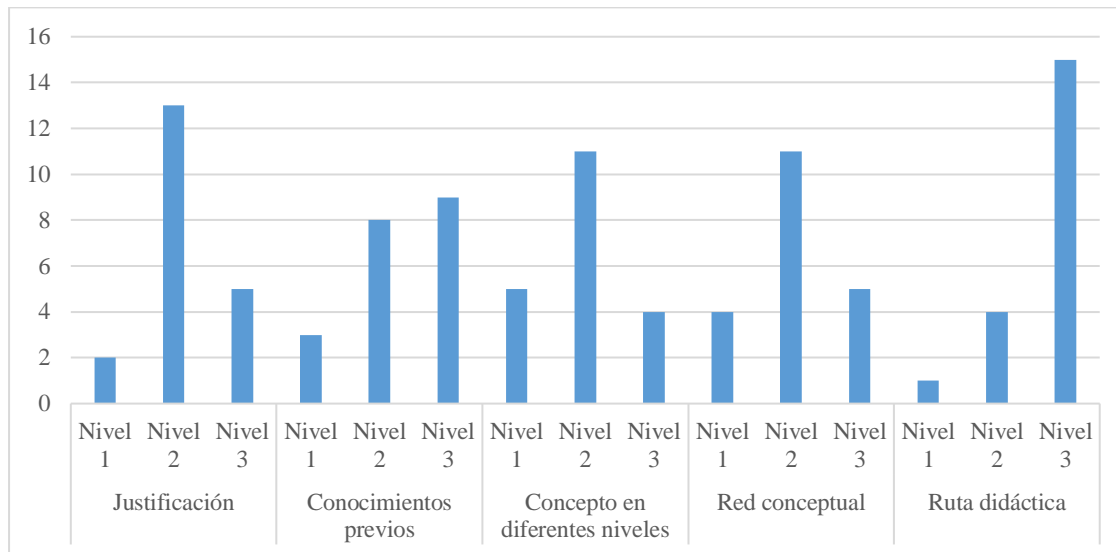
| | | | |
|---|--|---|---|
| Interdisciplinariedad | Se evidencian las interrelaciones de la noción conceptual con otras áreas o campos de conocimiento. Se observan las relaciones con la CTSA. | Evidencia algunas interrelaciones con otras áreas o campos del conocimiento, aunque falta mostrar las relaciones de la noción conceptual con la CTSA. | Faltan las interrelaciones de la noción conceptual con otras áreas o campos del conocimiento. |
| Fases | El documento define las diferentes fases o propuestas desde las cuales se abordará la noción conceptual. | El documento presenta fases, pero por falta de coherencia no se entiende cómo se abordará y desarrollará la noción conceptual. | No se evidencian las fases de cómo se abordará la noción conceptual. |
| Habilidades | Se proponen y definen las habilidades que se desarrollarán al abordar y hacer seguimiento a la noción conceptual. | Las habilidades no se definen claramente; se presenta el desarrollo de algunas en el seguimiento de la noción conceptual. | No se presentan habilidades o solamente se nombran verbos. |
| Planeación docente para el desarrollo de la noción conceptual | Se propone con claridad la forma conceptual, procedimental y actitudinal sobre cómo se abordará la noción conceptual. | Falta claridad en la propuesta y coherencia en los aspectos conceptuales, procedimentales y actitudinales. | No se visualiza la planeación en los tres aspectos. |
| Objetivos o finalidades | Se expresan los objetivos o finalidades del aprendizaje esperado. | Los objetivos son amplios y no determinan la finalidad del aprendizaje. | Faltan objetivos o coherencia de estos con el desarrollo de la noción conceptual. |
| Desarrollo del Pensamiento Crítico y Reflexión | Los estudiantes analizan, cuestionan y fundamentan sus ideas con evidencia sólida, integrando diferentes perspectivas y construyendo argumentos estructurados. | Los estudiantes muestran capacidad para cuestionar información, pero de manera superficial, sin profundizar en sus argumentos. | Los estudiantes aceptan la información sin cuestionarla y carecen de fundamentos críticos en sus argumentos. |
| Innovación y Creatividad en el Proceso de Aprendizaje | Se fomenta un entorno donde los estudiantes proponen ideas originales, exploran soluciones innovadoras y aplican el conocimiento de manera creativa en diversas situaciones. | La creatividad se promueve ocasionalmente, pero con limitaciones en la profundidad de las ideas o en el desarrollo de soluciones innovadoras. | No se fomenta la creatividad ni la innovación en las actividades, los estudiantes siguen instrucciones sin explorar alternativas. |
| Contextualización y Relación con el Entorno Sociocultural | Los conceptos se aplican de forma efectiva en el contexto sociocultural de los estudiantes, mostrando relevancia en sus vidas y problemáticas locales o globales. | Se hacen intentos de conectar el contenido con el entorno de los estudiantes, pero de forma superficial o sin aplicación práctica clara. | No se establece conexión entre los contenidos y el contexto sociocultural de los estudiantes, se enseña de forma aislada del entorno. |

Fuente: Adaptado (Pedraza-Jiménez, 2021)

El análisis de las tramas didácticas elaboradas por los docentes en formación revela logros importantes en diversas dimensiones pedagógicas, destacándose los avances en varios de los componentes evaluados, aunque persisten áreas que requieren atención para fortalecer la formación integral en la enseñanza de la astronomía.

Uno de los aspectos más sólidos es la justificación de la noción conceptual, donde una significativa proporción de los docentes en formación alcanzó el Nivel 2, lo que indica una capacidad intermedia para contextualizar el contenido astronómico en relación con sus implicaciones en la disciplina y su evolución histórica (ver Figura 55). Aunque solo una minoría alcanzó el Nivel 3, los resultados en este aspecto evidencian que los estudiantes-docentes reconocen la importancia de conectar los conceptos de astronomía con fundamentos epistemológicos y estándares educativos, demostrando una comprensión de la relevancia del contenido en la educación científica. Sin embargo, para alcanzar un mayor dominio, sería beneficioso fomentar una mayor profundización en la relación entre el concepto y el contexto educativo.

Figura 55 Niveles alcanzados en la trama didáctica I.



En cuanto a la exploración de conocimientos previos, los datos muestran una tendencia favorable hacia los niveles superiores, con una distribución equilibrada entre Nivel 2 y Nivel 3. Este logro indica que los docentes en formación muestran una buena disposición para integrar

instrumentos como cuestionarios y entrevistas en la recolección de conocimientos previos, lo cual es esencial para personalizar el proceso de enseñanza-aprendizaje y conectar con la experiencia previa de los estudiantes. Este aspecto, evidenciado en la Figura 55, resalta el entendimiento de que los conocimientos previos son un recurso valioso para construir un aprendizaje significativo y que, en su mayoría, los docentes en formación han logrado avanzar en esta dirección.

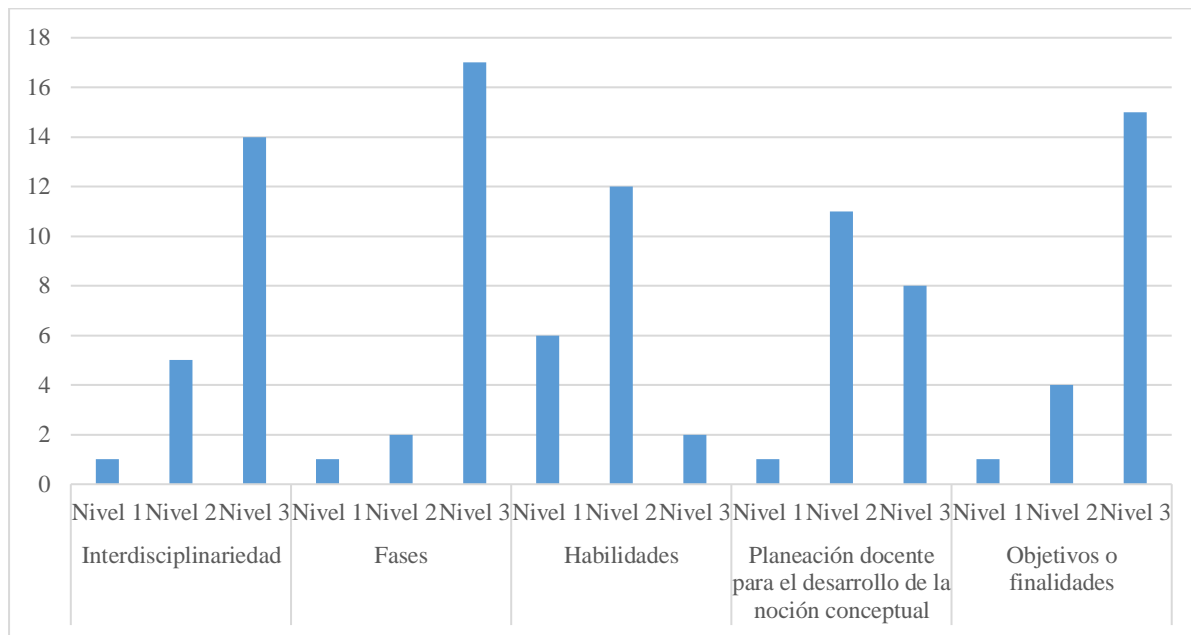
Otro punto fuerte es la documentación de conceptos en diferentes niveles, en la cual se evidencia una inclinación hacia el Nivel 3, señalando que los docentes en formación son capaces de trabajar la evolución de los conceptos astronómicos desde los niveles básicos hasta una comprensión avanzada (ver Figura 55). Esto refleja una preparación adecuada para enseñar astronomía a estudiantes en diferentes grados y niveles de complejidad. La habilidad para adaptar el nivel de explicación según el contexto y el grado educativo contribuye a una enseñanza más inclusiva y efectiva, evidenciando una competencia clave en el desarrollo pedagógico de los estudiantes-docentes.

En el diseño de la red conceptual, una cantidad considerable de estudiantes alcanzó los niveles intermedios y avanzados, lo que demuestra su capacidad para interrelacionar conceptos astronómicos con otros contenidos, favoreciendo una comprensión multidimensional del conocimiento científico. Esta habilidad es fundamental en la enseñanza de la astronomía, ya que permite a los estudiantes ver la conexión entre diferentes elementos del Sistema Solar, el cosmos y la física, facilitando una comprensión integrada del universo. Sin embargo, algunos docentes aún se encuentran en el Nivel 1, indicando la necesidad de trabajar en la capacidad para relacionar conceptos de manera más compleja y profunda.

La ruta didáctica, por otro lado, mostró una mayor dispersión en los niveles alcanzados, destacándose que varios estudiantes lograron el Nivel 3, aunque una proporción considerable permanece en los niveles más bajos. Esto sugiere que, si bien algunos docentes en formación han desarrollado una postura pedagógica clara y una metodología didáctica coherente para abordar los temas, otros aún requieren fortalecer sus habilidades en la planificación y estructuración de la enseñanza. La importancia de una ruta didáctica bien definida es esencial para garantizar que los contenidos sean compartidos de manera lógica y efectiva, y en este sentido, se recomienda que los estudiantes-docentes fortalezcan su formación en el diseño de secuencias pedagógicas bien articuladas, habilidad que posiblemente se desarrolle con la praxis docente y por qué no, con el desarrollo de formación posgradual en el área.

La interdisciplinariedad en la enseñanza de la astronomía es otro componente evaluado que presenta resultados positivos, destacándose un buen desempeño en el Nivel 3, lo cual sugiere que los docentes en formación comprenden la necesidad de integrar conocimientos de diferentes disciplinas como la física, la química y las ciencias ambientales para una enseñanza más completa y contextualizada (Figura 56). Este enfoque interdisciplinario permite a los estudiantes comprender cómo la astronomía se relaciona con otras áreas del conocimiento, promoviendo una visión holística de los fenómenos astronómicos y facilitando la aplicación de estos conocimientos en contextos variados. No obstante, algunos estudiantes permanecen en los niveles inferiores, lo que indica una oportunidad para mejorar en la capacidad de establecer conexiones interdisciplinarias más significativas.

Figura 56 Niveles alcanzados en la trama didáctica II.



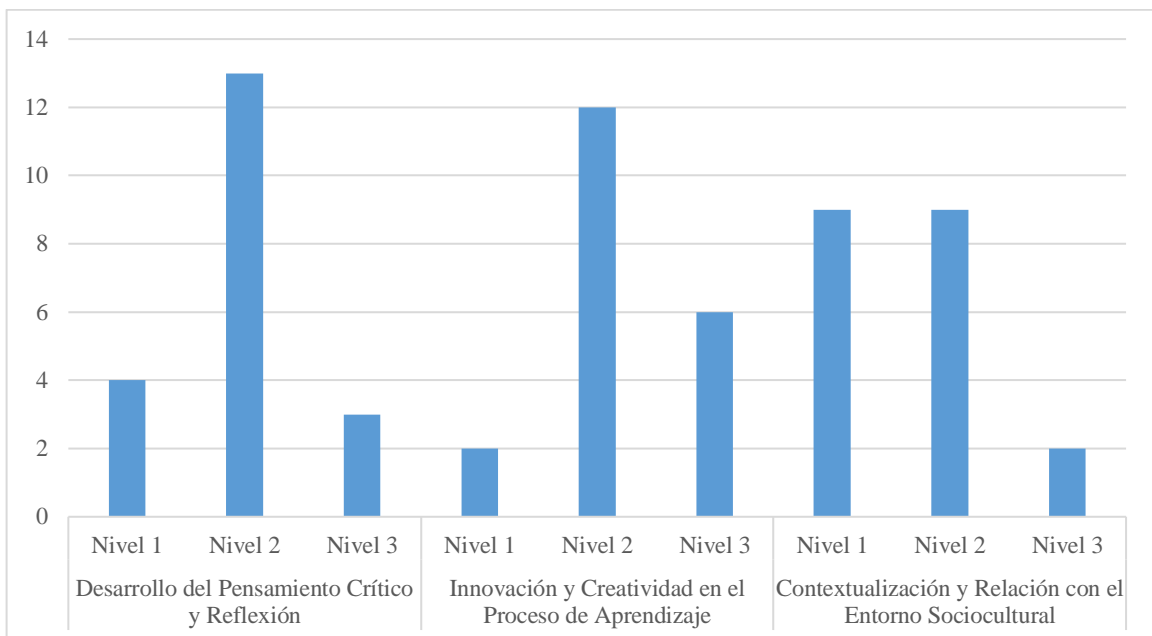
Respecto a las fases didácticas y habilidades desarrolladas, se observa que la mayoría de los docentes en formación lograron ubicarse en los niveles superiores (Figura 56). Esto es un indicativo positivo de que la planificación de actividades pedagógicas contempla una secuencia estructurada y coherente, y que se identifican claramente las habilidades que se desean desarrollar en los estudiantes. Este logro es crucial para la enseñanza efectiva, ya que la organización en fases permite un proceso de aprendizaje gradual y la identificación de habilidades asegura que los

estudiantes no solo adquieran conocimientos, sino también competencias prácticas que puedan aplicar en diferentes situaciones.

En cuanto a los objetivos o finalidades del aprendizaje, la mayoría de los docentes alcanzaron el Nivel 3, lo cual refleja una comprensión clara de las metas pedagógicas y una planificación orientada al logro de resultados específicos de aprendizaje (ver Figura 56). Esta claridad en los objetivos asegura que tanto el docente como los estudiantes tengan una dirección clara en el proceso educativo, promoviendo un aprendizaje más enfocado y con mayor posibilidad de éxito.

Frente a los criterios de pensamiento crítico y reflexión, innovación y creatividad y contextualización sociocultural reflejaron logros intermedios en los estudiantes-docentes, predominando el Nivel 2 en la mayoría de los casos (Figura 57). Esto indica que, si bien existe una buena disposición para fomentar la curiosidad científica y el pensamiento crítico, las actividades pedagógicas pueden beneficiarse de una mayor profundización en estos aspectos. La creatividad en el proceso de aprendizaje y la conexión del contenido con el entorno sociocultural son áreas que requieren un mayor enfoque para asegurar que los estudiantes no solo adquieran conocimientos, sino que también desarrollen habilidades para cuestionar, innovar y relacionar los conceptos científicos con sus contextos de vida.

Figura 57 Niveles alcanzados en la trama didáctica III.



En síntesis, la evaluación de las tramas didácticas diseñadas por los docentes en formación revela un panorama alentador en términos de logros alcanzados, pero también resalta aspectos clave que requieren de un mayor fortalecimiento. El análisis muestra que los futuros docentes han demostrado un avance significativo en la justificación de la noción conceptual, la exploración de conocimientos previos y la documentación de conceptos en diferentes niveles, elementos que contribuyen a una enseñanza más fundamentada y adaptable a la diversidad de los estudiantes. Estos aspectos destacan un desarrollo positivo en la capacidad de estructurar una enseñanza significativa en astronomía, promoviendo un aprendizaje profundo y contextualizado.

Asimismo, se observa una notable habilidad en la construcción de redes conceptuales y en la formulación de objetivos claros y finalidades del aprendizaje, lo cual denota un compromiso con la planificación pedagógica orientada a resultados. Estas habilidades son fundamentales para establecer una dirección clara en el proceso educativo y aseguran que el contenido sea accesible, significativo y alineado con los propósitos de aprendizaje. Igualmente, los logros en interdisciplinariedad y en la estructuración de fases didácticas resaltan la visión integral y sistemática que los estudiantes-docentes están desarrollando, fortaleciendo su competencia para conectar la astronomía con otras áreas del conocimiento.

Sin embargo, los resultados también sugieren la necesidad de continuar trabajando en aspectos como la profundización en el desarrollo del pensamiento crítico, la creatividad en el diseño de actividades y la contextualización sociocultural del contenido. Estos componentes son esenciales para formar estudiantes críticos, capaces de cuestionar y relacionar el conocimiento científico con sus realidades y experiencias. La atención a estas áreas de mejora permitirá que los futuros docentes fortalezcan su rol como mediadores en la construcción de conocimiento, promoviendo una enseñanza de la astronomía que no solo sea rigurosa, sino también relevante y transformadora.

El anterior análisis, ofrece una base sólida para la reflexión sobre el proceso formativo de los docentes en enseñanza de la astronomía, estableciendo tanto las fortalezas alcanzadas como las áreas de oportunidad que requieren un apoyo adicional. La evaluación integral de las tramas didácticas, enmarcada en los criterios de la rúbrica, permite visualizar el camino hacia una formación docente más completa y adaptada a los desafíos actuales de la educación científica.

7.3.5 Fortalecimiento conceptual sobre Astronomía logrado con la actividad de formación inicial docente planteada.

Este apartado, se centra en el análisis del fortalecimiento conceptual logrado en el área de astronomía por parte de los docentes en formación a través de una actividad de formación inicial. Para evaluar este fortalecimiento, se aplicó un instrumento tipo test posintervención diseñado con el fin de identificar no solo el conocimiento adquirido, sino también las áreas de fortaleza y aquellas que aún presentan debilidades. Esta prueba se estructura en una serie de preguntas clave que abordan conceptos fundamentales de la astronomía, tales como la clasificación de las estrellas, los fenómenos estelares, la estructura del sistema solar, las características de las galaxias y otros conceptos esenciales para una comprensión sólida de la disciplina astronómica, tabla 16.

Tabla 16 Test posintervención sobre el fortalecimiento conceptual en astronomía.

| No. | Pregunta | Opciones | Respuesta Correcta |
|-----|---|--|---|
| 1 | ¿Cuál de las siguientes propiedades de las estrellas es la más importante para clasificarlas en la secuencia principal del diagrama de Hertzsprung-Russell? | a) Magnitud absoluta b) Temperatura superficial c) Periodo de rotación d) Tamaño | b) Temperatura superficial |
| 2 | ¿Cuál de las siguientes propiedades es una característica compartida por todos los planetas terrestres en nuestro Sistema Solar? | a) Tener lunas grandes y numerosas b) Superficies rocosas y sólidas c) Orbitar más allá del cinturón de asteroides d) Tener una densa atmósfera de metano | b) Superficies rocosas y sólidas |
| 3 | Durante la secuencia principal, ¿qué proceso ocurre en el núcleo de una estrella como el Sol? | a) Helio por fusión nuclear b) Carbono por fisión nuclear c) Helio por desintegración radiactiva d) Oxígeno por reacciones químicas | a) Helio por fusión nuclear |
| 4 | ¿Qué fenómeno astronómico suele preceder a la formación de un agujero negro a partir de una estrella masiva? | a) Formación de una enana blanca b) Explosión de supernova c) Formación de un anillo de Einstein d) Desintegración radiactiva | b) Explosión de supernova |
| 5 | ¿Por qué son cruciales las estrellas variables Cefeidas para medir distancias en el universo? | a) Porque su luminosidad permite calcular la composición estelar b) Porque su período de variabilidad está relacionado con su luminosidad intrínseca c) Porque son responsables de las explosiones de supernovas d) Porque indican la velocidad de rotación de la galaxia | b) Porque su período de variabilidad está relacionado con su luminosidad intrínseca |

- | | | | |
|----|---|--|--|
| 6 | ¿Qué tipo de galaxia tiene una estructura caracterizada por brazos curvados que se extienden desde un núcleo central? | <ul style="list-style-type: none"> a) Galaxias espirales b) Galaxias elípticas c) Galaxias irregulares d) Galaxias lenticulares | a) Galaxias espirales |
| 7 | ¿Dónde se encuentran típicamente los quásares en el Universo? | <ul style="list-style-type: none"> a) En las regiones centrales de galaxias activas y distantes b) En las afueras de galaxias espirales cercanas c) En cúmulos globulares dentro de nuestra galaxia d) En los brazos espirales de galaxias elípticas | a) En las regiones centrales de galaxias activas y distantes |
| 8 | ¿Cuál es una de las principales ventajas operativas de un telescopio espacial en comparación con uno terrestre? | <ul style="list-style-type: none"> a) Mayor costo de construcción y lanzamiento b) No estar limitado por las condiciones climáticas c) Mayor proximidad a los objetos de estudio d) Posibilidad de realizar reparaciones más fácilmente | b) No estar limitado por las condiciones climáticas |
| 9 | ¿Cuál es la región de una nebulosa donde es más probable que se inicie la formación estelar? | <ul style="list-style-type: none"> a) En los bordes exteriores debido a la interacción con el medio interestelar b) En los núcleos densos y fríos del interior c) En las áreas cercanas a estrellas viejas y frías d) En las regiones donde el polvo está disperso | b) En los núcleos densos y fríos del interior |
| 10 | ¿Cuál es el criterio principal que utiliza la clasificación de Hubble para categorizar las galaxias? | <ul style="list-style-type: none"> a) La luminosidad total de la galaxia b) La cantidad de materia oscura presente c) La forma y estructura morfológica d) La composición química de las estrellas | c) La forma y estructura morfológica |
| 11 | ¿Cuál de los siguientes fenómenos es un indicador claro y específico de la actividad magnética del Sol? | <ul style="list-style-type: none"> a) Las protuberancias solares b) Las manchas solares c) El núcleo Solar d) La granulación solar | b) Las manchas solares |
| 12 | ¿Cuál de las siguientes observaciones apoya la existencia de materia oscura en las galaxias? | <ul style="list-style-type: none"> a) La radiación de fondo de microondas b) La expansión del universo medida por la ley de Hubble c) Las curvas de rotación galáctica d) La formación de elementos ligeros durante el Big Bang | c) Las curvas de rotación galáctica |
| 13 | ¿Cuál es una consecuencia directa de las tormentas solares en la Tierra? | <ul style="list-style-type: none"> a) Incremento en la actividad sísmica b) Aparición de auroras en latitudes más bajas c) Aumento de la temperatura media | b) Aparición de auroras en latitudes más bajas |

- global
d) Cambios en las mareas oceánicas
- 14 ¿Cuál es la principal causa de las mareas en la Tierra?
a) La atracción gravitacional de la Luna
b) La rotación de la Tierra
c) La radiación solar
d) El viento solar
a) La atracción gravitacional de la Luna
- 15 ¿Cómo afecta la inclinación axial de la Tierra la cantidad de radiación solar recibida en diferentes partes del planeta?
a) No tiene efecto, ya que la radiación solar es constante a lo largo del año
b) Causa la variación estacional en las temperaturas
c) Aumenta la velocidad orbital de la Tierra alrededor del Sol
d) Afecta la gravedad en la superficie terrestre
b) Causa la variación estacional en las temperaturas
- 16 ¿Qué factor del movimiento lunar es fundamental para predecir cuándo ocurrirán los eclipses solares y lunares?
a) La excentricidad de la órbita lunar
b) La inclinación de la órbita lunar con respecto a la eclíptica
c) La velocidad orbital de la Luna
d) La distancia media entre la Tierra y la Luna
b) La inclinación de la órbita lunar con respecto a la eclíptica
- 17 ¿Cómo se utiliza el movimiento aparente de las constelaciones para identificar las estaciones del año en la Tierra?
a) Midiendo la distancia entre las estrellas de una constelación
b) Observando qué constelaciones son visibles en el cielo nocturno en diferentes épocas del año
c) Calculando el cambio en la magnitud aparente de las estrellas
d) Registrando la duración del tiempo que una constelación está sobre el horizonte
b) Observando qué constelaciones son visibles en el cielo nocturno en diferentes épocas del año
- 18 ¿Qué herramienta es más útil para un niño al que le gusta la astronomía para identificar constelaciones y seguir el movimiento de los planetas a lo largo del año?
a) Un espectrógrafo para analizar la composición de la luz estelar
b) Un planisferio o aplicación de mapa estelar
c) Un radiotelescopio para detectar emisiones de radio
d) Un interferómetro para medir la interferencia de ondas de luz
b) Un planisferio o aplicación de mapa estelar
- 19 ¿Qué característica de Júpiter ha permitido a los científicos estudiar la interacción de las corrientes atmosféricas en los gigantes gaseosos?
a) La Gran Mancha Roja, una tormenta anticiclónica
b) La presencia de su luna más grande, Ganimedes
c) La excentricidad de su órbita
d) La inclinación de su eje de rotación
a) La Gran Mancha Roja, una tormenta anticiclónica

| | | | |
|----|--|---|---|
| 20 | La Unión Astronómica Internacional (IAU) reclasificó a Plutón como un "planeta enano" en 2006. ¿Cuál es la razón principal que impide que Plutón sea clasificado como un planeta en el contexto de las características definitorias establecidas por la IAU? | <ul style="list-style-type: none"> a) Plutón no gira alrededor del Sol b) Plutón no ha despejado su órbita de otros objetos c) Plutón no es esférico en su forma d) Plutón es más pequeño que la Luna | b) Plutón no ha despejado su órbita de otros objetos |
| 21 | Considerando las enormes diferencias de tamaño entre los objetos del Sistema Solar, ¿cuál de las siguientes afirmaciones es correcta? | <ul style="list-style-type: none"> a) Marte es casi del mismo tamaño que la Tierra b) La masa de Júpiter es mayor que la masa combinada de todos los demás planetas del Sistema Solar c) Urano es más pequeño en diámetro que la Luna d) Venus tiene un volumen similar al de Neptuno | b) La masa de Júpiter es mayor que la masa combinada de todos los demás planetas del Sistema Solar |
| 22 | ¿Qué característica única presenta Urano en comparación con los otros planetas gigantes del Sistema Solar? | <ul style="list-style-type: none"> a) Su composición mayormente de helio e hidrógeno b) Su sistema de anillos más complejo y visible c) Su eje de rotación extremadamente inclinado, casi paralelo al plano de su órbita d) Tener la mayor cantidad de lunas | c) Su eje de rotación extremadamente inclinado, casi paralelo al plano de su órbita |
| 23 | ¿Qué condición debe cumplirse para que ocurra un eclipse solar? | <ul style="list-style-type: none"> a) La Luna debe estar en su punto más cercano a la Tierra (perigeo) b) La Luna debe estar alineada con la Tierra y el Sol en el mismo plano orbital (plano de la eclíptica) c) La Tierra debe estar en su punto más cercano al Sol (perihelio) d) La Luna debe estar en fase de cuarto creciente | b) La Luna debe estar alineada con la Tierra y el Sol en el mismo plano orbital (plano de la eclíptica) |
| 24 | ¿Cómo afecta el ciclo solar de aproximadamente 11 años a la Tierra? | <ul style="list-style-type: none"> a) Causa variaciones significativas en las estaciones de la Tierra b) Afecta la intensidad de las auroras boreales y australes c) Cambia la duración del día y la noche en la Tierra d) Influye en la órbita de la Tierra alrededor del Sol | b) Afecta la intensidad de las auroras boreales y australes |

Las preguntas del instrumento abordan un espectro amplio de contenidos, desde propiedades específicas de los astros y fenómenos estelares hasta características de los cuerpos celestes en nuestro sistema solar y la estructura y clasificación de las galaxias. Esto permite evaluar el conocimiento en diversas áreas del campo astronómico, con el propósito de obtener un panorama

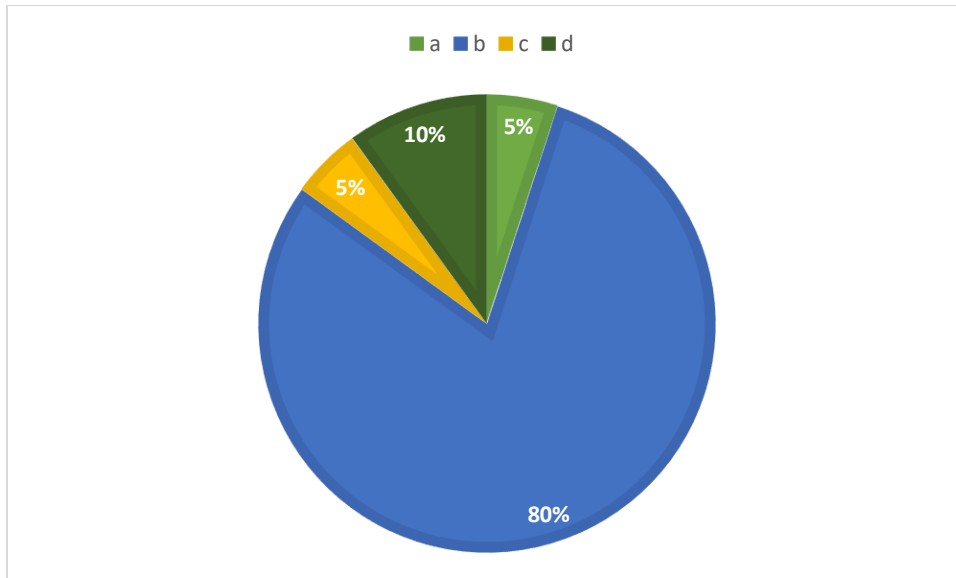
integral de los aprendizajes logrados tras la intervención educativa. Los temas de las preguntas fueron seleccionados estratégicamente para abarcar tanto conceptos generales como detalles específicos, de modo que se pueda identificar no solo la comprensión básica de los docentes en formación, sino también su capacidad para aplicar y contextualizar estos conocimientos en un marco educativo.

La estructura de este pos-test se mantiene en consonancia con el enfoque metodológico y los objetivos planteados en el diagnóstico inicial, permitiendo así una comparación directa de los avances logrados en el conocimiento disciplinar. A partir de los resultados obtenidos, se pretende no solo cuantificar el grado de fortalecimiento conceptual, sino también reflexionar sobre los aspectos pedagógicos que resultaron más efectivos y aquellos que requieren ajustes. Este proceso de evaluación es fundamental para entender cómo la intervención contribuyó al desarrollo de competencias en astronomía y qué áreas aún requieren de un apoyo adicional para consolidar el conocimiento necesario en la práctica docente.

En los párrafos que siguen, se procederá a un análisis detallado de los resultados del test posintervención, que permitirá comprender el impacto de la actividad formativa en el conocimiento disciplinar de los docentes en formación. Este análisis proporcionará una visión precisa sobre los logros alcanzados, así como las áreas de oportunidad para futuros programas de formación en astronomía.

7.3.5.1 ¿Cuál de las siguientes propiedades de las estrellas es la más importante para clasificarlas en la secuencia principal del diagrama de Hertzsprung-Russell?

Figura 58 *Respuestas a la pregunta 1 pos-intervención.*



La distribución de respuestas en la Pregunta 1, en la figura 58 muestra un avance significativo en la comprensión de los criterios de clasificación estelar, especialmente en lo que respecta a la secuencia principal del diagrama de Hertzsprung-Russell. La opción correcta, "Temperatura superficial" (B), fue seleccionada por un 80% de los docentes en formación, lo que evidencia que una mayoría sólida de los participantes reconoce la temperatura como el parámetro fundamental en la clasificación de estrellas en el diagrama H-R. Este resultado es alentador, ya que la temperatura superficial de una estrella es un indicador crucial de su lugar en la secuencia principal, afectando tanto su color como su luminosidad, que son características representativas en este tipo de diagramas.

Las respuestas incorrectas se distribuyen de manera dispersa y en porcentajes bajos: el 10% de los participantes optó por la opción D (Tamaño), mientras que solo el 5% eligió tanto la opción A (Magnitud absoluta) como la opción C (Periodo de rotación). La selección minoritaria de estas opciones erróneas sugiere una comprensión más focalizada entre los docentes en formación respecto al diagnóstico inicial. Anteriormente, en el diagnóstico, la confusión era más evidente, con una tendencia considerable hacia respuestas incorrectas, lo cual reflejaba una falta de claridad en cuanto a los factores de clasificación estelar.

La opción A (Magnitud absoluta), aunque relevante para describir la luminosidad de una estrella en un contexto más general, no es el criterio de clasificación principal en la secuencia principal del diagrama H-R. Este error, presente solo en el 5% de las respuestas, muestra que algunos docentes todavía pueden confundir la magnitud absoluta con la clasificación en términos

de temperatura y color, un área que podría fortalecerse en futuras intervenciones. La opción C (Periodo de rotación) y la opción D (Tamaño) tuvieron respuestas limitadas, lo que sugiere que, para la mayoría de los participantes, estas propiedades son menos relevantes en el contexto de la clasificación en la secuencia principal.

Este predominio de respuestas correctas es indicativo de una mejora en el conocimiento disciplinar adquirido durante la intervención formativa, específicamente en la capacidad de diferenciar los parámetros más importantes en la astronomía estelar. La alta selección de la respuesta correcta implica que los docentes en formación no solo identifican la importancia de la temperatura en la secuencia principal, sino que también entienden su papel en la caracterización de las estrellas en términos de color y luminosidad. Esto demuestra una asimilación de conceptos clave en astrofísica, fundamentales para la enseñanza de la astronomía en un contexto educativo.

7.3.5.2 ¿Cuál de las siguientes propiedades es una característica compartida por todos los planetas terrestres en nuestro Sistema Solar?

En la Pregunta 2, los resultados evidenciados en la figura 59 reflejan una notable comprensión entre los docentes en formación sobre las características compartidas de los planetas terrestres en nuestro sistema solar. La mayoría de los participantes (90%) seleccionó correctamente la opción "Superficies rocosas y sólidas" (opción B), lo cual indica una clara conciencia sobre la estructura básica que define a los planetas terrestres, en contraposición a los planetas gaseosos. Este conocimiento es fundamental en la enseñanza de la astronomía, ya que permite diferenciar claramente entre los tipos de planetas y sus características esenciales.

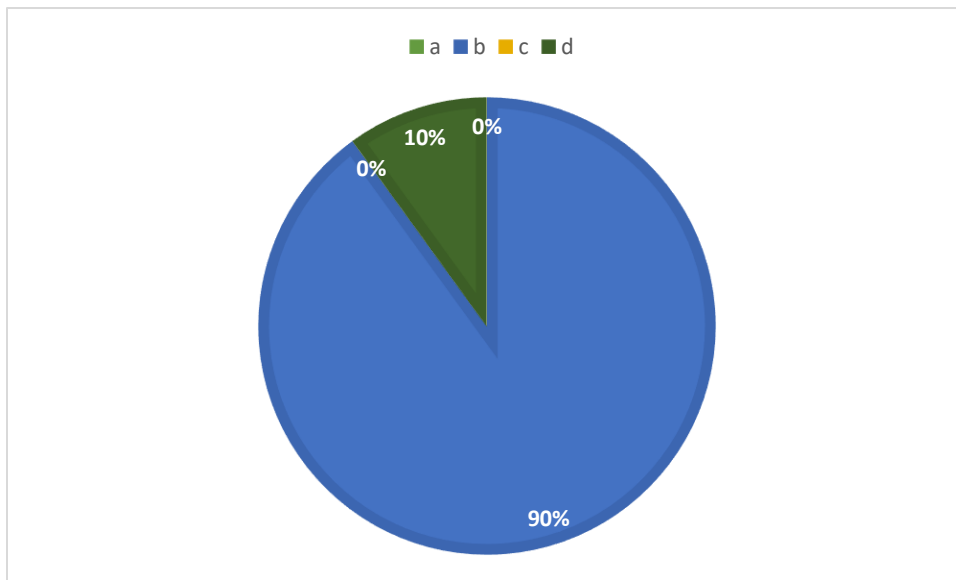
El 10% de los participantes eligió la opción incorrecta D ("Tener una densa atmósfera de metano"), lo que indica una confusión limitada sobre las características atmosféricas de los planetas terrestres. Aunque algunos planetas terrestres tienen atmósferas densas, estas no están compuestas predominantemente de metano, lo cual es más característico de algunos cuerpos en el sistema solar exterior. La elección de esta opción podría señalar una pequeña área de mejora en cuanto a la comprensión detallada de las características atmosféricas y composicionales de los planetas terrestres en comparación con los gigantes gaseosos.

Es importante resaltar que ninguna respuesta se orientó hacia las opciones A ("Tener lunas grandes y numerosas") o C ("Orbitar más allá del cinturón de asteroides"), lo cual demuestra que los docentes en formación tienen una comprensión firme de que estas características no definen a

los planetas terrestres. Esta distribución de respuestas refleja un fortalecimiento significativo en el conocimiento disciplinar respecto a los conceptos básicos de astronomía planetaria, lo que sugiere que la intervención formativa ha sido efectiva en consolidar conceptos esenciales sobre el sistema solar.

En conjunto, la alta proporción de respuestas correctas en esta pregunta confirma que los futuros docentes son capaces de identificar y enseñar de manera precisa las características fundamentales de los planetas terrestres, lo cual es crucial para una comprensión estructurada de la astronomía en contextos educativos.

Figura 59 *Respuestas a la pregunta 2 posintervención.*



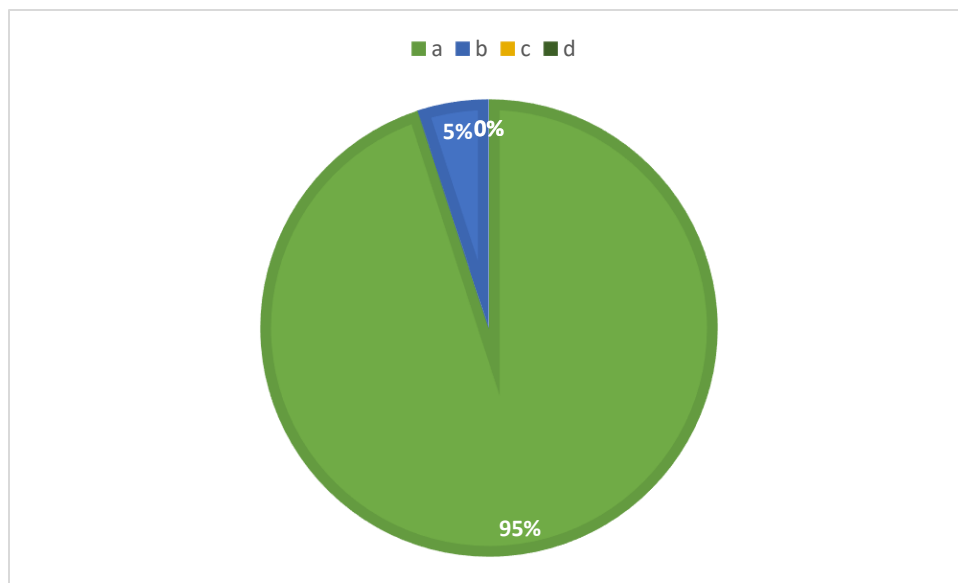
7.3.5.3 Durante la secuencia principal, ¿qué proceso ocurre en el núcleo de una estrella como el Sol?

La distribución de respuestas a la Pregunta 3 (Figura 60) evidenció un claro entendimiento entre los docentes en formación sobre el proceso de fusión nuclear que ocurre en el núcleo del Sol durante su fase en la secuencia principal. La gran mayoría, un 95%, seleccionó la opción correcta (A) "Helio por fusión nuclear". Este proceso, que permite a las estrellas convertir hidrógeno en helio y liberar la energía que sostiene su luminosidad y estabilidad, fue comprendido adecuadamente, reflejando una sólida asimilación de este concepto fundamental de la física estelar.

No obstante, un 5% de los participantes eligió la opción B, "Carbono por fisión nuclear", lo cual indicó cierta confusión, posiblemente entre los procesos de fusión y fisión o entre las distintas etapas de evolución estelar. Cabe señalar que la fusión de carbono tiene lugar en fases avanzadas de evolución en estrellas masivas, y no en una estrella como el Sol durante la secuencia principal. Este error sugirió la necesidad de un refuerzo en los conceptos relacionados con las secuencias de reacciones nucleares que ocurren en las diferentes etapas de la vida estelar, diferenciando claramente entre los procesos de fusión y fisión, y los contextos en los que estos se presentan.

En conjunto, el alto porcentaje de respuestas correctas indicó el éxito de la intervención formativa en la consolidación de conocimientos esenciales sobre los procesos nucleares en las estrellas. Esta comprensión resulta crucial para los futuros docentes, ya que les permitirá abordar de manera precisa y detallada temas de astrofísica básica en su práctica pedagógica, proporcionando a sus estudiantes una base sólida en la comprensión de la estructura y evolución estelar.

Figura 60 Respuestas a la pregunta 3 posintervención.



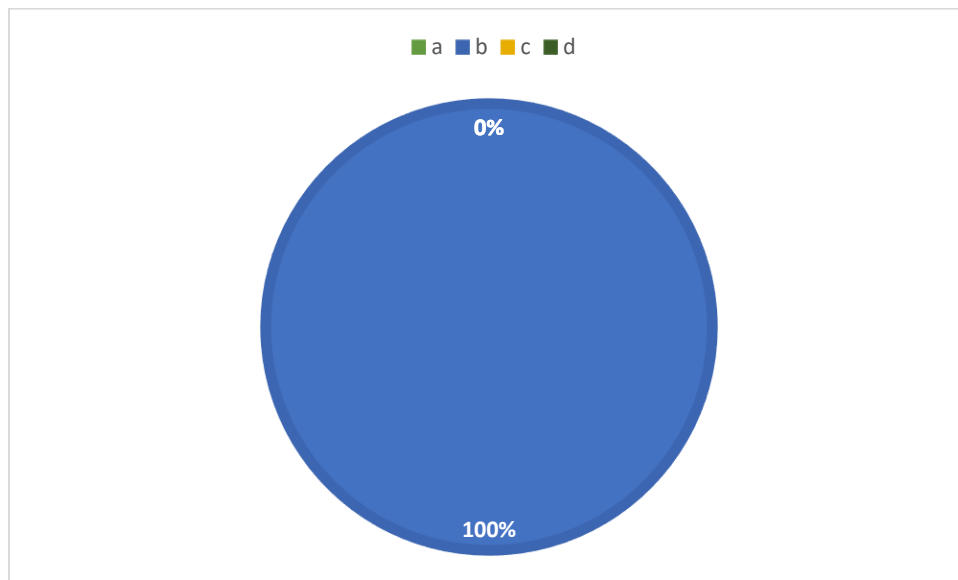
7.3.5.4 Durante la secuencia principal, ¿qué proceso ocurre en el núcleo de una estrella como el Sol?

Para la Pregunta 4, en la figura 61, mostró que todos los participantes seleccionaron correctamente la opción B, "Explosión de supernova", como el fenómeno que precede a la

formación de un agujero negro en estrellas masivas. Este resultado, con un 100% de precisión en la elección, evidenció una comprensión sólida y unificada de los procesos finales en la vida de estrellas masivas, específicamente sobre cómo las supernovas marcan el colapso estelar que puede culminar en la formación de un agujero negro.

Este alto nivel de acierto reflejó que los docentes en formación internalizaron correctamente los conceptos de evolución estelar avanzada, reconociendo la secuencia de eventos que llevan a la formación de objetos compactos. Tal comprensión es fundamental en la enseñanza de astrofísica, ya que permite explicar de forma precisa la naturaleza y origen de los agujeros negros, fenómeno que despierta gran interés y curiosidad en los estudiantes. Además, estos resultados sugieren que los enfoques y metodologías utilizados en la intervención educativa fueron efectivos para consolidar conocimientos sobre los destinos de las estrellas en función de su masa.

Figura 61 Respuestas a la pregunta 4 posintervención.



7.3.5.5 ¿Por qué son cruciales las estrellas variables Cefeidas para medir distancias en el universo?

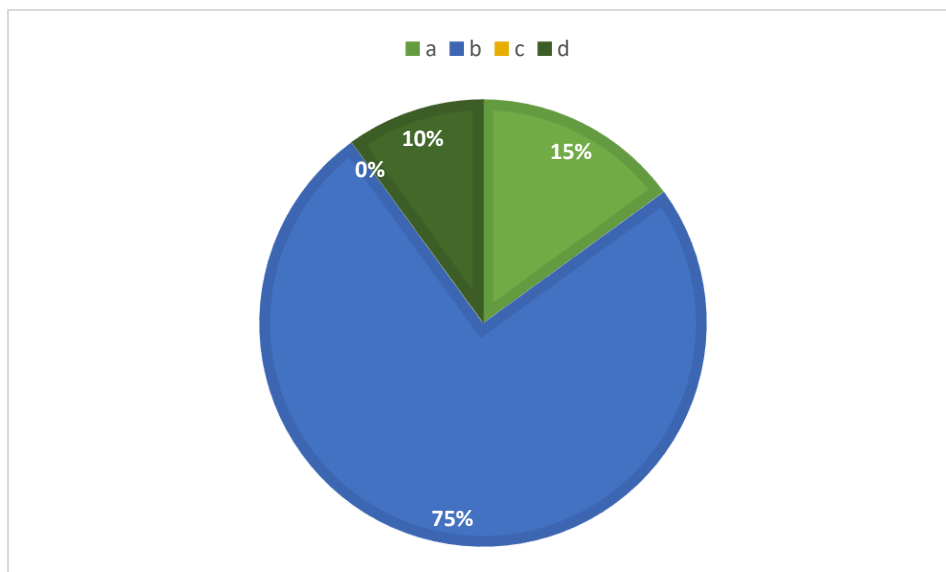
La distribución de respuestas en la Pregunta 5 evidenció que el 75% de los participantes seleccionó correctamente la opción B, que indica que las estrellas variables Cefeidas son cruciales para medir distancias en el universo debido a que su periodo de variabilidad está relacionado con su luminosidad intrínseca (figura 62). Este alto porcentaje de respuestas correctas muestra un nivel

considerable de comprensión sobre el papel de las Cefeidas como "candelas estándar" en astronomía, una herramienta fundamental para establecer distancias cósmicas en el universo.

Sin embargo, el 15% de los docentes en formación optó por la opción A, que se refiere incorrectamente a la capacidad de las Cefeidas para calcular la composición estelar, mientras que un 10% eligió la opción D, que hace referencia a la medición de la velocidad de rotación de la galaxia, lo cual no es relevante en el contexto de las Cefeidas como indicadores de distancia. Estas selecciones equivocadas sugieren que, aunque la mayoría de los estudiantes comprendió el concepto clave, aún existen áreas donde algunos presentan confusión sobre las aplicaciones específicas de las variables Cefeidas en la astrofísica.

Este patrón de respuestas indica la necesidad de una revisión adicional para asegurar que todos los participantes comprendan con claridad el mecanismo mediante el cual las Cefeidas permiten calcular distancias cósmicas, una habilidad esencial en la comprensión de la estructura y expansión del universo.

Figura 62 *Respuestas a la pregunta 5 posintervención.*



7.3.5.6. ¿Qué tipo de galaxia tiene una estructura caracterizada por brazos curvados que se extienden desde un núcleo central?

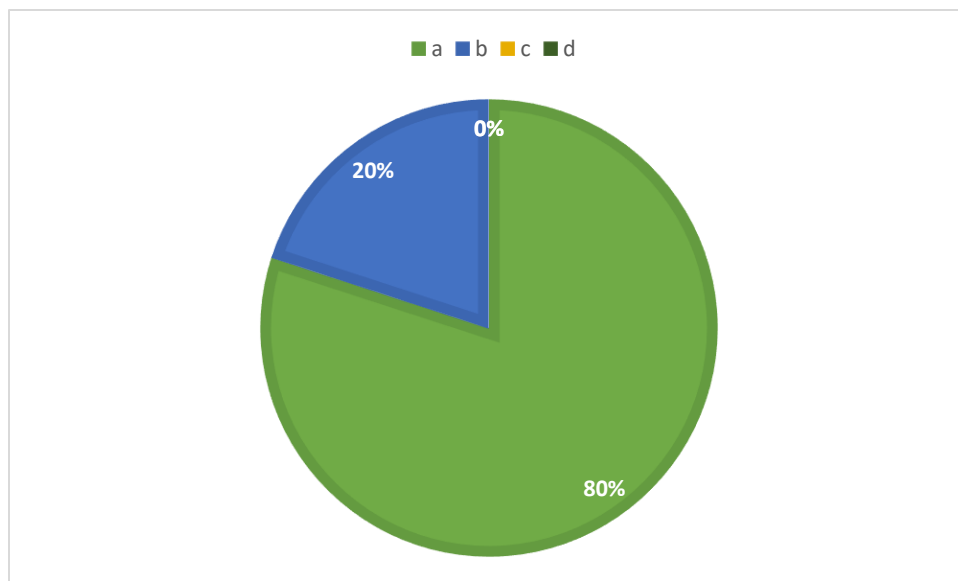
En la Pregunta 6, se observó que el 80% de los participantes seleccionó correctamente la opción A, identificando las galaxias espirales como aquellas que poseen una estructura con brazos

curvados que se extienden desde un núcleo central (figura 63). Este alto porcentaje de respuestas correctas sugiere que la mayoría de los docentes en formación tiene una comprensión adecuada de las características morfológicas de los diferentes tipos de galaxias, un aspecto fundamental en el estudio de la estructura del universo.

No obstante, el 20% de los participantes eligió la opción B, correspondiente a las galaxias elípticas, las cuales carecen de brazos curvados y presentan una forma más redondeada o alargada sin la estructura de espiral característica. Esta confusión podría indicar una necesidad de reforzar la comprensión sobre la clasificación de galaxias según su morfología, especialmente en lo referente a las diferencias visuales y estructurales que distinguen a las galaxias espirales de las elípticas.

El análisis de estas respuestas permite concluir que, si bien la mayoría de los docentes en formación domina este concepto básico de astronomía, aún existen áreas de mejora en la identificación precisa de las características que definen los distintos tipos de galaxias.

Figura 63 Respuestas a la pregunta 6 posintervención.



7.3.5.7. ¿Dónde se encuentran típicamente los cuásares en el Universo?

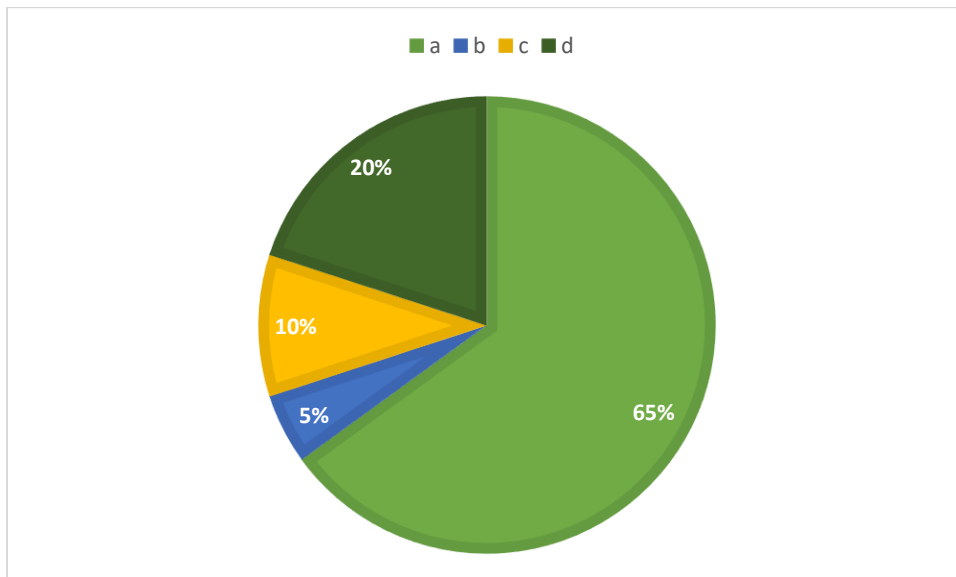
En la figura 64 se muestra la distribución de respuestas para la Pregunta 7 indica que el 65% de los participantes seleccionó correctamente la opción A, identificando que los cuásares se encuentran típicamente en las regiones centrales de galaxias activas y distantes. Este resultado

sugiere que una mayoría considerable de los docentes en formación tiene un conocimiento adecuado sobre la ubicación y naturaleza de los quásares, que son núcleos galácticos extremadamente energéticos y distantes en el universo.

Sin embargo, el 35% restante de los participantes distribuyó sus respuestas entre las opciones incorrectas: un 20% eligió la opción D (en los brazos espirales de galaxias elípticas), un 10% optó por la opción C (en cúmulos globulares dentro de nuestra galaxia), y un 5% seleccionó la opción B (en las afueras de galaxias espirales cercanas). Estas respuestas incorrectas reflejan una posible confusión sobre la ubicación específica de los quásares en el contexto galáctico y su rol como indicadores de galaxias activas y muy distantes, lo que es fundamental en el estudio de la estructura y evolución del universo.

Este análisis evidencia una buena comprensión general del tema, aunque también sugiere la necesidad de profundizar en las características específicas de los quásares, resaltando su importancia en el campo de la cosmología y en el estudio de los fenómenos de alta energía en el universo.

Figura 64 *Respuestas a la pregunta 7 posintervención.*



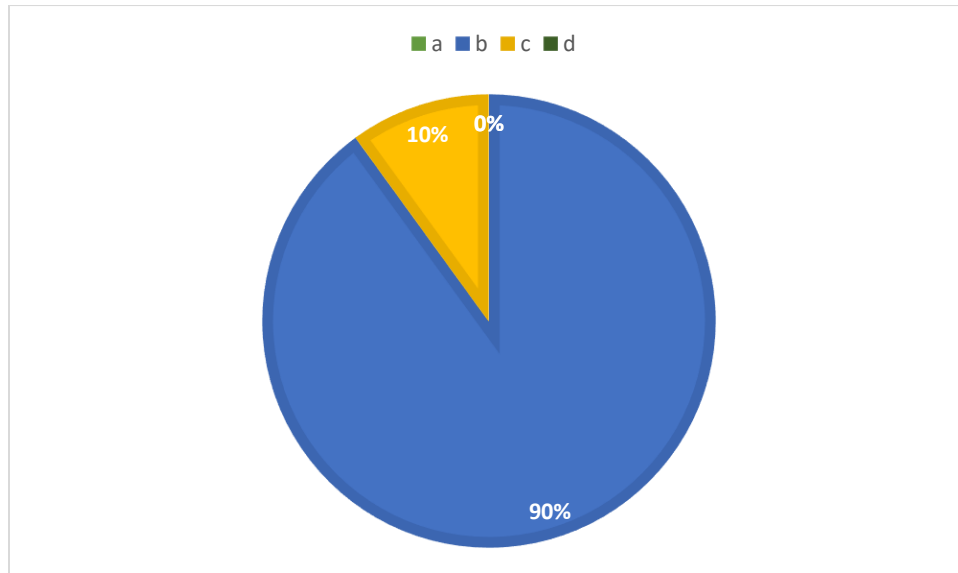
7.3.5.7. 8. ¿Cuál es una de las principales ventajas operativas de un telescopio espacial en comparación con uno terrestre?

La distribución de respuestas de la Pregunta 8, que se aprecia en la figura 65, se observó que el 90% de los participantes seleccionó correctamente la opción B, que indica que la ausencia de interferencia atmosférica es una de las principales ventajas de un telescopio espacial en comparación con uno terrestre. Este resultado sugiere una comprensión sólida entre los docentes en formación sobre la importancia de la posición espacial de los telescopios para evitar las distorsiones y limitaciones impuestas por la atmósfera terrestre, lo cual mejora significativamente la calidad de las observaciones astronómicas.

Por otro lado, un 10% de los participantes eligió la opción incorrecta C (mayor proximidad a los objetos de estudio), lo que revela una confusión puntual sobre las ventajas operativas específicas de los telescopios espaciales. Es importante destacar que, aunque la distancia no varía significativamente entre un telescopio espacial y uno terrestre, el principal beneficio radica en la eliminación de la interferencia atmosférica, permitiendo una observación más nítida y precisa de objetos distantes.

Estos resultados reflejan un buen nivel de comprensión general en relación con la tecnología de observación astronómica, aunque también sugieren la necesidad de enfatizar en la instrucción los aspectos técnicos que diferencian las ventajas y limitaciones de los distintos tipos de telescopios.

Figura 65 *Respuestas a la pregunta 8 posintervención.*



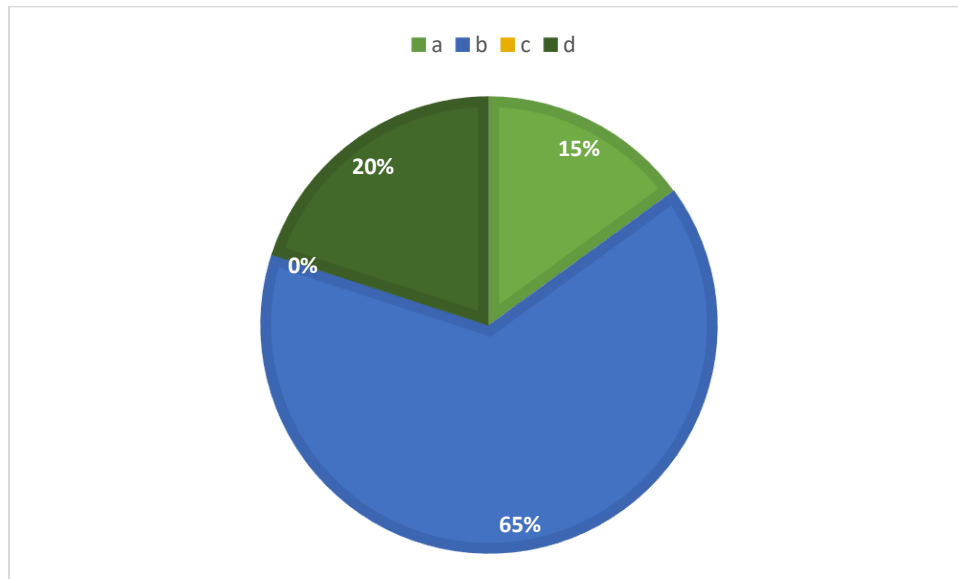
7.3.5.7. 9. ¿Cuál es la región de una nebulosa donde es más probable que se inicie la formación estelar?

La distribución de respuestas en la Pregunta 9 (ver figura 66) evidenció que un 65% de los docentes en formación seleccionaron correctamente la opción B, que indica que los núcleos densos y fríos del interior de una nebulosa son el lugar más propicio para la iniciación de la formación estelar. Este alto porcentaje de respuestas correctas sugiere que una mayoría significativa de los participantes adquirió una comprensión adecuada sobre las condiciones específicas que favorecen el colapso gravitacional en el proceso de formación estelar, un concepto fundamental en la astrofísica.

Sin embargo, se observó que un 20% de los docentes en formación eligió la opción D, que corresponde incorrectamente a la región de una nebulosa donde el polvo está disperso, mientras que un 15% optó por la opción A, que se refiere a los bordes exteriores de la nebulosa debido a la interacción con el medio interestelar. Estas respuestas incorrectas sugieren que, si bien la mayoría de los participantes comprendió el concepto principal, algunos aún muestran confusión en torno a las condiciones internas de las nebulosas y cómo estas favorecen la formación estelar. La selección de la opción A, por ejemplo, podría indicar una interpretación errónea sobre el rol de las interacciones exteriores en comparación con las condiciones densas del interior de la nebulosa. La opción D, por otro lado, podría señalar una falta de claridad sobre la distribución y concentración del polvo en la formación de estrellas.

El análisis de estas respuestas sugiere que, aunque la mayoría de los docentes en formación logró una asimilación efectiva de este concepto clave, sería beneficioso un refuerzo adicional sobre los procesos de formación estelar y el rol específico de los núcleos densos y fríos en este fenómeno. Este fortalecimiento conceptual facilitaría una comprensión más precisa de la astrofísica de las nebulosas, lo cual es esencial para la enseñanza de estos temas en el ámbito educativo.

Figura 66 Respuestas a la pregunta 9 posintervención.



7.3.5.7. 10. ¿Cuál es el criterio principal que utiliza la clasificación de Hubble para categorizar las galaxias?

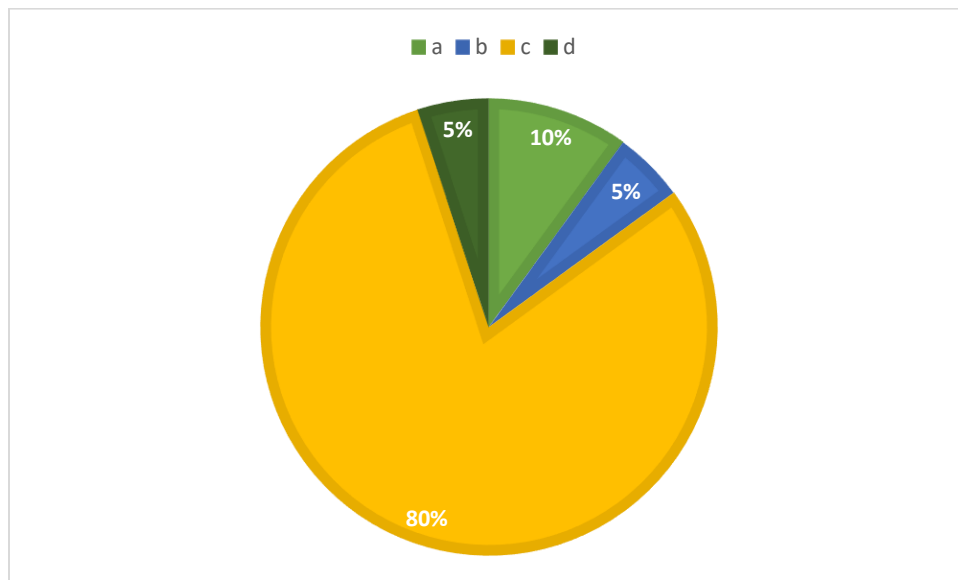
La distribución de respuestas en la Pregunta 10 (ver figura 67) mostró que un 80% de los docentes en formación seleccionaron la opción correcta (C), que indica que el criterio principal en la clasificación de Hubble para categorizar las galaxias es la forma y estructura morfológica. Este alto porcentaje de respuestas correctas sugiere que la gran mayoría de los participantes ha logrado comprender adecuadamente el sistema de clasificación de Hubble, un aspecto fundamental para entender la organización y características de las galaxias en el universo.

Sin embargo, un 10% de los docentes en formación optaron por la opción A, que se refiere incorrectamente a la luminosidad total de la galaxia como criterio principal de clasificación, mientras que un 5% seleccionó la opción B (cantidad de materia oscura presente) y otro 5% eligió la opción D (composición química de las estrellas). Estas respuestas incorrectas pueden indicar

ciertas áreas de confusión entre los docentes en formación sobre las características observacionales empleadas en la clasificación galáctica. La elección de la opción A podría reflejar una confusión con otros métodos de caracterización que incluyen la luminosidad, mientras que las opciones B y D podrían estar vinculadas a un entendimiento erróneo sobre los factores que diferencian estructuralmente a las galaxias.

En conjunto, la alta proporción de respuestas correctas en esta pregunta indica que los docentes en formación han adquirido una comprensión sólida del sistema de clasificación de Hubble. No obstante, el análisis de las respuestas incorrectas sugiere que sería beneficioso un refuerzo adicional en los criterios observacionales específicos empleados en astronomía para clasificar las galaxias, con el fin de eliminar posibles malentendidos y consolidar el conocimiento en esta área.

Figura 67 *Respuestas a la pregunta 10 posintervención.*



7.3.5.7. 11. ¿Cuál de los siguientes fenómenos es un indicador claro y específico de la actividad magnética del Sol?

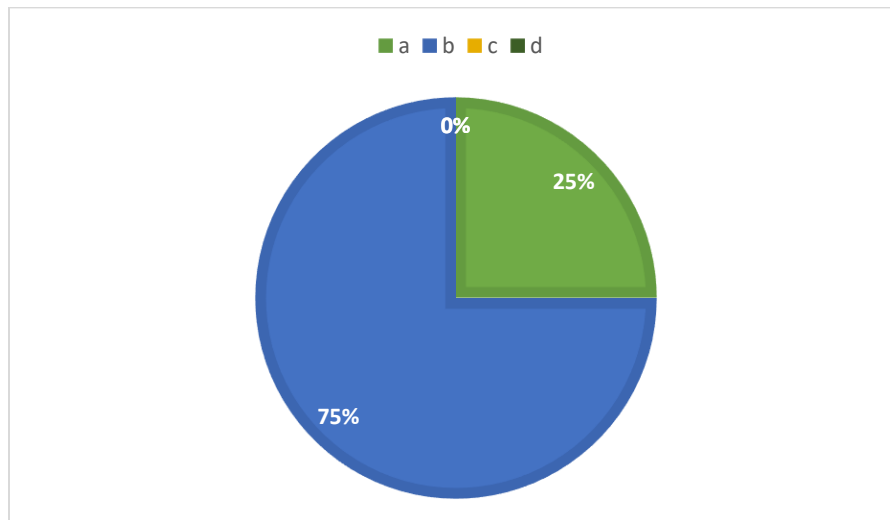
La distribución de respuestas en la Pregunta 11 (ver figura 68) mostró que un 75% de los docentes en formación seleccionaron correctamente la opción B, identificando las manchas solares como un indicador claro y específico de la actividad magnética del Sol. Este alto porcentaje de aciertos sugiere que una mayoría significativa de los participantes comprendió adecuadamente el

rol de las manchas solares como manifestación de la dinámica magnética solar, un aspecto central en el estudio de la física solar.

Por otro lado, un 25% de los docentes eligieron la opción A, que se refiere a las protuberancias solares. Aunque las protuberancias están relacionadas con la actividad solar y son fenómenos relevantes, no representan un indicador tan específico de la actividad magnética como las manchas solares. La selección de esta opción podría indicar cierta confusión entre los docentes en formación sobre los distintos fenómenos asociados con la actividad solar y sus causas subyacentes. Esta confusión podría reflejar una necesidad de mayor énfasis en la especificidad de los diferentes indicadores de actividad solar y en cómo cada uno se relaciona con el campo magnético del Sol.

En conjunto, el predominio de respuestas correctas sugiere que la mayoría de los participantes ha desarrollado una comprensión sólida sobre los indicadores de la actividad magnética solar. Sin embargo, el análisis de las respuestas incorrectas indica que un refuerzo adicional en la diferenciación de los fenómenos solares, en especial en el contexto de su relación con la actividad magnética, podría ser beneficioso para consolidar completamente estos conceptos.

Figura 68 *Respuestas a la pregunta 11 posintervención.*



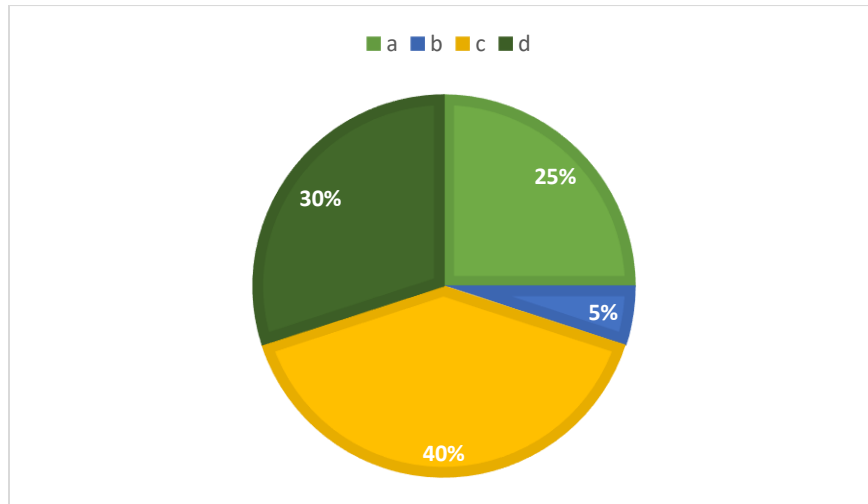
7.3.5.7. 12. ¿Cuál de las siguientes observaciones apoya la existencia de materia oscura en las galaxias?

La distribución de respuestas en la Pregunta 12 (ver figura 69) mostró una mayor dispersión en las elecciones de los docentes en formación. El 40% de los participantes seleccionaron correctamente la opción C, que se refiere a las curvas de rotación galáctica como una observación que respalda la existencia de materia oscura en las galaxias. Este porcentaje sugiere que una parte significativa de los docentes en formación comprendió este concepto clave en astrofísica, donde las curvas de rotación galáctica proporcionan evidencia indirecta de la materia oscura al mostrar velocidades de rotación que no pueden explicarse solo con la materia visible.

Sin embargo, se observó que el 30% de los participantes eligieron la opción D, que hace referencia a la formación de elementos ligeros durante el Big Bang, mientras que un 25% seleccionó la opción A (radiación de fondo de microondas), y un 5% optó por la opción B (expansión del universo medida por la ley de Hubble). Estas respuestas incorrectas sugieren que algunos docentes en formación aún tienen dificultades para identificar las pruebas observacionales específicas que apuntan a la existencia de materia oscura, confundiendo los fenómenos asociados con la cosmología y la estructura del universo, como la radiación de fondo o la nucleosíntesis primordial, con evidencias de la materia oscura en galaxias.

Este patrón de respuestas revela que, aunque una proporción considerable de los docentes logró captar el concepto correcto, existe una necesidad de mayor clarificación sobre cómo las observaciones específicas, como las curvas de rotación galáctica, proporcionan evidencia de la materia oscura. Un refuerzo en esta área ayudaría a consolidar la comprensión de este tema fundamental, diferenciando claramente las pruebas que sustentan la teoría de la materia oscura de otros fenómenos cosmológicos y astrofísicos.

Figura 69 *Respuestas a la pregunta 12 posintervención.*

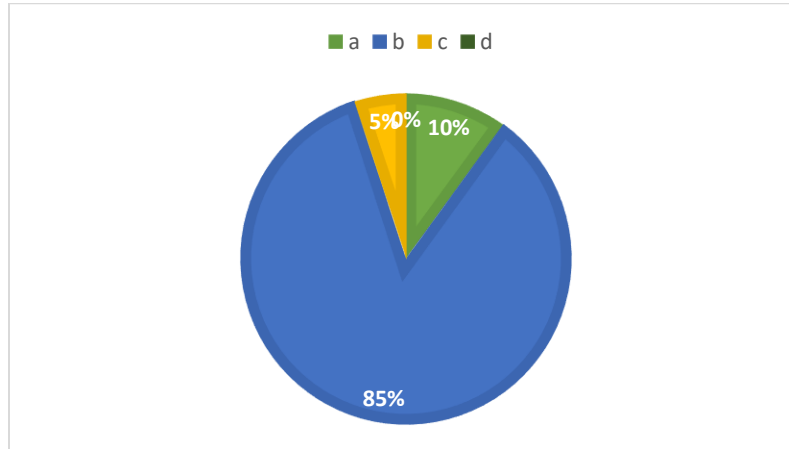


7.3.5.7. 13. ¿Cuál es una consecuencia directa de las tormentas solares en la Tierra?

La distribución de respuestas en la Pregunta 13 (ver figura 70) indicó que un 85% de los docentes en formación seleccionaron correctamente la opción B, que identifica la aparición de auroras en latitudes más bajas como una consecuencia directa de las tormentas solares. Este elevado porcentaje de respuestas correctas demuestra que la mayoría de los participantes comprendió la relación entre las tormentas solares y el fenómeno de las auroras, lo cual es fundamental en la enseñanza de los efectos de la actividad solar en el entorno terrestre.

Por otra parte, un 10% de los participantes eligió la opción A, que menciona un incremento en la actividad sísmica, y un 5% optó por la opción C, relacionada con el aumento de la temperatura media global, ambas respuestas incorrectas. La elección de estas opciones sugiere cierta confusión entre algunos docentes en formación acerca de las consecuencias específicas de la actividad solar. Es posible que los participantes que seleccionaron estas opciones incorrectas hayan confundido los efectos directos de las tormentas solares con otros fenómenos naturales que no están influenciados por la actividad solar de la misma manera.

Este análisis sugiere que, aunque la mayoría de los docentes logró identificar correctamente el efecto directo de las tormentas solares, podría ser beneficioso reforzar la comprensión sobre las diversas manifestaciones de la actividad solar y sus efectos en la Tierra. Esto no solo consolidaría el conocimiento en esta área, sino que también facilitaría una explicación precisa y clara en la práctica docente.

Figura 70 *Respuestas a la pregunta 13 posintervención.*

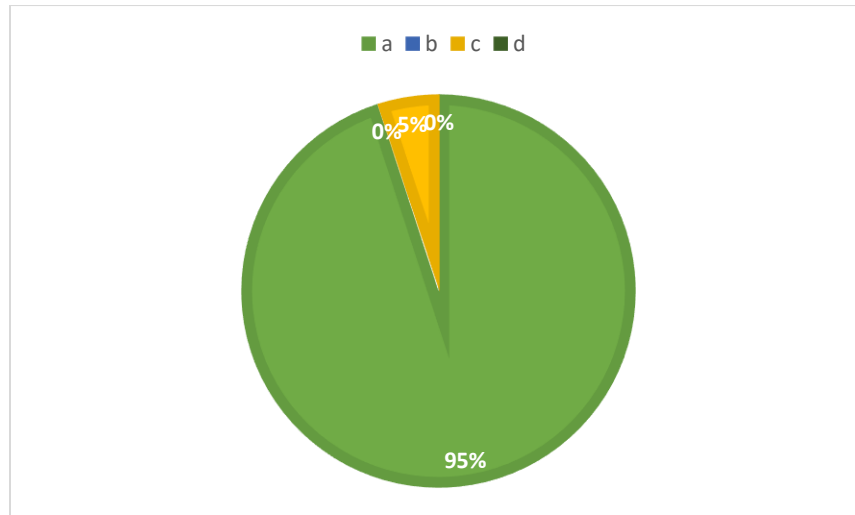
7.3.5.7. 14 ¿Cuál es la principal causa de las mareas en la Tierra?

En la Pregunta 14 (ver figura 71), se observó que un 95% de los docentes en formación seleccionaron correctamente la opción A, que identifica la atracción gravitacional de la Luna como la principal causa de las mareas en la Tierra. Este alto porcentaje de respuestas correctas sugiere que la gran mayoría de los participantes comprendió adecuadamente el mecanismo fundamental detrás del fenómeno de las mareas, el cual es esencial en la enseñanza de temas relacionados con la influencia de la gravedad en el sistema Tierra-Luna.

Por otro lado, un 5% de los participantes eligió la opción C, que hace referencia incorrectamente a la radiación solar como causa principal de las mareas. Esta elección minoritaria puede reflejar una confusión puntual entre los efectos de la gravedad y otros factores como la radiación solar, que, aunque influye en aspectos del clima y la temperatura en la Tierra, no desempeña un rol relevante en la generación de las mareas.

En conjunto, los resultados de esta pregunta indican un sólido conocimiento de la causa primaria de las mareas entre los docentes en formación, con solo una pequeña fracción mostrando alguna confusión. Esto sugiere que, aunque el entendimiento general es satisfactorio, sería útil realizar una breve revisión para aclarar completamente los factores que influyen en las mareas y así consolidar este conocimiento en todos los participantes.

Figura 71 *Respuestas a la pregunta 14 posintervención.*



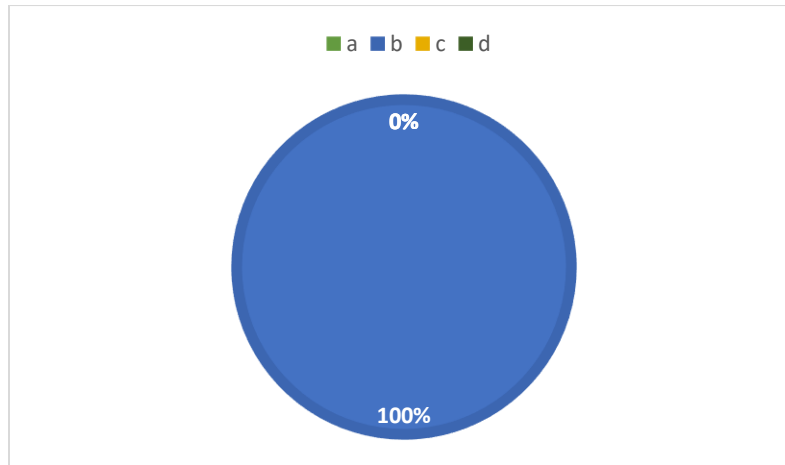
7.3.5.7. 15 ¿Cómo afecta la inclinación axial de la Tierra la cantidad de radiación solar recibida en diferentes partes del planeta?

La distribución de respuestas en la Pregunta 15 (ver figura 72) mostró un 100% de acierto entre los docentes en formación, quienes seleccionaron correctamente la opción B, que señala que la inclinación axial de la Tierra causa la variación estacional en las temperaturas debido a los cambios en la cantidad de radiación solar recibida en distintas regiones del planeta a lo largo del año. Este resultado evidencia una comprensión completa y sólida entre los participantes sobre la relación entre la inclinación axial y las estaciones, un concepto esencial en la enseñanza de la dinámica terrestre y la meteorología.

El hecho de que todos los participantes respondieran correctamente indica que no existe confusión en esta área, lo cual es un indicativo de éxito en la intervención formativa respecto a este tema. Este conocimiento es crucial, ya que permite a los futuros docentes explicar con claridad el fenómeno de las estaciones y su vinculación con la inclinación de la Tierra, un tema de gran relevancia en la educación básica sobre astronomía y ciencias de la Tierra.

En este caso, no se identifica ninguna necesidad de refuerzo adicional, ya que la totalidad de los docentes en formación demostró una asimilación adecuada del concepto. Esto sugiere que los métodos y contenidos abordados en la intervención fueron efectivos para consolidar este aspecto específico de la dinámica terrestre.

Figura 72 Respuestas a la pregunta 15 posintervención.

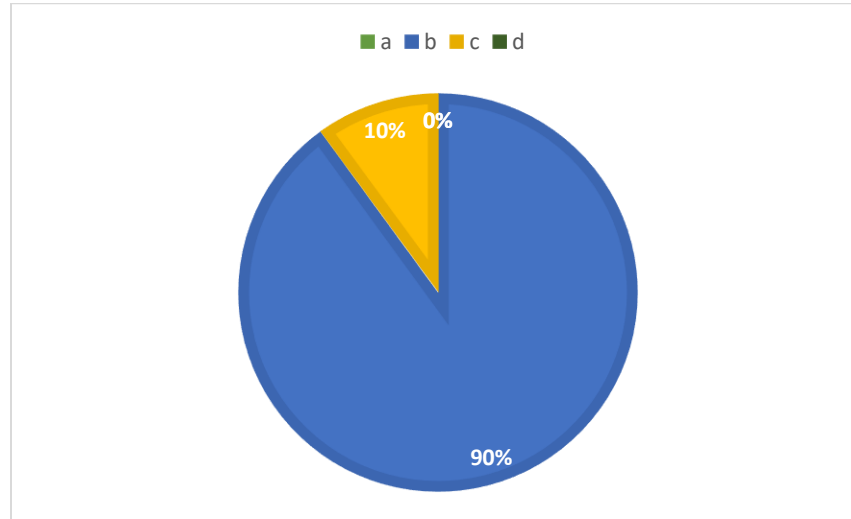


7.3.5.7. 16 ¿Qué factor del movimiento lunar es fundamental para predecir cuándo ocurrirán los eclipses solares y lunares?

La distribución de respuestas en la Pregunta 16 (ver figura 73) reveló que un 90% de los docentes en formación seleccionaron correctamente la opción B, que indica que la inclinación de la órbita lunar con respecto a la eclíptica es el factor fundamental para predecir los eclipses solares y lunares. Este alto porcentaje de respuestas correctas muestra que la mayoría de los participantes comprendió adecuadamente cómo la geometría de la órbita lunar determina la frecuencia y posibilidad de ocurrencia de los eclipses, un aspecto clave en la enseñanza de la astronomía y en la comprensión de los fenómenos de alineación en el sistema Tierra-Luna-Sol.

Sin embargo, un 10% de los participantes eligió incorrectamente la opción C, que menciona la velocidad orbital de la Luna. Esta respuesta sugiere que algunos docentes podrían presentar una ligera confusión respecto a los factores que influyen en la ocurrencia de los eclipses, quizá confundiendo la importancia de la inclinación orbital con otros elementos del movimiento lunar, como su velocidad, que no determinan directamente el alineamiento necesario para que ocurran eclipses.

De esta manera, aunque la gran mayoría de los docentes en formación mostró un buen dominio del concepto, sería conveniente realizar un breve repaso sobre la influencia de la inclinación orbital y su papel en la ocurrencia de los eclipses. Este refuerzo ayudaría a garantizar una comprensión precisa y completa, fortaleciendo la capacidad de los futuros docentes para abordar con claridad este fenómeno en sus clases.

Figura 73 *Respuestas a la pregunta 16 posintervención.*

7.3.5.7. 17 ¿Qué factor del movimiento lunar es fundamental para predecir cuándo ocurrirán los eclipses solares y lunares?

En la Pregunta 17 (ver figura 74), el 100% de los docentes en formación seleccionaron correctamente la opción B, que afirma que el reconocimiento de las constelaciones visibles en diferentes épocas del año permite identificar las estaciones. Este resultado es altamente significativo, ya que demuestra que todos los participantes comprendieron adecuadamente cómo el movimiento aparente de las constelaciones se utiliza como una herramienta de referencia estacional. Este concepto es crucial para entender la relación entre la posición de la Tierra en su órbita y la visualización de distintas regiones del cielo nocturno a lo largo del año.

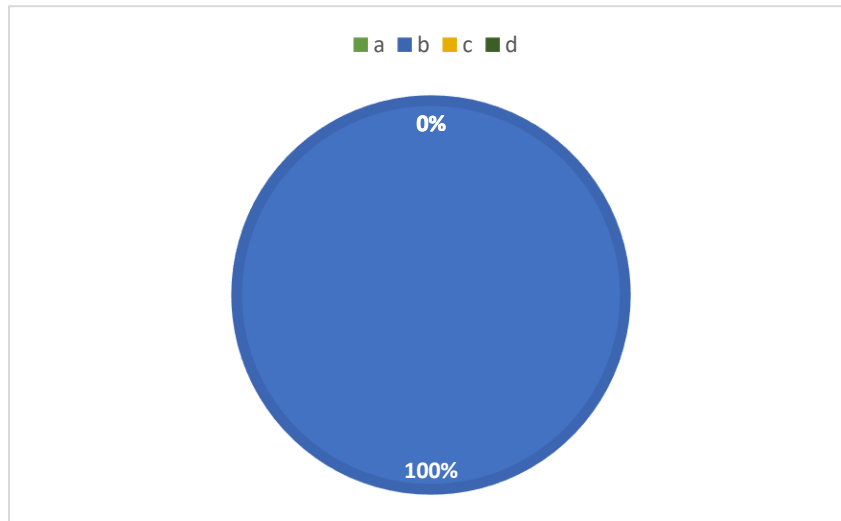
La capacidad para asociar ciertas constelaciones, como Orión en invierno o Escorpio en verano (para el hemisferio norte, por ejemplo), con períodos específicos del año permite a los docentes transmitir un conocimiento que conecta la astronomía con la experiencia cotidiana de los cambios estacionales. Este tipo de comprensión favorece no solo la enseñanza de contenidos astronómicos, sino también el desarrollo de habilidades de observación en los estudiantes, quienes pueden aprender a reconocer patrones en el cielo y relacionarlos con los ciclos de la naturaleza.

Este alto nivel de acierto refleja que los docentes en formación no solo han asimilado el concepto teórico, sino que también podrían estar en condiciones de aplicar este conocimiento en actividades prácticas, como la observación del cielo nocturno, para enseñar a sus estudiantes a identificar las estaciones mediante constelaciones visibles. Este enfoque práctico y observacional

resulta especialmente útil en la educación básica, donde los fenómenos astronómicos pueden conectarse de manera directa con la vida diaria y el entorno natural de los estudiantes.

Dado el éxito de esta intervención formativa en fortalecer este conocimiento, no se requiere refuerzo adicional en este aspecto. Sin embargo, podría ser interesante implementar en el futuro actividades de observación directa o simulaciones digitales que permitan a los docentes en formación consolidar aún más esta comprensión, explorando la utilidad de las constelaciones como herramientas de orientación y calendario natural. Este tipo de actividades enriquecería la experiencia educativa y facilitaría una enseñanza más vivencial y conectada con la observación astronómica directa.

Figura 74 Respuestas a la pregunta 17 posintervención.



7.3.5.7. 18 ¿Qué factor del movimiento lunar es fundamental para predecir cuándo ocurrirán los eclipses solares y lunares?

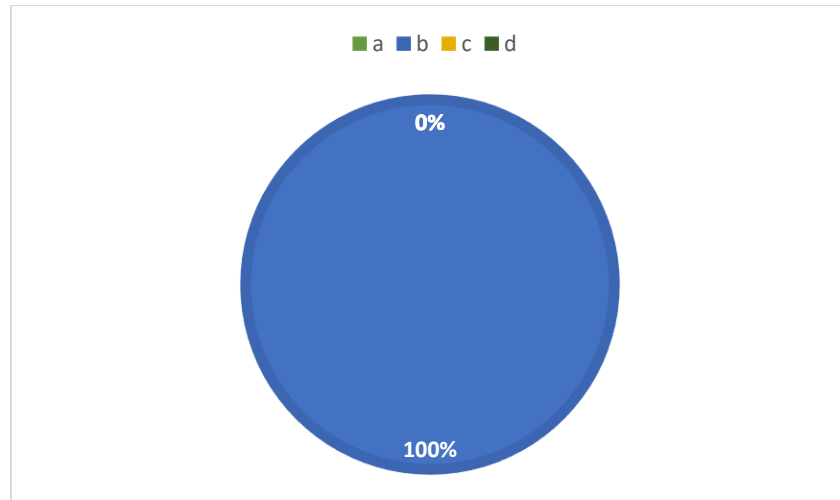
La distribución de respuestas en la Pregunta 18 (ver figura 75) muestra que el 100% de los docentes en formación seleccionaron correctamente la opción B, identificando un planisferio o una aplicación de mapa estelar como la herramienta más útil para que un niño interesado en la astronomía pueda reconocer constelaciones y seguir el movimiento de los planetas durante el año. Este resultado sugiere una comprensión completa y sólida de la utilidad práctica de estas herramientas en la enseñanza de la astronomía básica, especialmente para los primeros niveles educativos.

El hecho de que todos los participantes eligieran la respuesta correcta resalta el éxito de la intervención formativa en este tema. Hay que reconocer que un planisferio o una aplicación de mapa estelar es una herramienta accesible y efectiva para niños no solo indica una buena comprensión de los recursos didácticos, sino también una orientación pedagógica que favorece la observación directa y la exploración del cielo. Estas herramientas facilitan una experiencia interactiva y lúdica, lo cual es fundamental para despertar y mantener el interés de los estudiantes jóvenes en el estudio del cosmos.

Este acierto unánime refuerza la importancia de integrar herramientas prácticas y accesibles en la enseñanza de la astronomía, permitiendo a los futuros docentes acercar a los estudiantes a la observación y comprensión del cielo nocturno. Además, la adopción de aplicaciones digitales amplía las posibilidades de aprendizaje, ya que estas herramientas suelen incluir funciones adicionales, como la localización de objetos en tiempo real, la predicción de eventos astronómicos y la posibilidad de aprender en cualquier lugar y momento.

Dado el nivel de comprensión demostrado, no se requiere un refuerzo adicional en este aspecto. No obstante, como recomendación adicional, podría ser beneficioso complementar esta comprensión con talleres prácticos en los que los docentes en formación exploren el uso de planisferios físicos y aplicaciones de mapas estelares en situaciones reales de observación. Esto permitiría no solo consolidar su habilidad técnica en el manejo de estas herramientas, sino también experimentar de primera mano las ventajas y limitaciones que podrían encontrarse en un contexto educativo.

Figura 75 *Respuestas a la pregunta 18 posintervención.*



7.3.5.7. 19 ¿Qué característica de Júpiter ha permitido a los científicos estudiar la interacción de las corrientes atmosféricas en los gigantes gaseosos?

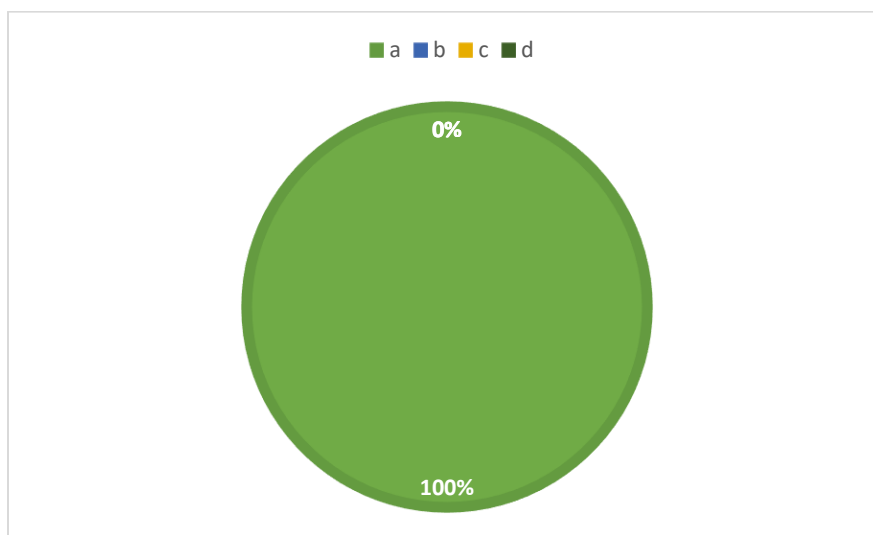
La distribución de respuestas en la Pregunta 19 (ver figura 76) muestra que el 100% de los docentes en formación seleccionaron correctamente la opción A, que identifica la Gran Mancha Roja de Júpiter como la característica que ha permitido a los científicos estudiar la interacción de las corrientes atmosféricas en los gigantes gaseosos. Este resultado indica una comprensión completa y precisa de este fenómeno, lo cual es crucial en el estudio de la meteorología planetaria y la dinámica atmosférica en cuerpos celestes de gran tamaño.

La Gran Mancha Roja, una tormenta anticiclónica que persiste desde hace siglos en la atmósfera de Júpiter, ofrece un laboratorio natural para observar y analizar los complejos movimientos de gases en un ambiente de alta presión. Comprender la importancia de esta estructura en la investigación científica sobre corrientes atmosféricas refleja que los docentes en formación están familiarizados con los fenómenos planetarios característicos de los gigantes gaseosos y con las particularidades de la atmósfera de Júpiter en comparación con planetas terrestres.

Este acierto unánime refuerza la eficacia de la intervención en transmitir conocimientos clave sobre los fenómenos atmosféricos en el sistema solar, especialmente aquellos que son específicos de los planetas gigantes. No solo permite a los futuros docentes identificar la relevancia de estos fenómenos en la investigación astronómica, sino que también les proporciona una base sólida para explicar en el aula cómo las características atmosféricas de los planetas pueden diferir ampliamente en función de su composición y tamaño.

Aunque no se requiere un refuerzo adicional en este aspecto, podría ser enriquecedor incluir en futuras intervenciones contenidos sobre cómo otros fenómenos, tanto en Júpiter como en otros planetas gaseosos, contribuyen al entendimiento de las dinámicas atmosféricas en diferentes contextos planetarios. Esto no solo ampliaría la comprensión de los docentes en formación, sino que también les proporcionaría un enfoque comparativo útil para explorar la diversidad de fenómenos atmosféricos en el sistema solar.

Figura 76 Respuestas a la pregunta 19 posintervención.



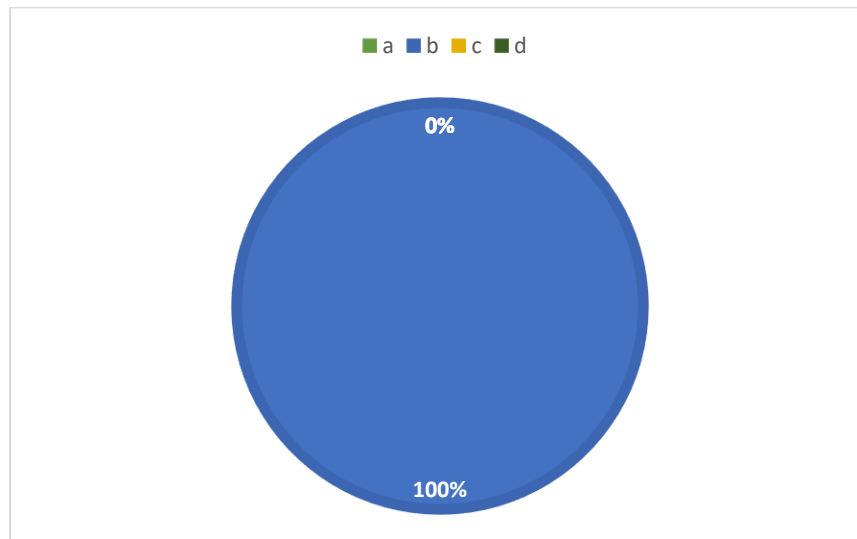
7.3.5.7. 20 La Unión Astronómica Internacional (IAU) reclasificó a Plutón como un "planeta enano" en 2006. ¿Cuál es la razón principal que impide que Plutón sea clasificado como un planeta en el contexto de las características definitorias establecidas por la IAU?

En la Pregunta 20 (ver figura 77), el 100% de los docentes en formación seleccionaron correctamente la opción B, que señala que Plutón no ha despejado su órbita de otros objetos como la razón principal para su reclasificación como "planeta enano". Este resultado muestra una comprensión precisa de los criterios establecidos por la Unión Astronómica Internacional en 2006, que definen los requisitos para clasificar un cuerpo celeste como planeta. Uno de estos criterios es que el objeto debe haber despejado su vecindad orbital, una condición que Plutón no cumple debido a la presencia de otros cuerpos en su órbita en el Cinturón de Kuiper.

La unanimidad en esta respuesta indica que los docentes en formación internalizaron adecuadamente los conceptos fundamentales que llevaron a la reclasificación de Plutón, un cambio significativo en la astronomía moderna y en la comprensión del sistema solar. Este conocimiento es particularmente relevante para la educación básica y media, donde los estudiantes suelen mostrar un gran interés en los planetas y su clasificación, y donde la historia de Plutón es un ejemplo de cómo la ciencia puede evolucionar con nuevos descubrimientos y definiciones.

El acierto unánime refleja que la intervención formativa fue efectiva en aclarar los criterios actuales para la clasificación de planetas y planetas enanos. No se considera necesario un refuerzo adicional en este tema, aunque sería beneficioso que los futuros docentes exploren también los otros dos criterios de la IAU: el hecho de que un planeta debe orbitar alrededor del Sol y poseer suficiente masa para asumir una forma casi esférica. Esto ampliaría su comprensión y les permitiría explicar de manera más detallada los fundamentos de la clasificación planetaria en sus clases. Además, podría ser útil incluir discusiones sobre otros cuerpos del Cinturón de Kuiper y otros planetas enanos, como Eris y Haumea, para dar a los estudiantes una visión más amplia de esta categoría de objetos en el sistema solar.

Figura 77 Respuestas a la pregunta 20 posintervención.



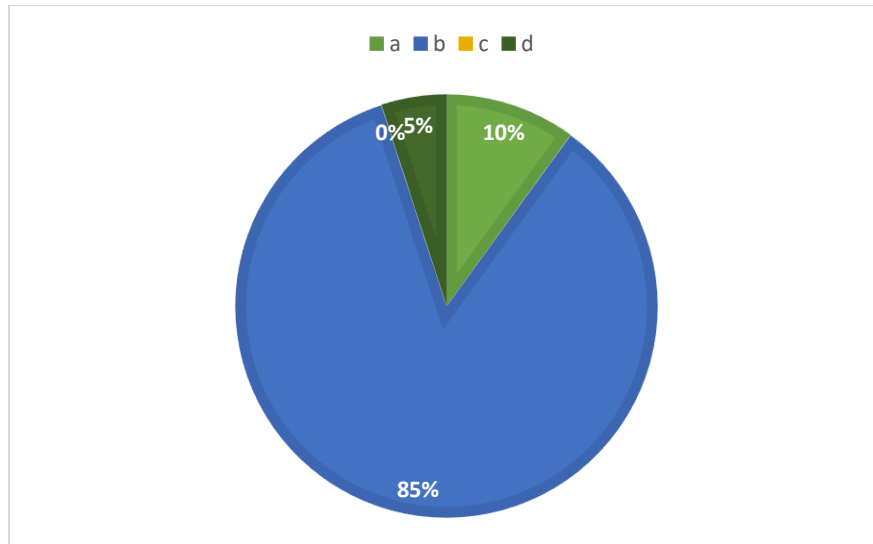
7.3.5.7. 21 Considerando las enormes diferencias de tamaño entre los objetos del Sistema Solar, ¿cuál de las siguientes afirmaciones es correcta?

La distribución de respuestas en la Pregunta 21 (ver figura 78) muestra que el 85% de los docentes en formación seleccionaron correctamente la opción B, que establece que la masa de Júpiter es mayor que la masa combinada de todos los demás planetas del Sistema Solar. Este alto porcentaje de respuestas correctas sugiere una sólida comprensión por parte de los participantes sobre las características de tamaño y masa de los cuerpos en el sistema solar, especialmente en lo que respecta a la preeminencia de Júpiter entre los planetas.

No obstante, se observó que un 10% de los participantes eligieron la opción A, que incorrectamente afirma que Marte es casi del mismo tamaño que la Tierra, mientras que un 5% optó por la opción D, que señala erróneamente que Venus tiene un volumen similar al de Neptuno. Estas elecciones incorrectas indican que algunos docentes en formación pueden tener confusión en cuanto a las comparaciones de tamaño y masa entre ciertos planetas, posiblemente debido a la similitud visual que algunos planetas tienen en las representaciones comunes, como Venus y la Tierra, o a la falta de una referencia concreta sobre las proporciones reales en el sistema solar.

Este análisis sugiere que, aunque la mayoría de los participantes posee una comprensión adecuada de las proporciones relativas de los objetos más masivos del sistema solar, podría ser beneficioso incluir actividades de comparación directa en futuras intervenciones. Estas actividades podrían involucrar representaciones visuales a escala o el uso de simulaciones digitales que permitan a los docentes en formación explorar y comparar las dimensiones y masas de los distintos cuerpos planetarios. Esta estrategia contribuiría a una mejor comprensión de las magnitudes y proporciones en el sistema solar, lo cual es esencial para transmitir una idea precisa de las diferencias de tamaño y masa a los estudiantes en un contexto educativo.

Figura 78 *Respuestas a la pregunta 21 posintervención.*



7.3.5.7. 22 ¿Qué característica única presenta Urano en comparación con los otros planetas gigantes del Sistema Solar?

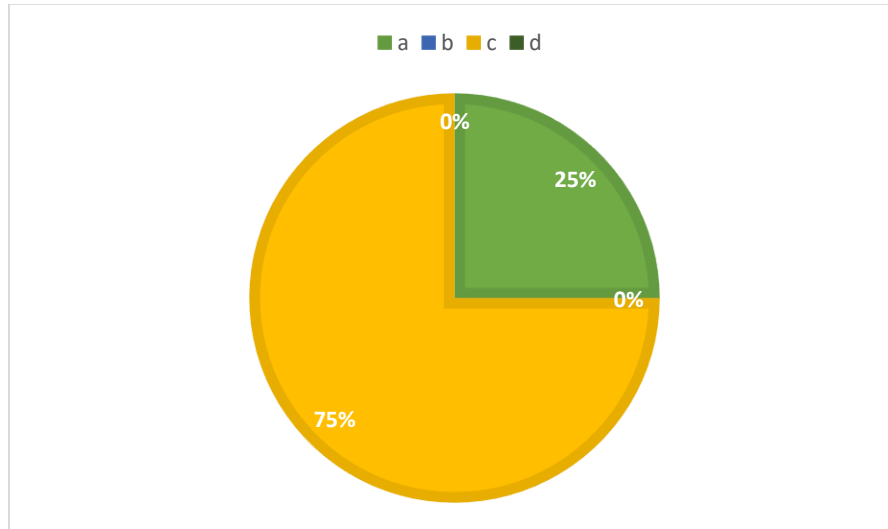
En la Pregunta 22 (ver figura 79), el 85% de los docentes en formación seleccionaron correctamente la opción C, que señala la inclinación extrema del eje de rotación de Urano, casi paralelo al plano de su órbita, como su característica única entre los planetas gigantes del sistema solar. Este resultado sugiere una comprensión sólida por parte de la mayoría de los participantes sobre esta peculiaridad de Urano, un aspecto distintivo que afecta significativamente su dinámica estacional y su exposición solar a lo largo de su órbita.

Sin embargo, un 10% de los docentes en formación eligieron la opción A, que menciona incorrectamente la composición mayoritaria de helio e hidrógeno, y un 5% seleccionó la opción D, que se refiere a la cantidad de lunas. Estas respuestas equivocadas indican que algunos participantes podrían no tener completamente claro cuál es la característica exclusiva de Urano en relación con otros planetas gigantes como Júpiter, Saturno y Neptuno. La opción A, en particular, podría reflejar una confusión entre la composición general de los planetas gaseosos y sus características individuales más distintivas.

Este análisis sugiere que, aunque la gran mayoría de los docentes en formación ha captado correctamente la singularidad de Urano sería beneficioso realizar un refuerzo en las características individuales de los planetas gigantes. Esto podría incluir comparaciones específicas entre sus orientaciones axiales, composiciones y otros aspectos únicos de su dinámica y estructura, ayudando así a los docentes a consolidar una visión comparativa y detallada de estos planetas. Tal enfoque

facilitaría una comprensión más precisa que podrán transmitir a sus estudiantes, enriqueciendo el aprendizaje sobre las particularidades de los cuerpos celestes del sistema solar.

Figura 79 *Respuestas a la pregunta 22 posintervención.*



7.3.5.23. ¿Qué condición debe cumplirse para que ocurra un eclipse solar?

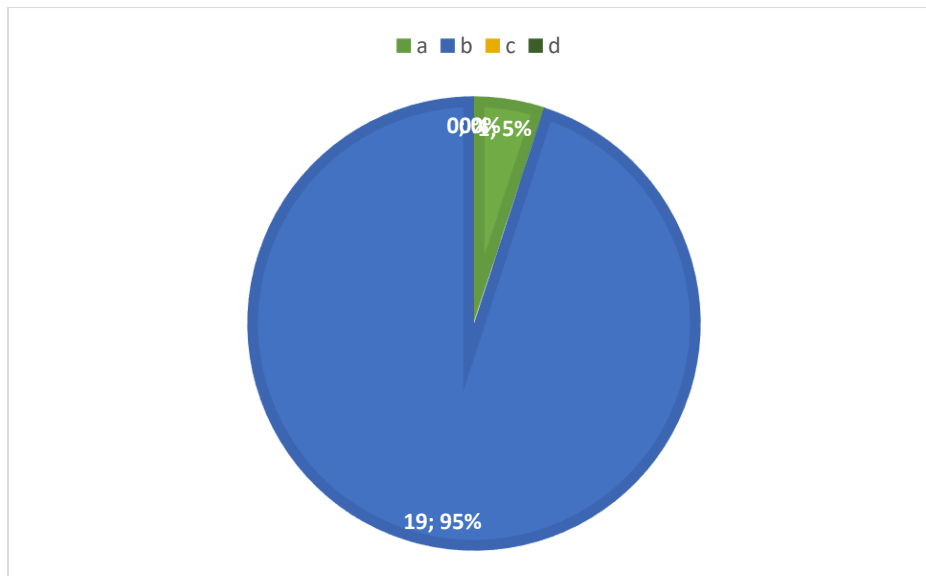
La distribución de respuestas en la Pregunta 23 (ver figura 80) muestra que el 95% de los docentes en formación seleccionaron correctamente la opción B, que indica que la Luna debe estar alineada con la Tierra y el Sol en el mismo plano orbital (plano de la eclíptica) para que ocurra un eclipse solar. Este alto porcentaje de respuestas correctas sugiere que la mayoría de los participantes comprendió adecuadamente la condición específica de alineación requerida para este fenómeno, un aspecto fundamental en la enseñanza de los eclipses y los movimientos orbitales.

Por otro lado, un 5% de los participantes eligió la opción A, que menciona incorrectamente el perigeo (el punto más cercano de la Luna a la Tierra) como una condición para el eclipse solar. Esta elección podría indicar una confusión entre la alineación orbital necesaria y otros factores que pueden afectar la visibilidad y el tipo de eclipse (como el tamaño aparente de la Luna en el cielo), pero que no son estrictamente condiciones necesarias para que ocurra un eclipse.

En conjunto, los resultados de esta pregunta reflejan que los docentes en formación tienen un conocimiento sólido sobre las condiciones para los eclipses solares. No obstante, un breve refuerzo sobre las diferentes variables que influyen en los tipos de eclipse, como el perigeo y apogeo de la Luna, podría ser beneficioso. Esto ayudaría a los docentes a tener una comprensión

completa y detallada de los factores que afectan tanto la ocurrencia como la apariencia de los eclipses solares, lo cual enriquecería su capacidad para explicar estos fenómenos en un contexto educativo.

Figura 80 *Respuestas a la pregunta 23 posintervención.*



7.3.5.24. ¿Cómo afecta el ciclo solar de aproximadamente 11 años a la Tierra?

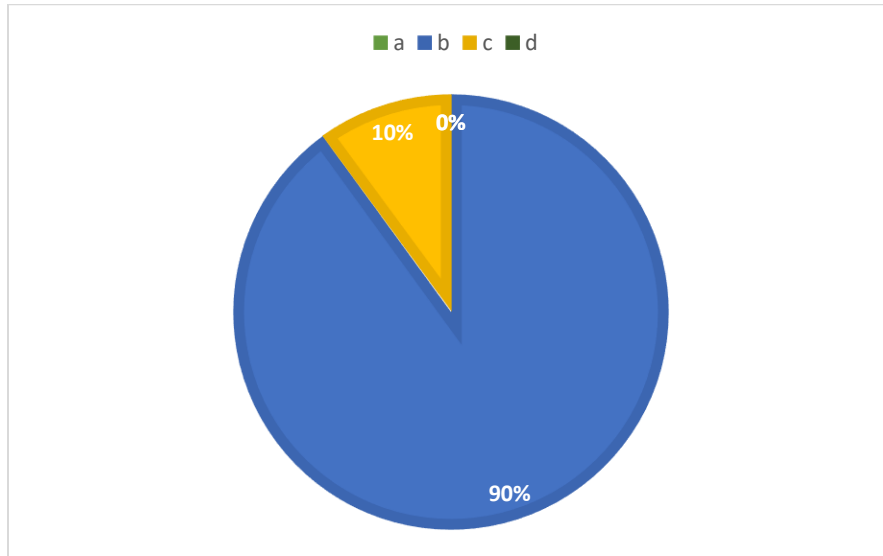
La distribución de respuestas en la Pregunta 24 (ver figura 81) muestra que el 90% de los docentes en formación seleccionaron correctamente la opción B, que indica que el ciclo solar de 11 años afecta la intensidad de las auroras boreales y australes en la Tierra. Este resultado sugiere que la mayoría de los participantes comprende adecuadamente el impacto del ciclo solar en la actividad geomagnética terrestre, una consecuencia directa de los cambios en la actividad solar que influyen en el entorno espacial cercano a la Tierra.

Por otro lado, un 10% de los docentes en formación eligió incorrectamente la opción A, que señala un aumento en la actividad sísmica como efecto del ciclo solar. Esta selección sugiere que algunos docentes podrían confundir los efectos del ciclo solar, que influye principalmente en el clima espacial y fenómenos geomagnéticos, con procesos geológicos de la Tierra que no están relacionados con la actividad solar.

En general, estos resultados reflejan una sólida comprensión del ciclo solar y su influencia en fenómenos como las auroras, aunque sería beneficioso realizar un breve repaso sobre los efectos

específicos del ciclo solar y diferenciar claramente entre sus impactos en el clima espacial y otros fenómenos terrestres. Este refuerzo ayudaría a consolidar la capacidad de los docentes en formación para explicar con precisión cómo el ciclo solar afecta a la Tierra y evitaría posibles confusiones en la interpretación de sus efectos.

Figura 81 Respuestas a la pregunta 24 posintervención.



El análisis de los resultados del test posintervención evidencia un logro considerable en la adquisición de conocimientos fundamentales de astronomía entre los docentes en formación. A través de la actividad formativa, la mayoría de los participantes logró consolidar una comprensión adecuada de temas clave, tales como la clasificación estelar en la secuencia principal del diagrama de Hertzsprung-Russell, los procesos nucleares de fusión en estrellas como el Sol, y las características específicas que distinguen a los planetas terrestres. Estos logros representan un avance significativo en su formación inicial, estableciendo una base sólida para la enseñanza de la astronomía.

Los docentes en formación mostraron un dominio notable en áreas críticas como el uso de estrellas variables Cefeidas en la medición de distancias cósmicas, el reconocimiento de las galaxias espirales y el entendimiento de las ventajas operativas de los telescopios espaciales. Estos temas, esenciales para una comprensión amplia de la astronomía observacional, fueron abordados de manera efectiva en la intervención, permitiendo a los futuros docentes asimilar conceptos que son frecuentemente empleados en la práctica educativa y en el contexto de la divulgación científica.

Además, el alto porcentaje de respuestas correctas en temas como la clasificación planetaria y la estructura galáctica indica que los participantes han alcanzado un nivel de comprensión que les permitirá contextualizar estos conocimientos de manera coherente y relevante en sus futuras prácticas docentes.

Cabe destacar que, si bien el test reflejó algunas áreas de mejora, esta situación es comprensible y esperada en el contexto de la formación inicial docente. Los elementos proporcionados en esta etapa les han permitido obtener una comprensión fundamental de los temas clave y sentar las bases para un aprendizaje continuado. Los conceptos avanzados y específicos, como los fenómenos estelares complejos y las bases observacionales de la materia oscura, representan áreas que podrán profundizar y fortalecer en el futuro mediante la formación continuada, la experiencia docente y, eventualmente, a través de programas de posgrado. La formación inicial, en este sentido, cumple con su función de brindar una estructura conceptual que facilitará el desarrollo de una comprensión más avanzada y detallada a medida que los docentes en formación transiten su carrera profesional y se enfrenten a situaciones de enseñanza que les permitan explorar y aplicar estos conocimientos.

En conclusión, la actividad formativa ha logrado una sólida base en conocimientos de astronomía para los docentes en formación, quienes ahora cuentan con una comprensión integral de los aspectos fundamentales de la disciplina. Este avance en su formación inicial es un paso esencial que les permitirá continuar profundizando en su dominio conceptual y pedagógico a lo largo de su desarrollo profesional, con la seguridad de que estos conocimientos básicos se fortalecerán y enriquecerán mediante la práctica educativa y la formación académica continua.

7.4 Prospectivas para la formación inicial docente en la enseñanza de la astronomía

La enseñanza de la astronomía ha ganado relevancia en los últimos años, siendo reconocida como una herramienta clave para el desarrollo integral de los estudiantes en diversos niveles de formación. Su inclusión en los currículos responde a la necesidad de abordar no solo conceptos científicos fundamentales, sino también de fomentar en los estudiantes un pensamiento crítico y una comprensión holística del universo que los rodea. La astronomía permite, de forma única, una integración entre disciplinas científicas como la física, la química, la biología y las matemáticas, lo que la convierte en un campo especialmente apto para estimular en los estudiantes el interés por la ciencia y el desarrollo de habilidades de indagación (Bocanegra Caro, 2018; Figueroa Céspedes

et al., 2020; Valderrama, 2019). En este sentido, enseñar astronomía en los diferentes niveles educativos representa un pilar para el fortalecimiento de una alfabetización científica amplia, la cual es cada vez más necesaria en un contexto social y tecnológico en el que los fenómenos naturales y sus interacciones con el ser humano tienen una influencia evidente y directa en el desarrollo de la sociedad (De Biasi & Orellana, 2016; Gangui et al., 2017b).

A nivel de educación básica y media, la astronomía cumple un rol formativo y motivacional que despierta la curiosidad natural de los estudiantes y les permite familiarizarse con temas relacionados con el espacio y el cosmos, temas que suelen captar el interés debido a su carácter misterioso y su relación directa con la observación del entorno (Alzate et al., 2023; Colomer Barberá, 2017; Pérez-Lisboa et al., 2020). Para los estudiantes de niveles avanzados, como en la educación superior, la astronomía representa una vía para profundizar en la comprensión de leyes físicas universales, así como en el estudio de las propiedades de la materia y la energía en contextos extremos (Giordano, 2021; Laso Salvador et al., 2017; Mosquera & Cano, 2019; Valderrama & Navarrete Florez, 2020). Además, la enseñanza de esta disciplina fomenta una cultura de respeto y comprensión de los fenómenos naturales, contribuyendo al desarrollo de una ciudadanía informada y crítica, capaz de tomar decisiones fundamentadas en el conocimiento científico (Demirci & Özyürek, 2017; Taufiq et al., 2020a). Por ello, la inclusión de la astronomía en todos los niveles de formación es no solo deseable, sino necesaria, y plantea el reto de diseñar y aplicar estrategias pedagógicas efectivas para lograr un aprendizaje significativo.

En este contexto, la necesidad de contar con educadores integrales, formados de manera específica para enseñar astronomía, es fundamental (N. Camino et al., 2019; Valderrama, 2023a). Un educador integral en astronomía no solo debe poseer un sólido conocimiento disciplinar, sino también habilidades pedagógicas que le permitan adaptar y contextualizar los contenidos astronómicos de acuerdo con el nivel educativo de sus estudiantes. Esto implica que el docente debe ser capaz de combinar la didáctica de la ciencia con estrategias propias de la enseñanza de la astronomía, promoviendo no solo el aprendizaje de hechos y teorías, sino también el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico, capacidad de observación, y competencias en la resolución de problemas y en la formulación de preguntas científicas.

A través de este enfoque integral, el docente en formación puede convertirse en un facilitador del aprendizaje, alguien capaz de guiar a los estudiantes en la exploración de conceptos complejos de manera accesible y estimulante. En este sentido, formar educadores integrales en

astronomía se convierte en un desafío que exige un esfuerzo coordinado de las instituciones educativas para ofrecer programas de formación inicial y continua que respondan a estas demandas. Los docentes en formación requieren tanto de una base teórica sólida en astronomía como de oportunidades prácticas para desarrollar habilidades pedagógicas y didácticas que les permitan abordar los contenidos de manera eficaz y relevante (Funes, 2021; García Herrero, 2014; Lugo López & Bautista, 2019; Lugo & Bautista, 2019; Pedraza-Jiménez, 2021).

El presente trabajo de grado representa un paso importante en la construcción de una didáctica específica de la astronomía, orientada a la formación inicial docente en este campo. A lo largo de la investigación, se ha identificado que existen aspectos propios de la enseñanza de la astronomía que requieren enfoques didácticos diferenciados, debido a la naturaleza y compleja de muchos de los conceptos involucrados. En particular, la experiencia de implementación de una actividad académica centrada en la astronomía para docentes en formación en la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la UPTC ha permitido observar cómo la adopción de estrategias específicas facilita la comprensión de conceptos clave y potencia el interés de los estudiantes por el área. Los elementos de esta didáctica específica incluyen, en primer lugar, un enfoque en la observación directa y el uso de herramientas de simulación, como planisferios y aplicaciones de mapas estelares, que permiten una conexión directa entre los conceptos teóricos y los fenómenos observables. Este componente práctico es crucial, ya que el aprendizaje en astronomía se beneficia enormemente de la posibilidad de observar y analizar el cielo, integrando así los conocimientos científicos con la experiencia directa de los fenómenos de donde se derivaron.

Otro elemento fundamental en esta didáctica específica es el uso de modelos y representaciones visuales que ayuden a ilustrar conceptos como las fases de la luna, las estaciones del año, y los movimientos aparentes de los cuerpos celestes. Estas herramientas permiten a los estudiantes visualizar y comprender relaciones complejas de manera simplificada, lo cual es especialmente útil en temas donde la escala de tiempo o distancia supera la experiencia cotidiana. Además, esta didáctica promueve el trabajo colaborativo y el diálogo reflexivo, incentivando a los estudiantes a discutir y cuestionar los contenidos abordados, lo que no solo facilita la construcción de conocimientos sólidos, sino que también fortalece habilidades de argumentación y comunicación científica. Finalmente, el diseño de actividades orientadas a la resolución de problemas y la experimentación proporciona una oportunidad para que los docentes en formación

se familiaricen con la metodología de la investigación científica, aplicando conceptos teóricos en situaciones prácticas y desarrollando una comprensión profunda de los fenómenos astronómicos.

La pertinencia de esta didáctica específica radica en su capacidad para ofrecer un marco estructurado y adaptado a la enseñanza de la astronomía, que responde a las necesidades y características particulares de los estudiantes de diversos niveles. Los elementos identificados y aplicados en este trabajo constituyen una base sólida sobre la cual se pueden construir futuros programas de formación docente en astronomía, capaces de integrar el conocimiento disciplinar con una pedagogía activa y centrada en el estudiante. Esta didáctica permite no solo una comprensión profunda de los conceptos, sino también el desarrollo de una actitud crítica y reflexiva frente a los fenómenos naturales y las metodologías de enseñanza. La formación de docentes en astronomía con esta base didáctica específica asegura una preparación adecuada para enfrentar los retos de la educación científica en el contexto actual, promoviendo el aprendizaje significativo y el desarrollo de competencias científicas que trascienden el aula y preparan a los estudiantes para una participación en una sociedad basada en el conocimiento.

A partir de lo anterior, este trabajo de grado destaca la importancia de una didáctica específica para la enseñanza de la astronomía, basada en la observación, la modelización, la experimentación, la reflexión colaborativa y el desarrollo del pensamiento crítico. Estos elementos permiten una formación integral, que no solo facilita la comprensión de los conceptos astronómicos, sino que también fomenta una actitud crítica y comprometida hacia la enseñanza de la ciencia. En el contexto de la formación docente, esta didáctica específica tiene el potencial de fortalecer la enseñanza de la astronomía en todos los niveles educativos, contribuyendo a la construcción de una sociedad con una alfabetización científica más amplia y profunda. La implementación de esta didáctica, combinada con una formación continua que permita a los docentes en formación profundizar y actualizar sus conocimientos, sienta las bases para un desarrollo sostenido de la astronomía en el ámbito educativo, ofreciendo a las futuras generaciones una comprensión más completa y enriquecedora del universo y su lugar en él.

9. Conclusiones

A través de la revisión de publicaciones, se constató una tendencia creciente hacia la interdisciplinariedad en la enseñanza de la astronomía, integrando áreas como física, química, biología y matemáticas. Este enfoque interdisciplinario fomenta en los estudiantes una comprensión holística del universo y contribuye al desarrollo de una alfabetización científica integral, respondiendo a las demandas de una educación en ciencias más completa y moderna, centrada en el desarrollo de habilidades STEM. Al vincular la astronomía con otras ciencias, se prepara a los estudiantes para una ciudadanía informada y crítica, en la que la toma de decisiones se fundamenta en el conocimiento científico.

La investigación permitió identificar cómo el uso de tecnologías digitales avanzadas, particularmente la realidad virtual y las simulaciones interactivas, ha transformado la enseñanza de la astronomía, facilitando una experiencia educativa inmersiva y accesible que permite a los estudiantes comprender fenómenos complejos de manera vivencial. Este cambio tecnológico no solo ha democratizado el acceso al conocimiento astronómico, haciéndolo más inclusivo para estudiantes de diversas zonas y contextos, sino que también ha enriquecido el aprendizaje, posibilitando una comprensión más profunda y personalizada del universo, lo cual representa un avance significativo en la educación científica.

El análisis geográfico de las publicaciones en didáctica de la astronomía mostró que países como Estados Unidos, Australia y Brasil lideran en producción académica en este campo, lo que evidencia una centralización de recursos y conocimientos que plantea un reto en términos de equidad. Aunque se percibe un interés global creciente en la enseñanza de la astronomía, las regiones menos desarrolladas en este ámbito, como América Latina, podrían beneficiarse de una mayor integración y cooperación internacional. La notable participación de países como Colombia, especialmente a nivel de posgrado, demuestra el compromiso de la región con la investigación en astronomía, aunque persiste la necesidad de expandir estos esfuerzos para evitar la concentración de actividades en áreas específicas y lograr un impacto equitativo a nivel nacional.

La investigación subraya la importancia de diversificar y fortalecer los enfoques didácticos en astronomía, revelando una preferencia por metodologías que combinan teoría con práctica observacional y experimental, apoyadas en herramientas tecnológicas. Estrategias como la observación directa, el uso de simulaciones y la modelización de fenómenos astronómicos se han

mostrado eficaces para facilitar el aprendizaje de conceptos abstractos y complejos, a la vez que promueven habilidades analíticas en los estudiantes. Además, la inclusión de enfoques STEAM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Arte y Matemáticas) ha ampliado el atractivo de la astronomía, vinculando esta ciencia con contextos culturales y artísticos, lo cual representa una metodología inclusiva y relevante en la educación actual.

Uno de los desafíos identificados es la necesidad de mejorar la formación docente en astronomía para garantizar una implementación efectiva de los recursos tecnológicos y metodológicos disponibles. Los docentes requieren una capacitación que abarque no solo el conocimiento disciplinar, sino también las competencias pedagógicas necesarias para integrar estos avances en sus prácticas de aula. Sin embargo, en muchos países, los programas de formación docente en astronomía son limitados, subrayando la necesidad de diseñar iniciativas de capacitación continua que preparen a los educadores para enfrentar los retos específicos de esta disciplina en el contexto del siglo XXI.

La enseñanza de la astronomía ha comenzado a integrarse en un enfoque de ciudadanía científica y responsabilidad ambiental, educando a los estudiantes no solo sobre los fenómenos celestes, sino también sobre la sostenibilidad y los equilibrios naturales en el universo. Este enfoque es fundamental para formar ciudadanos críticos y comprometidos con el cuidado del planeta, aprovechando la astronomía como un recurso educativo que no solo expone la magnificencia del cosmos, sino que inspira una relación más ética y respetuosa con el medio ambiente, destacando la relevancia de esta ciencia en la construcción de una conciencia ecológica.

Aunque el avance en la inclusión de tecnologías en la enseñanza de la astronomía es evidente, la desigualdad en la distribución de estos recursos continúa siendo un obstáculo. En varios contextos, la falta de acceso a herramientas tecnológicas limita la posibilidad de implementar prácticas educativas avanzadas, afectando así la equidad en la educación científica. La enseñanza de la astronomía, dada su capacidad para inspirar y atraer a estudiantes de todas las edades, se beneficiaría de políticas que promuevan el acceso equitativo a estos recursos, junto con el apoyo a los docentes para incorporar estas herramientas en sus prácticas pedagógicas.

En Colombia, la astronomía continúa ocupando una posición marginal dentro del currículo de Ciencias Naturales, a pesar de los avances normativos en educación científica. La ausencia de una estructura curricular continua y coherente para la enseñanza de esta disciplina limita el desarrollo de competencias científicas y restringe la posibilidad de inspirar vocaciones en los

estudiantes. Esta situación representa una oportunidad perdida en términos de cultura científica y alfabetización en ciencias, particularmente en un contexto global donde la ciencia y la tecnología se consolidan como pilares del desarrollo social y económico.

Para enfrentar las limitaciones detectadas, se destaca la necesidad de una integración más profunda de la astronomía en los programas de formación docente y en los currículos escolares, asegurando una representación constante y progresiva en los contenidos de Ciencias Naturales. Además, es fundamental implementar políticas que garanticen la inclusión equitativa de la astronomía en todos los niveles educativos y en las diversas regiones del país, promoviendo una formación docente que no solo se enfoque en el conocimiento disciplinar, sino también en competencias pedagógicas adecuadas para una enseñanza efectiva y significativa de la astronomía.

El análisis detallado de las respuestas al cuestionario aplicado a los docentes en formación reveló áreas de vacío conceptual significativas, como la clasificación estelar, en la que se encontró confusión entre conceptos esenciales como el color, la magnitud y la temperatura de las estrellas. Este hallazgo subraya la importancia de fortalecer la enseñanza de los fundamentos astronómicos mediante estrategias educativas que incluyan representaciones visuales y comparativas que faciliten la comprensión. La comprensión profunda de conceptos fundamentales en astronomía es clave para que los futuros docentes puedan transmitir conocimientos con rigor y precisión, asegurando así una educación de calidad en esta disciplina.

Se identificó una necesidad crítica en la enseñanza de la estructura y características de los cuerpos planetarios dentro del sistema solar, especialmente al distinguir entre planetas terrestres y gigantes gaseosos. La alta tasa de respuestas incorrectas en estos temas refleja una falta de comprensión detallada, lo que resulta preocupante dado que estos conocimientos son esenciales para una formación astronómica sólida. Para abordar esta deficiencia, se recomienda una metodología didáctica que incluya comparaciones directas y análisis de las propiedades físicas de los diferentes tipos de planetas, apoyándose en recursos visuales, simulaciones y observación directa. Esto permitiría a los futuros docentes adquirir la comprensión necesaria para comunicar estos conceptos de manera precisa y didáctica en el aula.

La comprensión de fenómenos astronómicos complejos, como las supernovas y la actividad magnética del Sol, mostró ser un área con vacíos significativos de conocimiento entre los docentes en formación. La falta de claridad en temas como la evolución estelar y los procesos nucleares refleja una necesidad de incluir actividades educativas que vinculen la teoría con ejemplos

observacionales. Incorporar simulaciones de evolución estelar y visualización de fenómenos solares ayudaría a los estudiantes a entender estos procesos, permitiendo además abordar temas como los efectos de las tormentas solares en la Tierra y la importancia de las estrellas variables como candelas estándar en la medición de distancias cósmicas, todos ellos fundamentales para una enseñanza integral de la astronomía.

La comprensión parcial de las leyes de Kepler entre los futuros docentes en formación es otro hallazgo relevante, ya que se observó confusión entre las tres leyes y sus aplicaciones específicas. Este aspecto subraya la necesidad de una metodología más interactiva y visual, en la que el uso de simuladores orbitales y software educativo permita a los estudiantes experimentar y visualizar la dinámica de los movimientos planetarios. Estas actividades ayudarían a consolidar el conocimiento sobre las bases matemáticas y físicas que rigen las órbitas planetarias, proporcionando a los futuros docentes una comprensión sólida y contextualizada de las leyes de Kepler y su importancia en el estudio de la astronomía.

La formación en habilidades de observación directa y el uso de herramientas como mapas estelares y telescopios, esenciales para la enseñanza de la astronomía, fue identificada como un aspecto subestimado en el proceso formativo de los docentes en formación. La observación práctica y el análisis de fenómenos celestes, como las constelaciones y los movimientos aparentes del Sol y la Luna, son actividades fundamentales para desarrollar una comprensión integrada de los conceptos astronómicos. Incluir estas actividades en el currículo de formación docente permitiría que los futuros educadores desarrollen habilidades observacionales que, a su vez, puedan ser replicadas y adaptadas en sus futuras aulas, promoviendo una enseñanza más dinámica e interactiva.

La diversidad en los niveles de competencia pedagógica de los docentes en formación para la enseñanza de la astronomía reveló que las áreas de adaptación de contenido, pensamiento crítico, uso de herramientas tecnológicas, contextualización sociocultural y claridad explicativa requieren fortalecimiento. La mayoría de los futuros docentes se ubicaron en niveles intermedios en cuanto a la adaptación de contenido, lo que indica una limitada habilidad para diseñar estrategias didácticas adaptadas a diferentes estilos de aprendizaje. Mejorar estas competencias es fundamental para que los docentes puedan brindar una educación astronómica inclusiva y diferenciada, especialmente en una disciplina rica en conceptos abstractos donde la personalización del enfoque pedagógico marca una diferencia significativa en el proceso de aprendizaje.

En el área del estímulo al pensamiento crítico, se observó una tendencia a emplear metodologías convencionales entre los estudiantes con niveles de desempeño básico o intermedio, lo cual limita la indagación y exploración en astronomía. Esta dependencia en metodologías tradicionales refleja una necesidad de promover estrategias pedagógicas que inviten a los estudiantes a cuestionar, investigar y formular sus propias conclusiones sobre los fenómenos astronómicos. Al fortalecer el enfoque crítico en la enseñanza, se facilitaría una comprensión más profunda de los temas astronómicos y se fomentaría una mentalidad analítica en los estudiantes, aspecto clave para una educación científica transformadora y significativa.

La capacidad de personalizar la enseñanza en astronomía emergió como una competencia esencial entre los futuros docentes, quienes, al alcanzar niveles avanzados en conocimientos pedagógicos, logran adaptar sus estrategias a los diversos estilos de aprendizaje. Esta habilidad de adaptación no solo potencia el proceso de enseñanza-aprendizaje en conceptos astronómicos complejos, sino que también contribuye a una comprensión profunda y contextualizada de los fenómenos celestes. La personalización se mostró particularmente efectiva para abordar temas abstractos en astronomía, promoviendo un aprendizaje que responde a las necesidades y características individuales de cada estudiante.

La inclusión de tecnologías como simuladores y plataformas de observación virtual en la enseñanza de modelos astronómicos ha demostrado ser una herramienta poderosa para facilitar la comprensión de conceptos complejos y abstractos en astronomía. El dominio de estas tecnologías por parte de los docentes en formación permitió observar un aprendizaje más activo y accesible, lo cual resalta la necesidad de incorporar estructuralmente estos recursos en los programas de formación docente. Esta integración tecnológica no solo fortalece la alfabetización científica, sino que también contribuye a cerrar brechas educativas, al facilitar el acceso a experiencias de aprendizaje enriquecidas para estudiantes de diversos contextos.

Las diferencias en la aplicación de estrategias pedagógicas entre docentes en formación con niveles de competencia intermedios y básicos revelan una dificultad en la implementación de metodologías diferenciadas y adaptativas en la enseñanza de astronomía. Esta limitación resalta la importancia de profundizar en la capacitación en metodologías pedagógicas específicas que permitan una enseñanza flexible y contextualizada. Asegurar una capacidad de adaptación didáctica entre los futuros docentes es esencial para responder a la diversidad de necesidades

educativas de los estudiantes y para mejorar la efectividad del proceso de enseñanza en una disciplina tan visual y conceptual como la astronomía.

La formación en habilidades tecnológicas y metodologías de enseñanza adaptativa se destacó como un componente crítico para garantizar una enseñanza de astronomía efectiva y ajustada a las particularidades de cada grupo de estudiantes. Los resultados subrayan la importancia de fortalecer estas competencias entre los docentes en formación, particularmente aquellos en niveles intermedios y básicos, quienes requieren apoyo adicional en el uso de herramientas tecnológicas y en la aplicación de metodologías adaptativas. El fortalecimiento de estas habilidades facilitaría una enseñanza de astronomía que promueva el aprendizaje significativo, asegurando que cada estudiante, independientemente de su contexto o estilo de aprendizaje, tenga la oportunidad de comprender y apreciar los fenómenos astronómicos de manera profunda y relevante.

La formación docente en astronomía exige una integración sólida entre conocimientos disciplinarios y competencias pedagógicas que permita a los futuros educadores no solo comprender los conceptos fundamentales de la astronomía, sino también comunicarlos de manera accesible y adaptativa en el aula. La combinación de saberes astronómicos con habilidades didácticas específicas favorece un proceso de enseñanza efectivo, donde el aprendizaje significativo se convierte en el eje central. Este hallazgo subraya la importancia de que los programas formativos incluyan una preparación completa en ambas áreas, asegurando que los docentes cuenten con las herramientas necesarias para abordar tanto la teoría como la práctica educativa en esta disciplina.

La adquisición de competencias procedimentales en el uso de herramientas astronómicas, como telescopios, software de simulación y metodologías de observación directa, es fundamental en la preparación de los docentes en formación, ya que facilita la integración de la teoría con la práctica en la enseñanza de la astronomía. Estas competencias no solo permiten a los futuros docentes comprender los fenómenos celestes de manera más tangible, sino que también les brindan la habilidad de ofrecer experiencias de aprendizaje más concretas y experimentales a sus estudiantes, promoviendo una interacción directa con los objetos de estudio y un aprendizaje práctico que enriquece el proceso educativo en ciencias naturales.

La actitud crítica y reflexiva hacia la enseñanza de la astronomía emergió como un aspecto esencial para diferenciar el conocimiento científico de la pseudociencia y para enmarcar la astronomía dentro de un contexto cultural y social amplio. Fomentar una mentalidad crítica en los

docentes en formación les permite no solo enseñar conceptos de manera rigurosa y fundamentada, sino también guiar a sus estudiantes hacia una comprensión informada y consciente del entorno que los rodea. Esta actitud, además, fomenta un compromiso ético con la educación científica, asegurando que los futuros educadores puedan transmitir una visión del universo basada en evidencia, promoviendo una educación que forme ciudadanos capaces de cuestionar y entender el mundo desde una perspectiva científica.

La implementación de un diario de campo, o "Libro Vivo," se destacó como una herramienta formativa valiosa que facilita la reflexión y autoevaluación continua entre los docentes en formación. Este instrumento permitió a los futuros educadores sistematizar sus experiencias, identificar áreas de mejora y fortalecer sus competencias pedagógicas a través de un proceso de revisión constante. El uso de un diario reflexivo no solo consolida el aprendizaje, sino que también promueve el desarrollo de un perfil docente adaptable y consciente de su práctica educativa, preparándolos para enfrentar los retos de la enseñanza de la astronomía en un contexto cambiante y en evolución.

La capacidad de los docentes en formación para justificar la elección de conceptos astronómicos basándose en fundamentos epistemológicos e históricos fue identificada como un logro significativo que fortalece la enseñanza fundamentada y contextualizada. Esta habilidad no solo mejora la comprensión de los futuros docentes sobre la relevancia de la astronomía en la educación científica, sino que también les permite estructurar su enseñanza en un marco de referencia que resalta la evolución del conocimiento astronómico. Al promover una enseñanza fundamentada en contextos históricos y epistemológicos, se enriquece el proceso de aprendizaje, facilitando una comprensión más completa y profunda de la ciencia astronómica.

La habilidad de recolectar conocimientos previos de los estudiantes fue otro logro destacado en la formación docente, permitiendo a los futuros educadores adaptar el proceso de enseñanza a las experiencias previas de los estudiantes. Mediante el uso de diversos instrumentos de recolección, los docentes en formación lograron captar los saberes iniciales y experiencias de sus estudiantes, lo cual facilitó la creación de redes conceptuales que interrelacionan de manera coherente los conocimientos clave en astronomía con otros saberes científicos. Esta capacidad de adaptación y personalización del aprendizaje no solo mejora la comprensión de los contenidos, sino que también fortalece la conexión entre el conocimiento científico y la experiencia cotidiana de los estudiantes.

La interdisciplinariedad fue reconocida como una estrategia pedagógica clave en la enseñanza de la astronomía, ya que vincula esta disciplina con áreas como la física, la química y la biología, favoreciendo una visión holística y enriqueciendo el aprendizaje. Los docentes en formación mostraron competencias para aplicar esta interdisciplinariedad, permitiendo que los estudiantes comprendan cómo los fenómenos astronómicos están relacionados con principios científicos de otras disciplinas. Esta perspectiva interdisciplinaria facilita una educación científica más integral y estructurada, y promueve en los estudiantes una comprensión compleja y multidimensional de los fenómenos naturales.

La claridad en la formulación de objetivos de aprendizaje fue un aspecto en el que los docentes en formación alcanzaron un desempeño destacado, lo cual refleja una orientación pedagógica adecuada hacia el logro de metas específicas en el aprendizaje de la astronomía. La precisión en los objetivos facilita un proceso educativo coherente y estructurado, alineado con los estándares educativos y enfocado en el desarrollo de competencias astronómicas esenciales. Este logro es fundamental para garantizar una enseñanza efectiva, donde los estudiantes comprendan claramente las metas de cada actividad y se involucren de manera activa y significativa en su proceso de aprendizaje.

Si bien se lograron avances significativos en la enseñanza de conceptos y habilidades prácticas, aún persisten áreas de mejora en el desarrollo del pensamiento crítico y la creatividad en las actividades pedagógicas, así como en la contextualización de los contenidos dentro del entorno sociocultural de los estudiantes. Fortalecer estas áreas es esencial para asegurar que los futuros docentes puedan formar estudiantes capaces de cuestionar, innovar y conectar el conocimiento científico con su realidad cotidiana. Esta orientación no solo promueve una educación científica más inclusiva y transformadora, sino que también fomenta la formación de ciudadanos informados y críticos, capaces de tomar decisiones fundamentadas en la evidencia científica.

El fortalecimiento conceptual en astronomía logrado a través de la formación inicial de los docentes se evidenció en los resultados del test posintervención, reflejando una consolidación del conocimiento en áreas clave como la clasificación estelar, los procesos nucleares en estrellas, las características planetarias y la estructura galáctica. Los resultados destacaron un avance notable en términos de claridad conceptual y precisión en la elección de respuestas correctas, lo cual demuestra la efectividad de la formación recibida. Este fortalecimiento no solo facilitó la identificación de los fundamentos que sostienen la organización y evolución de los cuerpos

celestes, sino que también reveló una mejora en la capacidad de los futuros docentes para comunicar estos conceptos de manera accesible y rigurosa en el aula.

En cuanto a la implementación didáctica, esta investigación ha destacado la importancia de una enseñanza basada en la observación directa, la experimentación y el uso de modelos visuales, aspectos que han demostrado ser efectivos para facilitar el aprendizaje de conceptos abstractos en astronomía. La formación de docentes en esta disciplina requiere, por tanto, una estructura educativa que combine la teoría con una práctica significativa, donde el uso de herramientas como telescopios, planisferios y simuladores digitales permita a los estudiantes una interacción directa con el cosmos. La astronomía se convierte así en un vehículo para el desarrollo de habilidades analíticas y de resolución de problemas, fomentando no solo la adquisición de conocimientos, sino también el desarrollo de una actitud reflexiva y crítica ante los fenómenos naturales. Esta integración entre teoría y práctica es crucial, ya que proporciona a los docentes en formación las competencias necesarias para facilitar el aprendizaje en un contexto educativo que demanda cada vez más una alfabetización científica robusta y adaptable a las necesidades de una sociedad tecnológica.

El desarrollo de una propuesta de cualificación docente en astronomía para el programa de Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la UPTC requirió un enfoque integral que combinara conocimientos disciplinares sólidos en astronomía con estrategias didácticas específicas y habilidades pedagógicas adaptativas. La investigación mostró que, para cualificar a los futuros docentes en esta área, fue fundamental estructurar un programa de formación que incluyera tanto la teoría astronómica como la práctica observacional, apoyándose en recursos tecnológicos como simuladores, telescopios y plataformas de visualización de fenómenos celestes. Este enfoque permitió a los docentes en formación experimentar la astronomía de manera vivencial, facilitando la comprensión de conceptos abstractos mediante actividades prácticas, como la observación directa y la modelización de eventos astronómicos.

La propuesta de actividad curricular planteada enfatizó la importancia de una pedagogía que fomentara el pensamiento crítico y la indagación científica en los estudiantes, integrando la astronomía en un marco interdisciplinario que combinó física, química, biología y matemáticas, respondiendo a la necesidad de una educación STEM en el contexto actual. Asimismo, la cualificación docente incluyó un componente de reflexión colaborativa y trabajo en equipo, permitiendo a los futuros docentes analizar y adaptar los contenidos astronómicos de acuerdo con

las características de sus estudiantes y el entorno sociocultural en el que se desempeñarían. Esto implicó una formación continua que no solo abordó los aspectos técnicos de la astronomía, sino que también preparó a los docentes para promover una cultura científica inclusiva y crítica en sus futuros contextos de enseñanza, fortaleciendo así una alfabetización científica necesaria para el desarrollo integral de sus estudiantes.

10 recomendaciones

Se recomienda continuar implementando y actualizando la actividad curricular de "Astronomía para la Educación", de modo que los esfuerzos en la formación inicial docente puedan ser replicados y adaptados para garantizar una preparación sólida en la enseñanza de la astronomía en diversos niveles educativos. Esta actualización debe asegurar una perspectiva crítica, contextual y emancipadora, fomentando en los futuros docentes la capacidad de abordar la astronomía de forma interdisciplinaria y reflexiva, acorde con las necesidades y realidades del entorno. Además, se espera que esta iniciativa contribuya al fortalecimiento de las vocaciones científicas, promoviendo en los estudiantes un interés sostenido en la ciencia y el desarrollo de habilidades que respalden el avance científico y tecnológico del país. Esta estrategia tiene el potencial de impactar positivamente en la cultura científica nacional, impulsando una educación que no solo transmita conocimientos astronómicos, sino que también inspire un compromiso ético y social en el desarrollo y aplicación del conocimiento.

Es fundamental que la propuesta de cualificación docente se complemente con módulos de actualización continua y opciones de formación posgradual, permitiendo a los docentes en formación y en ejercicio mantenerse al día tanto en los avances de la disciplina astronómica como en las nuevas metodologías pedagógicas aplicables a su enseñanza. Estos módulos de actualización continua facilitarían una renovación constante del conocimiento, mientras que los programas posgraduales ofrecerían una profundización especializada, reforzando competencias científicas y didácticas. Esta estructura de formación garantizaría una enseñanza dinámica, contextualizada y alineada con las necesidades educativas contemporáneas, promoviendo así una comprensión más profunda y significativa de los contenidos astronómicos y fortaleciendo el desarrollo de una ciudadanía científica en los estudiantes.

Dado que la astronomía se beneficia de una integración con disciplinas como la física, la química, la biología y las matemáticas, se recomienda que el currículo de la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la UPTC adopte un enfoque interdisciplinario, que permita articular los contenidos astronómicos con otras áreas del conocimiento. Este enfoque no solo enriquecería la enseñanza de la astronomía, sino que promovería en los estudiantes una comprensión holística de los fenómenos naturales, al permitirles observar las conexiones entre distintos principios científicos. De esta forma, se fomenta en los futuros docentes una visión

integral y crítica que resulta esencial para formar estudiantes con una alfabetización científica sólida y una capacidad de análisis interdisciplinario ante los desafíos del conocimiento contemporáneo.

Se recomienda a la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental (LCNEA) y a otros programas de formación de docentes en ciencias naturales en el país establecer líneas de investigación enfocadas en las mejores prácticas pedagógicas para la enseñanza de la astronomía en diversos niveles educativos. Este esfuerzo contribuiría a consolidar un cuerpo de conocimiento actualizado y contextualizado sobre métodos y estrategias efectivas, proporcionando bases empíricas que apoyen el desarrollo de currículos innovadores y adaptativos. Además, al establecer estas líneas de investigación, se facilitaría la formación de docentes con competencias didácticas avanzadas y herramientas prácticas que respondan a las necesidades educativas del contexto colombiano, promoviendo así una enseñanza de la astronomía que fomente el pensamiento crítico y la curiosidad científica en los estudiantes.

Se recomienda a las facultades de educación del país desarrollar una red colaborativa de docentes en formación y en ejercicio, con un enfoque en astronomía para la educación. Establecer una red de docentes especializados en astronomía facilitaría el intercambio de experiencias, recursos y buenas prácticas pedagógicas, promoviendo un crecimiento profesional continuo. A través de esta red, los docentes podrían acceder a un apoyo mutuo y compartir conocimientos actualizados, lo cual resultaría en un fortalecimiento de las capacidades docentes y una mejora en la calidad de la enseñanza de la astronomía en la región. Además, este espacio colaborativo serviría como plataforma para fomentar la investigación en didáctica de la astronomía, propiciando innovaciones metodológicas y contribuyendo al desarrollo de una comunidad educativa sólida y cohesionada que impacte de manera positiva en la formación científica de los estudiantes.

Se recomienda al Ministerio de Educación actualizar los Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y los Derechos Básicos de Aprendizaje, integrando una mayor representatividad de la astronomía dentro de la enseñanza de las ciencias naturales. Esta actualización permitiría reflejar la importancia de la astronomía no solo como un área fundamental del conocimiento científico, sino también como una disciplina que fomenta el desarrollo de habilidades de indagación, pensamiento crítico y comprensión del entorno cósmico. Fortalecer la presencia de la astronomía en los estándares educativos nacionales contribuiría a una formación más integral y contextualizada en ciencias naturales, preparando a los estudiantes para enfrentar

los desafíos de una sociedad cada vez más influenciada por el avance científico y tecnológico, y fomentando vocaciones científicas desde las primeras etapas educativas.

Referencias

- Abdurrahman, F. N., & Olsmted, A. R. (2021). Objectivity, culturelessness, and apoliticism: how cultural beliefs prevent the advancement of equity in astronomy graduate programs. *2021 Physics Education Research Conference Proceedings*, 15–20. <https://doi.org/10.1119/PERC.2021.PR.ABDURRAHMAN>
- Abril, O. L. C., & Arévalo, D. F. V. (2022). Propuesta de Enseñanza de la Didáctica de la Astronomía a partir de una perspectiva dimensional, en torno a lo disciplinar, sociocultural e interaccional. *Latinoamericana de Estudios Educativos*, 18(2), 121–146. <https://doi.org/10.17151/RLEE.2023.18.2.6>
- Ahmed, E., Fares, R., Ibrahim, A., & Ouhbi, S. (2022). An Analysis of Gamified Mobile Applications to Educate Children about Astronomy. *IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON, 2022-March*, 532–536. <https://doi.org/10.1109/EDUCON52537.2022.9766712>
- Alcocer Tocora, M., & Hernández Hernández, C. (2020). Investigación en enseñanza de las ciencias en Colombia: estudio desde sus cosificaciones. *Educación y Educadores*, 23(1), 47–68. <https://doi.org/10.5294/EDU.2020.23.1.3>
- 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. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/35604>
- Alfonso, A., Valderrama, D. A., Vera Villamizar, N., & Aponte, J. D. (2023). EL OBSERVATORIO ASTRONÓMICO GORANCHACHA: ESPACIO PARA EL DESARROLLO CIENTÍFICO Y DIDÁCTICO DE LA ASTRONOMÍA EN BOYACÁ. *Prospectiva Científica*, 171–190.
- Alonso, Á. V., & Mas, M. A. M. (1999). Características del conocimiento científico : creencias de los estudiantes. *Enseñanza de Las Ciencias. Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 17(3), 377–395. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.4068>
- Alves Cardoso, P. C., Burgoa Rosso, K. L., & Júnior, A. F. N. (2020). A astronomia a partir de narrativas míticas indígenas: Práticas pedagógicas para formação de professores. *Avances En Ciencias de La Educación: Investigación y Práctica*, 2020, ISBN 978-84-1377-597-5, Págs. 389-395, 389–395. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8139727>

- Alzate, L. A., Cerón Erazo, J. H., & Hernández Giraldo, L. A. (2023). Implementación de un ambiente de aprendizaje mediado por el recurso NASA Space Place para motivar el aprendizaje de la Astronomía desde las Ciencias Naturales en los niños del grado cuarto de las instituciones educativas San Cayetano I.E.D. de la ciudad d. *Latam: Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, ISSN-e 2789-3855, Vol. 4, N°. 1, 2023 (Ejemplar Dedicado a: LATAM V; 4544 – 4557), 4(1), 157. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9585594&info=resumen&idioma=SPA>
- Anantasook, R., Anantasook, S., & Yuenyong, C. (2019). Developing the Astronomy and Architecture Unit for Providing Students' Perception of the Relationship between Science, Technology, Engineering, and Mathematics. *Journal of Physics: Conference Series*, 1340(1), 012010. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1340/1/012010>
- Andersen, W. L. (2020). Labs to Accompany Treatment of General Relativity in a General Education Astronomy Course. *Physics Teacher*, 58(8), 560–563. <https://doi.org/10.1119/10.0002377>
- Araya, V., Alfaro, M., & Andonegui, M. (2007). CONSTRUCTIVISMO: ORIGENES Y PERSPECTIVAS. *Laurus*, 13(24), 76–92. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=76111485004>
- Arias Urriago, Y. M., Merchán García, C. A., Parra Montes, D. M., & Rojas Ricaurte, L. N. (2017). Haciendo visible lo invisible: una propuesta pedagógica que vincula el arte y la astronomía para niños y niñas de 3 a 7 años en el Planetario de Bogotá. *Reponame:Repositorio Institucional de La Universidad Pedagógica Nacional*, 71–96. <https://doi.org/10.18046/RECS.I5.452>
- Aristeidou, M., & Herodotou, C. (2020). Online citizen science: A systematic review of effects on learning and scientific literacy. *Citizen Science: Theory and Practice*, 5(1). <https://doi.org/10.5334/CSTP.224>
- Augusto, C., & Martínez, A. (2019). *Estrategia didáctica para la enseñanza de la Astronomía de Posición, dentro del marco del proyecto “Sintiendo la Astronomía”, para estudiantes con discapacidad visual en el curso de Astronomía.*
- Backes, M., Evans, R., Kasai, E. K., & Steenkamp, R. (2018). Status of Astronomy in Namibia. *African Review of Physics*, 13, 90–95. <https://arxiv.org/abs/1811.01440v1>

- Balastegui, M., Palomar, R., & Solbes, J. (2020). ¿En qué aspectos es más deficiente la alfabetización científica del alumnado de Bachillerato? *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias* 17 n.3 3302, 17(3), 1–15. https://doi.org/10.25267/REV_EUREKA_ENSEN_DIVULG_CIENC.2020.V17.I3.3302
- Banerjee, S., Sen, A., Srivastava, Y. K., & Santos, R. P. Dos. (2015). *European Journal of Physics Magnetic monopoles and dyons revisited: a useful contribution to the study of classical mechanics You may also like Partition functions of torsion >1 dyons in heterotic string theory on T 6 Magnetic monopoles and dyons revisited: a useful contribution to the study of classical mechanics*. <https://doi.org/10.1088/0143-0807/36/3/035022>
- Barnett, M. (2005). Using Virtual Reality Computer Models to Support Student Understanding of... *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 24(4), 333–356.
- Barrantes Clavijo, A. M. (2017). *Diseño de un ambiente bimodal de aprendizaje de la astronomía*. <http://hdl.handle.net/11349/6364>
- Barrios Estrada, A. (2014). Una perspectiva histórica sobre la formación de maestros de Ciencias Naturales en Colombia. *Revista Historia de La Educación Colombiana*, ISSN 0123-7756, ISSN-e 2422-2348, Vol. 17, N°. 17, 2014, Págs. 101-136, 17(17), 101–136. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5053290&info=resumen&idioma=ENG>
- Barros, S. G., & Losada, C. M. (2014). La importancia de las habilidades cognitivo-lingüísticas asociadas al estudio de la Astronomía desde la perspectiva del profesorado. *Enseñanza de Las Ciencias. Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 32(1), 179–197. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.850>
- Bartelmebs, R. C. (2016). *Ensino de astronomia nos anos iniciais do ensino fundamental: como evoluem os conhecimentos dos professores a partir do estudo das ideias dos alunos em um curso de extensão baseado no modelo de investigação na escola*. <https://repositorio.pucrs.br/dspace/handle/10923/8533>
- Batista, S. S. dos S., & Freire, E. (2020). ESCOLARIZAÇÃO E FORMAÇÃO PARA O TRABALHO: trajetórias indígenas frente aos programas educacionais. *Revista Trabalho, Política e Sociedade*, 5(8), 365–385. <https://doi.org/10.29404/RTPS-V5I8.391>
- Berry, S., & Tapia-Gutiérrez, O. M. (2022). Competencias científicas en el contexto del proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias naturales. *Portal de La Ciencia*, 3(1), 13–26. <https://doi.org/10.51247/PDLC.V3I1.307>

- Blández Ángel, J. (2000). *La investigación-acción, un reto para el profesorado: guía práctica para grupos de trabajo, seminarios y equipos de investigación*. 196. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=385594>
- Bocanegra Caro, G. (2018). *La astronomía como recurso de aprendizaje interdisciplinar en la escuela para el grado quinto*. Ibagué: Universidad del Tolima, 2018. <https://repository.ut.edu.co/handle/001/2555>
- Borragini, E. F. (2016). *O ensino de astronomia na formação continuada de professores com ênfase na gravitação universal*. <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/156647>
- Bozzoli, M. (2021). La historia de la astronomía y su rol en la enseñanza de la filosofía de la astronomía. *Acta Scientiarum. Human and Social Sciences*, 43(1), e59084. <https://doi.org/10.4025/ACTASCIHUMANSOC.V43I1.59084>
- Buitrago Parra, L. Y., & Garavito Vargas, A. F. (2021). *PEDAGOGÍA MUSEÍSTICA, UNA ESTRATEGIA PARA LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA EN EL MUSEO ARQUEOLÓGICO SUAMOX EN LA CIUDAD DE SOGAMOSO*. Univerisidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
- Cabrales Perdomo, Y., Domínguez Reyes, A., & Silva Peña, J. L. (2024). Situaciones de aprendizaje para la contextualización didáctica en la formación inicial del profesor de Física. *Opuntia Brava*, 16(1), 258–269. <https://opuntiabrava.ult.edu.cu/index.php/opuntiabrava/article/view/1711/2338>
- Camino, N. E. (2011). la didáctica de la astronomía como campo de investigación e. *I Simposio Nacional de Educación En Astronomía, Rio de Janeiro* . <https://studylib.es/doc/4718677/la-did%C3%A1ctica-de-la-astronom%C3%ADa-como-campo-de-investigaci%C3%B3n-e>
- Camino, N. E. (2023). *Didáctica de la astronomía: Un camino para reconstruir nuestra relación con el cielo*. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/196635>
- Camino, N., Nardi, R., Pedreros, R., García, E., & Castiblanco, O. (2019). *Retos de la Enseñanza de la Astronomía en Latinoamérica*. <https://doi.org/10.14483/23464712.10617>
- Cardamone, C., & Kung, B. C. (2019). Scientific discovery in the science classroom via contributions to citizen science. In *Enhancing STEM Motivation through Citizen Science Programs*.
- Cárdenas Navas, A. M., & Martínez Rivera, C. A. (2017). Los referentes curriculares instituidos para la elaboración del conocimiento escolar en ciencias en Colombia : ¿qué caracteriza la

- estructura de los estándares básicos de competencias en ciencias? *Enseñanza de Las Ciencias, Extra*, 1183–1188. <https://ddd.uab.cat/record/184488>
- Cardona Lara, O. J. (2020). *Consideraciones en torno a la elaboración de modelos sobre la posición y movimiento del Sol y la Luna en la enseñanza de la Astronomía*. [Universidad Pedagógica Nacional]. <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3488076?show=full>
- Carrascosa Alís, J., Domenech Blanco, J. L., Martínez-Torregrosa, J., Osuna García, L., & Verdú Carbonell, R. (2016). *Curso Básico de Didáctica de las Ciencias. Enseñanza Secundaria. Profesorado de Ciencias en Formación y en Activo*. 255–284. <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/55785>
- Carreño Díaz, A. J. (2014). Elementos de la naturaleza de ciencia y la tecnología (NdCyT) para formación continua de docentes. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED; 2014: VI Congreso Internacional de Formación de Profesores de Ciencias*. <https://doi.org/10.17227/01203916.3201>
- Castelblanco, A., Cifuentes, J. E., Pinilla, D. P., & Pulido, S. D. (2020). Prácticas pedagógicas para la aproximación al conocimiento como científico social y natural en estudiantes de secundaria. *Praxis & Saber*, 11(27), e10474–e10474. <https://doi.org/10.19053/22160159.V11.N27.2020.10474>
- Castro Maldonado, J. J., Gómez Macho, L. K., & Camargo Casallas, E. (2023). La investigación aplicada y el desarrollo experimental en el fortalecimiento de las competencias de la sociedad del siglo XXI. *Tecnura: Tecnología y Cultura Afirmando El Conocimiento*, ISSN-e 2248-7638, ISSN 0123-921X, Vol. 27, N°. 75, 2023, Págs. 140-174, 27(75), 140–174. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8728928&info=resumen&idioma=ENG>
- Celasco, M., Yañez, J. I., Gamen, R., Fernández, A., Díaz, A., & Torres, D. (2016). Galaxy Conqueror: Astronomy, citizen science and gamification. *Proceedings - 2016 11th Latin American Conference on Learning Objects and Technology, LACLO 2016*. <https://doi.org/10.1109/LACLO.2016.7751798>
- Cervantes Hernández, R., & Chaparro Medina, P. M. (2021). Transformaciones en los hábitos de comunicación y sociabilidad a través del incremento del uso de redes sociodigitales en tiempos de pandemia. *Ámbitos. Revista Internacional de Comunicación*, 52, 37–51. <https://idus.us.es/handle/11441/107676>

- Chacón Corzo, M. A., & Contreras Chacón, A. E. (2006). Los diarios de prácticas: una estrategia de reflexión en la formación docente. *Acción Pedagógica, ISSN-e 1315-401X, Vol. 15, N° 1, 2006, Págs. 120-127, 15(1), 120–127.*
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2968965&info=resumen&idioma=ENG>
- Chadwick, G., & Castorina, J. A. (2022). *Algunas relaciones entre saberes ancestrales y conocimientos occidentales sobre astronomía, en contextos de enseñanza intercultural.*
<https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/155029>
- Christian, C. (2015a). Citizen Science with Hubble Space Telescope Data. *Computing in Science & Engineering, 17(4), 12–19.* <https://doi.org/10.1109/MCSE.2015.42>
- Christian, C. (2015b). Citizen Science with Hubble Space Telescope Data. *Computing in Science & Engineering, 17(4), 12–19.* <https://doi.org/10.1109/MCSE.2015.42>
- Chubko, N., Morris, J. E., Mckinnon, D. H., Slater, E. V., & Lummis, G. W. (2019). SOLO taxonomy as EFL students' disciplinary literacy evaluation tool in technology-enhanced integrated astronomy course. *Language Testing in Asia.* <https://doi.org/10.1186/s40468-019-0095-6>
- Clements, D. L., Sato, S., & Fonseca, A. P. (2017). Cosmic sculpture: A new way to visualise the cosmic microwave background. *European Journal of Physics, 38(1).*
<https://doi.org/10.1088/0143-0807/38/1/015601>
- Colomer Barberá, R. (2017). *Efecto de la enseñanza problematizada de la astronomía diurna (ciclos y simetrías del movimiento del sol y el modelo Sol-Tierra) en los conocimientos y las actitudes de los futuros maestros de primaria.* <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/74535>
- Compiani, M. (2010). NARRATIVAS E DESENHOS NO ENSINO DE ASTRONOMIA/GEOCIÊNCIAS COM O TEMA “A FORMAÇÃO DO UNIVERSO”: UM OLHAR DAS GEOCIÊNCIAS. *Ensaio Pesquisa Em Educação Em Ciências, 12(2), 257–278.* <https://doi.org/10.1590/1983-21172010120216>
- D'Agostino, D., Law-Green, D., Watson, M., Novara, G., Tiengo, A., Sandrelli, S., Belfiore, A., Salvaterra, R., & De Luca, A. (2019). A citizen science exploration of the X-ray transient sky using the EXTraS science gateway. *Future Generations Computer Systems, 111, 806–818.*
<https://doi.org/10.1016/J.FUTURE.2019.10.030>

- Dasuky Quiceno, S. A., González Vargas, J. P., Dasuky Quiceno, S. A., & González Vargas, J. P. (2022). La declinación de la autoridad docente en la contemporaneidad: una perspectiva psicoanalítica. *CES Psicología*, 15(1), 182–200. <https://doi.org/10.21615/CESP.5614>
- De Biasi, M. S., & Orellana, R. B. (2016). *Enseñando a enseñar astronomía: alfabetización científica de docentes de niveles primario, secundario y modalidad adultos de la Región de La Plata*. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/150413>
- De Freitas, S. I., Morgan, J., & Gibson, D. (2015a). Will MOOCs transform learning and teaching in higher education? Engagement and course retention in online learning provision. *British Journal of Educational Technology*, 46(3), 455–471. <https://doi.org/10.1111/BJET.12268>
- De Freitas, S. I., Morgan, J., & Gibson, D. (2015b). Will MOOCs transform learning and teaching in higher education? Engagement and course retention in online learning provision. *British Journal of Educational Technology*, 46(3), 455–471. <https://doi.org/10.1111/BJET.12268>
- De Greve, J.-P. (2009). Challenges in Astronomy Education. *Proceedings of the International Astronomical Union*, 5(H15), 642–667. <https://doi.org/10.1017/S1743921310010884>
- De Paor, D., Coba, F., & Burgin, S. (2016). *A Google Earth Grand Tour of the Terrestrial Planets*. <https://doi.org/10.5408/15-116.1>
- Demirci, F., & Özyürek, C. (2017). The Effects of Using Concept Cartoons in Astronomy Subjects on Critical Thinking Skills among Seventh Grade Student. *International Electronic Journal of Elementary Education*, 10(2), 243–254. <https://www.iejee.com/index.php/IEJEE/article/view/369>
- Díaz Ballén, J. E. (2019). Políticas curriculares y evaluativas en educación primaria y secundaria en Argentina, Chile y Colombia: estudio de caso comparado. *Education Policy Analysis Archives*, 25. <https://doi.org/10.14507/EPAA.25.3177>
- Domènech-Casal, J., & Ruiz-España, N. (2017). Mission to stars: un proyecto de investigación alrededor de la astronomía, las misiones espaciales y la investigación científica. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias - 2017*, 14 (1) - Pp. 98-114. <https://rodin.uca.es/handle/10498/18849>
- Donato Morales, J. C. (2020). *Formación del pensamiento crítico en contextos escolares. Caso Club de Astrociencias Colegio Cundinamarca*. <http://repository.pedagogica.edu.co/handle/20.500.12209/13128>

- dos Santos Batista, C. A., & de Quadro Peduzzi, L. O. (2022). Contextualizing Scientific Content Fundamental to the Teacher and Student Understanding of the Earth-Universe Relationship under the Epistemological Lens of Larry Laudan's Problem Solving. *Investigacoes Em Ensino de Ciencias*, 27(2), 23–56. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.IENCI2022V27N2P23>
- Duque Escobar, G. (2009). *La astronomía en Colombia: perfil histórico*. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/3254>
- Dwarkadas, V. V. (2021). Two Decades of Education and Public Outreach with Chicago Public Schools. *Proceedings of Science*, 395. <https://doi.org/10.22323/1.395.1367>
- Dwarkadas, V. V. (2022). Two Decades of Education and Public Outreach with Chicago Public Schools. *Proceedings of Science*, 395, 1367. <https://doi.org/10.22323/1.395.1367>
- Elizondo, V. (2024). *Factores que condicionan el logro de aprendizajes significativos: vínculo pedagógico*. <http://repositorio.cfe.edu.uy/handle/123456789/2578>
- Eriksson, U. (2019). Disciplinary discernment: Reading the sky in astronomy education. *Physical Review Physics Education Research*, 15(1). <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.15.010133>
- Espinoza Alvarado, K. G. (2023). *Estrategias de enseñanza -aprendizaje y su aporte en el área de ciencias naturales en el 4to. año de E.B. Escuela Isabel La Católica Babahoyo 2023*. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/15607>
- Estrada, L. (2019). Evaluación del desarrollo de competencias investigativas: Un estudio en la formación inicial de docentes. *Paradigma: Revista de Investigación Educativa*, 26(41), 69–92. <https://doi.org/10.5377/PARADIGMA.V26I41.7976>
- Ferreira, H. M., Lima, F. de P. M., & Signorelli, G. (2021). Diários de formação: potencialidades para a ampliação dos letramentos acadêmicos e pedagógicos. *Revista Ibero-Americana de Estudos Em Educação*, 926–939. <https://doi.org/10.21723/RIAEE.V16IESP.1.14929>
- Figueroa Céspedes, I., Pezoa Carrasco, E., Elías Godoy, M., Díaz Arce, T., Figueroa Céspedes, I., Pezoa Carrasco, E., Elías Godoy, M., & Díaz Arce, T. (2020). Habilidades de Pensamiento Científico: Una propuesta de abordaje interdisciplinar de base sociocrítica para la formación inicial docente. *Revista de Estudios y Experiencias En Educación*, 19(41), 257–273. <https://doi.org/10.21703/REXE.20201941FIGUEROA14>

- Funes, L. A. (2021). El conocimiento didáctico del contenido. Estudio de casos en el profesorado de Física. *Revista de La Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 8(1), 53–57. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/FCEFyN/article/view/31155>
- Funes, L. A., Echeverría, F., & García Nuñez, D. (2021). Analysis of astronomy teaching conceptions of prospective physics teachers through the analysis of reflective processes. *Revista De Enseñanza De La Física*, 33, 281–288. www.revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF
- Galperin, D. J., Alvarez, M., Heredia, L., Máximo, P., Gambino, M., Prieto, L., Dionofrio, J., Sáez, R., & Elsman, L. (2023). *Miradas al cielo: 20 años de enseñanza y difusión de la astronomía para todas las edades*. <https://doi.org/10.1/CSS/ALL.MIN.CSS>
- Gangui, A., Iglesias, M. C., & Quinteros, C. P. (2017a). *Indagación llevada a cabo con docentes de primaria en formación sobre temas básicos de Astronomía*. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/20256>
- Gangui, A., Iglesias, M., & Quinteros, C. P. (2017b). *Alfabetización científica: la astronomía en la escuela*. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/20844>
- 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>
- García Herrero, J. L. (2014). Conocimientos astronómicos del profesorado de Educación Secundaria Obligatoria y preferencias metodológicas para la enseñanza de astronomía. *Enseñanza & Teaching* : 32, 1, 2014, 161–198.
- García Santiago, A., & Martos Jumillas, J. (2016). *Computerization of a telescope at secondary education*. <http://ai2.appinventor.mit.edu>
- Gee, W. T., Guyon, O., Walawender, J., Jovanovic, N., & Boucher, L. (2016). Project PANOPTES: a citizen-scientist exoplanet transit survey using commercial digital cameras. *Astronomical Telescopes + Instrumentation*, 9908, 99085V. <https://doi.org/10.1117/12.2234461>
- Gil Mejía, C. R. (2024). *Diseño de una unidad didáctica de astrobiología para niños del ciclo I en los colegios del municipio de Ramiriquí (Boyacá-Colombia)*. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/86274?show=full>
- Giordano, E. (2021). Una progresión de aprendizaje sobre ideas básicas entre Física y Astronomía. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de Las Ciencias: Góndola, Ens Aprend Cienc*, ISSN-e

- 2346-4712, Vol. 16, Nº. 2, 2021 (*Ejemplar Dedicado a: Mayo-Agosto*), Págs. 272-293, 16(2), 272–293.
- <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8082674&info=resumen&idioma=SPA>
- Giraldo Acevedo, J. D., Jiménez Reyes, C. F., & Hurtado Nivia, D. R. (2024). *Evaluación del impacto del programa Centro de Interés en Astronomía en las pruebas Saber 11 en el año 2023*. <https://hdl.handle.net/20.500.14625/36984>
- Golombek, D. (2008). Aprender y enseñar ciencias: del laboratorio al aula y viceversa. *Revista Iberoamericana de Educación*, 1–88.
- Gómez, J. E. G., Hernandez, V. L., & Morales, M. A. (2015). ARQUITECTURA INTERACTIVA COMO SOPORTE AL APRENDIZAJE SITUADO EN LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA. *Revista Educación En Ingeniería*, 10(20), 88–97. <https://doi.org/10.26507/ISSN.1900-8260>
- Gonçalves, P. C. da S., & Compiani, M. (2023). A Educação em Astronomia e as diversas dimensões de escala: *Revista Latino-Americana de Educação Em Astronomia*, 35, 10–21. <https://doi.org/10.14244/RELEA/2023.35.10>
- González Díaz, D. (2015). *Estudio de calidad del cielo para observaciones astronómicas en Colombia*. Universidad Nacional de Colombia.
- González Redondo, F. A. (2014). En torno a la Historia de la Astronomía y su Enseñanza. *Actas Del VII Simposio Historia y Enseñanza de Las Ciencias y de Las Técnicas*. https://www.researchgate.net/publication/347937407_En_torno_a_la_Historia_de_la_Astronomia_y_su_Ensenanza
- Gonzatti, S. E. M., Maman, A. S. De, Borragini, E. F., Kerber, J. C., & Haetinger, W. (2013). ENSINO DE ASTRONOMIA: CENÁRIOS DA PRÁTICA DOCENTE NO ENSINO FUNDAMENTAL. *Revista Latino-Americana de Educação Em Astronomia*, 16, 27–43. <https://www.relea.ufscar.br/index.php/relea/article/view/181>
- Guaman Galindo, D. F. (2017). *Levantamiento con escáner laser terrestre: observatorio astronómico muisca de Monquirá-Villa de Leyva*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Hansen, J. A., Barnett, M., MaKinster, J. G., & Keating, T. (2004). The impact of three-dimensional computational modeling on student understanding of astronomical concepts: a

- quantitative analysis. *International Journal of Science Education*, 26(11), 1365–1378.
<https://doi.org/10.1080/09500690420001673757>
- Hernández Rojas, G. (2008). Los constructivismos y sus implicaciones para la educación. *Perfiles Educativos*, 30(122), 38–77.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-26982008000400003&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Hernández-Suárez, C. A., Avendaño-Castro, W. R., Rojas-Guevara, J. U., Hernández-Suárez, C. A., Avendaño-Castro, W. R., & Rojas-Guevara, J. U. (2021). Planeación curricular y ambiente de aula en ciencias naturales: de las políticas y los lineamientos a la aplicación institucional. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 11(2), 319–333.
<https://doi.org/10.19053/20278306.V11.N2.2021.12758>
- Hubbell, G. R., Williams, R. J., & Billard, L. M. (2015). *Remote Astronomy Education Projects*. 193–215. https://doi.org/10.1007/978-3-319-21906-6_12
- IAU. (2006). *Pluto and the Solar System | IAU*. <https://www.iau.org/public/themes/pluto/>
- Iwaniszewski, S. (2009). Por una astronomía cultural renovada. *Complutum, ISSN-e 1988-2327, ISSN 1131-6993, Vol. 20, N° 2, 2009, Págs. 23-37, 20(2), 23–37*.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3181028&info=resumen&idioma=ENG>
- Jiménez, F. J. R. (2024). Investigación y divulgación científica: su importancia para el avance de la Física. *Avances Investigación En Ingeniería*, 21(1 (Enero-Junio)).
<https://doi.org/10.18041/1794-4953/AVANCES.1.11531>
- Jimenez Fernandez, A. G., & Acevedo Moreno, B. C. (2023). *Astronomía “al infinito y mas allá.”* Fundación Universitaria Los Libertadores. Sede Bogotá. <http://hdl.handle.net/11371/5559>
- Jiménez Vega, D. M. (2024). *Estrategia didáctica para la enseñanza de las fases lunares a personas con discapacidad visual*. [Universidad Pedagógica Nacional].
<http://repositorio.pedagogica.edu.co/handle/20.500.12209/20075>
- Jiménez-Tolentino, D. (2012). Ciencia vs. Pseudociencia: Implicaciones educativas. *Revista de Educación de Puerto Rico (REduca)*, 27, 199–2011.
<https://revistas.upr.edu/index.php/educacion/article/view/13568>
- Junior, E. da C., Fernandes, B. da S., Lima, G. da S., Siqueira, A. de J., Paiva, J. N. M., e Santos, M. G., Tavares, J. P., de Souza, T. V., & Gomes, T. M. F. (2018). Dissemination and teaching

- of Astronomy and Physics through informal approaches. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 40(4). <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2018-0051>
- Karaman, A. (2023a). Teachers' Conceptions About Science and Pseudoscience: Distinguishing Astronomy from Astrology. *Science and Education*, 32(2), 499–528. <https://doi.org/10.1007/S11191-021-00312-0/METRICS>
- Karaman, A. (2023b). Teachers' Conceptions About Science and Pseudoscience: Distinguishing Astronomy from Astrology. *Science and Education*, 32(2), 499–528. <https://doi.org/10.1007/S11191-021-00312-0/METRICS>
- Kennedy, A. (2017). Beyond McUniversity: The university as it should be. *Beyond McDonaldization*, 47–56. <https://doi.org/10.4324/9781315270654-4>
- Kennedy, D. (2014). Neoteny, dialogic education and an emergent psychoculture: Notes on theory and practice. *Journal of Philosophy of Education*, 48(1), 100–117. <https://doi.org/10.1111/1467-9752.12054>
- Kersting, M., Bondell, J., Steier, R., & Myers, M. (2023). Virtual reality in astronomy education: reflecting on design principles through a dialogue between researchers and practitioners. *International Journal of Science Education, Part B*. <https://doi.org/10.1080/21548455.2023.2238871>
- Kersting, M., Steier, R., & Venville, G. (2020). Exploring participant engagement during an astrophysics virtual reality experience at a science festival. *International Journal of Science Education, Part B*, 11(1), 17–34. <https://doi.org/10.1080/21548455.2020.1857458>
- Khorolskyi, O. (2023). The Role of Virtual Platforms in Modern Astronomy Education: Analysis of Innovative Approaches. *Futurity Education*, 3(3), 249–265. <https://doi.org/10.57125/FED.2023.09.25.14>
- Ki Cho, S., Kim, S.-K., Jeong Kim -, J., Karlický, M., Chen, B., Gary, D. E., -, al, Vincke, K., Pfalzner -, S., Krittinatham, W., Kaewkhong, K., & Emarat, N. (2023). Python programming code for stellar photometry in astrophysics teaching on a cloud computing service. *Journal of Physics: Conference Series*, 2431(1), 012038. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2431/1/012038>
- Kiroğlu, K., Türk, C., & Erdoğan, İ. (2021). Which One Is More Effective in Teaching the Phases of the Moon and Eclipses: Hands-On or Computer Simulation? *Research in Science Education*, 51(3), 733–760. <https://doi.org/10.1007/S11165-018-9815-7>

- Kraus, S. F. (2023). The Method of Observation in Science Education: Characteristic Dimensions from an Educational Perspective. *Science and Education*. <https://doi.org/10.1007/S11191-023-00422-X>
- Laher, R. R. (2016). Thoth: Software for data visualization & statistics. *Astronomy and Computing*, *17*, 177–185. <https://doi.org/10.1016/J.ASCOM.2016.09.003>
- Langhi, R. (2009). Enseñanza de la Astronomía y la Formación Continua de Profesores: la Interdisciplinariedad Durante un Eclipse Total de Luna. *RELEA*, *7*, 15–30. <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2009RELEA...7...15L/abstract>
- Laso Salvador, S., Ruíz Pastrana, M., Peraita Villalba, L., Laso Salvador, S., Ruíz Pastrana, M., & Peraita Villalba, L. (2017). Propuesta de una asignatura de Astronomía en enseñanza secundaria. *Revista Atlante: Cuadernos de Educación y Desarrollo*.
- LCNEA. (2017). *Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental*. https://www.uptc.edu.co/sitio/portal/sitios/universidad/vic_aca/facultades/fac_educa/preg/lic_10462_t/
- Lee, J. (2016). Education of Constellations in Eastern and Western Cultural Art through a STEAM Program. *Search.Proquest.Com JM Lee, SS Lee International Information Institute (Tokyo). Information*, *2016*•*search.Proquest.Com*. <https://search.proquest.com/openview/d5ffc4bc0fdec3afd29eca46ea967d3f/1?pq-origsite=gscholar&cbl=936334>
- Leyton, E. C. (2024). Ética y tecnología: Reflexiones sobre un uso responsable y transformador en América Latina. *CUHSO (Temuco)*, *34*(1), 356–381. <https://doi.org/10.7770/CUHSO-V34N1-ART662>
- Lima, N. W., Alves-Brito, A., & Nascimento, M. M. (2022). Da Lei de Titius-Bode ao embate entre a Matéria Escura e a Dinâmica de Newton Modificada: uma trajetória epistemológica pela Astronomia. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, *44*, e20210382. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2021-0382>
- Linares-Hernández, G.-M. (2015). *Aproximación a la Didáctica de la Astronomía en Educación Primaria*. <http://crea.ujaen.es/jspui/handle/10953.1/1447>
- Lopez, A. M. (2022). *Cosmovisión y cosmología: fundamentos histórico-metodológicos para un uso articulado*. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/157205>

- Lopez, M. (2023). *Campamento astronómico Andrómeda como estrategia didáctica para fomentar la participación de las niñas en carreras STEM en la IED la Florida*. Universidad La Gran Colombia. <http://hdl.handle.net/11396/7977>
- López, N. D. L., & Bautista, M. (2019). Conocimientos de los docentes en formación sobre algunos fenómenos astronómicos. *Revista Científica*, 0, 189–198. <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/revcie/article/view/14490>
- Lozano García, C. J. (2018). Educación y modernidad en la sociedad civil colombiana. *Encuentros. Revista de Ciencias Humanas, Teoría Social y Pensamiento Crítico.*, 08, 27–50. <http://encuentros.unermb.web.ve/index.php/encuentros/article/view/27>
- Lugo López, N. D., & Bautista, M. (2019). Conocimientos de los docentes en formación sobre algunos fenómenos astronómicos. *Revista Científica, ISSN 0124-2253, ISSN-e 2344-8350, N°. Extra 1, 2019, Págs. 189-198, 1, 189–198*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7021324&info=resumen&idioma=ENG>
- Lugo, N. D., & Bautista, M. (2019). Conocimientos de los docentes en formación sobre algunos fenómenos astronómicos. *Revista Científica, ISSN 0124-2253, ISSN-e 2344-8350, N°. Extra 1, 2019, Págs. 189-198, 1, 189–198*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7021324&info=resumen&idioma=ENG>
- Maletta, H. (2024). *Hacer Ciencia. Teoría y Práctica de la Producción Científica*.
- Manosalva, A. P., Leidy, H., Ramírez, K., Yineth, L., Romero, V., Universidad, P., Nacional, P., De, F., Departamento, E., & Psicopedagogía, D. E. (2017). Proyecto pedagógico centrado en la observación como habilidad científica para la construcción de la temporalidad, desde la astronomía mediada por los saberes ancestrales Mhuysqas. *Reponame:Repositorio Institucional de La Universidad Pedagógica Nacional*. <http://repository.pedagogica.edu.co/handle/20.500.12209/9953>
- Manosalva Hurtado, A. P., Ramírez Ladino, L. K., Romero Piernagorda, Y. V., & Alape, C. L. (2017). Proyecto pedagógico centrado en la observación como habilidad científica para la construcción de la temporalidad, desde la astronomía mediada por los saberes ancestrales Mhuysqas. *Reponame:Repositorio Institucional de La Universidad Pedagógica Nacional*. <http://repository.pedagogica.edu.co/handle/20.500.12209/9953>
- Martínez Becerra, A., Bustos, E., & Reyes, D. (2018). 6B011 La arqueoastronomía multisensorial: una propuesta investigativa para la enseñanza de la astronomía en población con discapacidad

- visual. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED; 2018: VIII Congreso Internacional Sobre Formación de Profesores de Ciencias; 1-8.*
<http://repository.pedagogica.edu.co/handle/20.500.12209/16060>
- Martínez, R. I. P., & Gracia, E. A. C. (2023). Astronomía en el Aula: Los Nortes en el Mundo que Habitamos. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de Las Ciencias, 18*(Especial), 30–43.
<https://doi.org/10.14483/23464712.21327>
- Martínez Raba, D. F., & Moreno Católico, A. A. (2024). *PENSAMIENTO COMPUTACIONAL: UN ABORDAJE DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE DE LA ASTROFÍSICA ESTELAR.* Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
- Martínez-Borreguero, G., Cañada-Cañada, F., Naranjo-Correa, F. L., & Dávila Acedo, M. A. (2017). Las visiones del alumnado y los profesores en formación sobre las pseudociencias. *La Enseñanza de Las Ciencias En El Actual Contexto Educativo, 2017, ISBN 978-84-15524-34-2, Págs. 475-481*, 475–481. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7619755>
- Martínez-Torregrosa, J., Limiñana, R., Marcilla, M., & Barberá, R. C. (2018). In-depth Teaching as Oriented-Research about Seasons and the Sun/Earth Model: Effects on Content Knowledge Attained by Primary Teachers. *Journal of Baltic Science Education.*
- Martínez-Valdivia, E., Burgos-García, A., Pegalajar-Palomino, M. C., Martínez-Valdivia, E., Burgos-García, A., & Pegalajar-Palomino, M. C. (2022). La responsabilidad social desde el aprendizaje-servicio en la formación del docente. *Perfiles Educativos, 44*(177), 58–77.
<https://doi.org/10.22201/IISUE.24486167E.2022.177.60653>
- Mckinnon, D. H., & Danaia, L. (2008). *Remote telescopes in education: Report of an Australian study* (pp. 233–242). Cambridge University Press.
<https://researchoutput.csu.edu.au/en/publications/remote-telescopes-in-education-report-of-an-australian-study>
- Melo Herrera, M. P., & Hernández Barbosa, R. (2014). El juego y sus posibilidades en la enseñanza de las ciencias naturales. *Innovación Educativa (México, DF), 14*(66), 41–63.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-26732014000300004&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Men. (2020, September 29). *Estándares Básicos de Competencias en Lenguaje, Matemáticas, Ciencias y Ciudadanas / Ministerio de Educación Nacional.*

- <https://www.mineducacion.gov.co/portal/men/Publicaciones/Guias/116042:Estandares-Basicos-de-Competencias-en-Lenguaje-Matematicas-Ciencias-y-Ciudadanas>
- Merlo, D. C., De Biasi, M. S., Corti, M. A., Paolantonio, S., Camino, N. E., Bustos Fierro, I., Bravo, B., & Álvarez, M. P. (2023). Diagnóstico sobre la Enseñanza de la Astronomía en Argentina (segunda parte). *Boletín de La Asociación Argentina de Astronomía*, 64. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/164772>
- MinEducación Colombia. (2016). *Derechos Básicos de Aprendizaje*. <https://colombiaaprende.edu.co/recurso-coleccion/derechos-basicos-de-aprendizaje-en-todas-las-areas>
- 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-basicos-de-competencias-en-ciencias-naturales-y-ciencias-sociales-formar-en>
- Mosquera, P. A. V., & Cano, S. A. C. (2019). Diseño de una unidad didáctica para el desarrollo de competencias en ciencias naturales referidas al conocimiento de la astronomía mediante la vinculación de los procesos naturales, la física experimental para niños y las TICS. *Bio-Grafía*, 1650–1658. <https://revistas.upn.edu.co/index.php/bio-grafia/article/view/11148>
- Moya Torregrosa, I. (2019). *Evaluación de los conocimientos de cosmología en secundaria y de una propuesta para su enseñanza y aprendizaje* [Universidad de Valencia]. <https://roderic.uv.es/handle/10550/76195>
- Moyano León, L. F., Espinoza Alcívar, P. A., Paucar Zari, W. V., Santander Rosero, M. C., Lecaro Castro, J. E., & Tulcán Muñoz, J. M. (2023). La Didáctica de Ciencias Naturales y el Uso de la Inteligencia Artificial. Convergencia de la Integración de la IA en la Experiencia de Aprendizaje. *Ciencia Latina: Revista Multidisciplinar*, ISSN-e 2707-2215, ISSN 2707-2207, Vol. 7, N.º. 6, 2023, 7(6), 100. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9280216&info=resumen&idioma=ENG>
- Mukhamedrakhimova, G., Espacios, K. M., & 2017, undefined. (2017). Conditions of formation of a general physical world view in students for the improvement of their future profession. *Elibrary.Ru*. <https://elibrary.ru/item.asp?id=31069317>
- Muñoz Giraldo, J. F., Quintero Corzo, J., & Munévar Molina, R. A. (2002). Experiencias en investigación-acción-reflexión con educadores en proceso de formación. *Revista Electrónica*

- de *Investigación Educativa*, 4(1), 01–15.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1607-40412002000100004&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Nájera, A. B. U., & de la Calleja Mora, J. (2017). Brief review of educational applications using data mining and machine learning. *Revista Electronica de Investigacion Educativa*, 19(4), 84–96. <https://doi.org/10.24320/REDIE.2017.19.4.1305>
- NASE. (2024). *NASE - Network for Astronomy School Education*. <https://www.naseprogram.org/es/>
- Neagu, G. C., & Tercu, J. O. (2023). *Developing Investigative Skills in Astronomy: A Double Star Observation and Analysis Project for Students*. <https://doi.org/10.21203/RS.3.RS-3161293/V1>
- Okada, D., & Matsuura, T. (2018). Japanese Astronomy Curriculum in Schools and the Spatial Cognitive Ability of Elementary and Junior High School Students. In *Journal for Geometry and Graphics* (Vol. 22, Issue 1).
- Oktay, O., Avci, Z., & Sen, A. I. (2022). An online astronomy activity embedded with REACT strategy for preservice primary school teachers. *Physics Education*, 57(6). <https://doi.org/10.1088/1361-6552/AC832C>
- Oliveira, J. C. S. de, Castro, E. B. de, Mueller, E. R., & Mello, G. J. (2021). Astronomy practice in Elementary School. *Research, Society and Development*, 10(10), e275101018854–e275101018854. <https://doi.org/10.33448/RSD-V10I10.18854>
- Orellana, A. N. S., & Alipio, R. A. L. (2024). Desarrollo de la competencia investigativa en la educación: revisión sistemática de literatura: Development of research competence in education: systematic literature review. *Advances in Science and Innovation*, 3(1), 62–83. <https://doi.org/10.61210/ASI.V3I1.96>
- Oropeza, F. (2018). La Astronomía en los Grupos Estables. *AULA Y AMBIENTE REVISTA AMBIENTAL*, 11(21), 91–99.
http://historico.upel.edu.ve:81/revistas/index.php/aula_y_ambiente/article/view/7220
- Ortiz Cañon, E. L. (2013). La Incidencia de los Estilos de Aprendizaje en el Aprendizaje de las Matemáticas usando Recursos Educativos Abiertos (REA) en los Estudiantes de 4to. y 5to. de Primaria de la Escuela Rural Mercadillo, municipio de Pandi, Cundinamarca, Colombia.

Exploraciones, Intercambios y Relaciones Entre El Diseño y La Tecnología, 57–79.
<https://doi.org/10.16/CSS/JQUERY.DATATABLES.MIN.CSS>

Osorio, D. M. (2011). *Caracterización de la gestión educativa y curricular en Colombia: una búsqueda desde la política educativa y la normatividad Legal 1990-2006*.
<http://hdl.handle.net/10819/742>

Paiba Páez, W. H. (2017). *Percepciones de los estudiantes uniandinos sobre los procesos de enseñanza-aprendizaje en cursos de física 1 y 2*.
<https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/61921>

Pan, X., Yan, E., & Hua, W. (2016). Science communication and dissemination in different cultures: An analysis of the audience for TED videos in China and abroad. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 67(6), 1473–1486.
<https://doi.org/10.1002/ASI.23461>

Pedraza-Jiménez, Yamile. (2021). Trama didáctica para la articulación del conocimiento disciplinar, pedagógico y didáctico del profesor en formación. *Perspectivas Contemporáneas de Educación En Ciencias Naturales: Nuevas Formas de Pensar Su Enseñanza.*, 2021, ISBN 978-958-660-525-0, Págs. 177-203, 177–203.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8121377>

Pérez Vargas, J. J., & Nieto-Bravo, J. A. (2020). Reflexiones metodológicas de investigación educativa. Perspectivas sociales. *Reflexiones Metodológicas de Investigación Educativa. Perspectivas Sociales*. <https://doi.org/10.15332/LI.LIB.2020.00218>

Pérez-Díaz, H. M. (2023). Estilos de aprendizaje y los niveles de pensamiento. *Con-Ciencia Boletín Científico de La Escuela Preparatoria No. 3*, 10(19), 33–36.
<https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/prepa3/article/view/10441>

Pérez-Lisboa, S., Ríos-Binimelis, C. G., Castillo Allaria, J., Pérez-Lisboa, S., Ríos-Binimelis, C. G., & Castillo Allaria, 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>

Piedrahíta Ramírez, L. M., & Gómez Montoya, V. D. (2014). Sociedad, cultura y astronomía, dinamizadores de prácticas educativas para la paz: una mirada crítica. *Ra Ximhai: Revista Científica de Sociedad, Cultura y Desarrollo Sostenible*, ISSN-e 1665-0441, Vol. 10, Nº. 2,

- 2014, *Págs.* 195-215, *10(2)*, 195–215.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6273018&info=resumen&idioma=ENG>
- Pineda Caro, D. Y., Valderrama, D. A., & Torres Merchán, N. Y. (2023). Didactic Intervention for the Teaching of Stellar Astrometry in Field Educational Contexts. *Acta Scientiae*, 25(5), 1–29. <https://doi.org/10.17648/ACTA.SCIENTIAE.7347>
- Pinzón, J. E. D. (2016). Clubes de Astronomía: didáctica de enseñanza de la Ciencia y la Investigación. In *Fedumar Pedagogía y Educación* (Vol. 3, Issue 1, pp. 139–149). <https://revistas.umariana.edu.co/index.php/fedumar/article/view/1124>
- Plump, C. M., & LaRosa, J. (2017). Using Kahoot! in the Classroom to Create Engagement and Active Learning: A Game-Based Technology Solution for eLearning Novices. *Http://Dx.Doi.Org/10.1177/2379298116689783*, *2(2)*, 151–158. <https://doi.org/10.1177/2379298116689783>
- Pompea, S. M., & Carsten-Conner, L. D. (2015). Teaching Optics Concepts through an Approach that Emphasizes the “Colors of Nature.” *ETOP 2015 Proceedings (2015), Paper OUT01, OUT01*. <https://opg.optica.org/abstract.cfm?uri=ETOP-2015-OUT01>
- Pompea, S. M., & Russo, P. (2020a). Astronomers Engaging with the Education Ecosystem: A Best-Evidence Synthesis. *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, 58(Volume 58, 2020), 313–361. <https://doi.org/10.1146/ANNUREV-ASTRO-032620-021943/CITE/REFWORKS>
- Pompea, S. M., & Russo, P. (2020b). Astronomers Engaging with the Education Ecosystem: A Best-Evidence Synthesis. *Https://Doi.Org/10.1146/Annurev-Astro-032620-021943*, 58, 313–361. <https://doi.org/10.1146/ANNUREV-ASTRO-032620-021943>
- Portocarrero-Gutierrez, C. A. (2023). Fundamentos epistemológicos de la complejidad en el diseño curricular en la formación inicial docente. *Investigación Valdizana*, 17(4), 209–217. <https://doi.org/10.33554/RIV.17.4.1934>
- Pradilla Rueda, H., & Villate Santander, G. (2010a). *Farfacá indígena*. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. <http://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/4346>
- Pradilla Rueda, Helena., & Villate Santander, G. . (2010b). *Catálogo de pictografías, moyas y rocas del Farfacá de Tunja y Motavita, Boyacá (Colombia)*. 147. <http://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/3909>

- Price, C. A., & Lee, H. S. (2013). Changes in participants' scientific attitudes and epistemological beliefs during an astronomical citizen science project. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(7), 773–801. <https://doi.org/10.1002/TEA.21090>
- 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>
- Quinteros, C. P., & Galperin, D. J. (2021). *Dificultades en la enseñanza de la astronomía. Análisis y reflexiones*. <https://doi.org/10.1/CSS/ALL.MIN.CSS>
- Rabanales Loyola, F., Vanegas Ortega, C., Rabanales Loyola, F., & Vanegas Ortega, C. (2021). Concepciones alternativas sobre astronomía en estudiantes de educación básica y media de la Región Metropolitana de Chile. *Estudios Pedagógicos (Valdivia)*, 47(2), 247–268. <https://doi.org/10.4067/S0718-07052021000200247>
- Ramirez, J. E. G. (2023). Análisis del Discurso de Docentes en Ejercicio Respecto a la Astronomía y su Enseñanza. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de Las Ciencias*, 18(Especial), 79–91. <https://doi.org/10.14483/23464712.21334>
- Restrepo Gómez, B. (2004). La investigación-acción educativa y la construcción de saber pedagógico. *Educación y Educadores*, ISSN-e 0123-1294, N°. 7, 2004, Págs. 45-56, 7, 45–56. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2041013&info=resumen&idioma=SPA>
- Reyes-Cárdenas, F., & Padilla, K. (2012). La indagación y la enseñanza de las ciencias. *Educación Química*, 23(4), 415–421. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(17\)30129-5](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(17)30129-5)
- Rodrigues, F. A., & Ferreira, M. E. R. (2022). THE INITIATION TO THE PROFESSIONAL PRACTICE OF THE FUTURE TEACHER Articulation space between theory and reflective-investigative observation | LA INICIACIÓN A LA PRÁCTICA PROFESIONAL DEL FUTURO DOCENTE Espacio de articulación entre la teoría y la observac. *Human Review. International Humanities Review / Revista Internacional de Humanidades*, 11. <https://doi.org/10.37467/revhuman.v11.3901>
- Rodrigues, L., Montenegro, M., & Meneses, A. (2023). Mapping the astronomy content knowledge of Chilean in-service teachers. *International Journal of Science Education*, 1–19. <https://doi.org/10.1080/09500693.2022.2164704>

- Rodríguez Henao, J. A., & Díaz Álvarez, L. F. (2016). *Herramienta didáctica para la enseñanza de los principios básicos de astronomía a niños mediante realidad aumentada*. <https://doi.org/10.57799/11227/8442>
- Rollinde, E. (2019). Learning Science Through Enacted Astronomy. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 17(2), 237–252. <https://doi.org/10.1007/s10763-017-9865-8>
- Romero, Y. C., Nápoles, R. R. G., & Pérez, E. G. (2017). Un acercamiento a los referentes teóricos de la formación inicial del docente en el contexto de la unidad docente. *Revista Boletín Redipe*, 6(10), 89–96. <https://revista.redipe.org/index.php/1/article/view/390>
- Ros, R. M., & Pasachoff, J. M. (2006). Special Session 2 Innovation in teaching and learning astronomy. *Proceedings of the International Astronomical Union*, 2(14), 541–576. <https://doi.org/10.1017/S1743921307011751>
- Salimpour, S., & Fitzgerald, M. T. (2021). The Cosmic Interaction: A review of the Literature on Cosmology, Religion, and the Big Questions in the Context of Astronomy Education Research. *Science and Education*, 31(3), 819–849. <https://doi.org/10.1007/S11191-021-00250-X>
- Salimpour, S., & Fitzgerald, M. T. (2022a). Astronomy and Culture: A Social Semiotic Perspective on the Role of Culture in Astronomy Education. *Science and Education*. <https://doi.org/10.1007/S11191-022-00389-1>
- Salimpour, S., & Fitzgerald, M. T. (2022b). The Cosmic Interaction: A review of the Literature on Cosmology, Religion, and the Big Questions in the Context of Astronomy Education Research. *Science and Education*, 31(3), 819–849. <https://doi.org/10.1007/S11191-021-00250-X>
- Salimpour, S., Fitzgerald, M. T., Tytler, R., & Eriksson, U. (2021). Educational Design Framework for a Web-Based Interface to Visualise Authentic Cosmological “Big Data” in High School. *Journal of Science Education and Technology*, 30(5), 732–750. <https://doi.org/10.1007/S10956-021-09915-2>
- Sanabria García, D. P. (2023). *Análisis de la conexión entre la astronomía y el plan de estudios en educación básica y media en el marco de la Oficina de Astronomía para la Educación en Colombia (OAE)*. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/85535>

- Sánchez Ponce, C. (2013). Estructuras de la formación inicial docente: Propuesta de un sistema clasificatorio para su análisis. *Perfiles Educativos*, 35(142), 128–148. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-26982013000400009&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Sepulcre, A. L. (2014). Vida en el Universo ¿Regla o excepción? *EU-Topías. Revista de Interculturalidad, Comunicación y Estudios Europeos*, 53–61. <https://doi.org/10.7203/EUTOPIAS.0.18774>
- Servidio, R., Lorenzi, M. G., & Francaviglia, M. (2014). Using a sociocultural approach in teaching astronomy concepts with children of primary school. *Springer Proceedings in Physics*, 145, 417–424. https://doi.org/10.1007/978-3-319-00297-2_41/COVER
- Sharma, N., Mahajan, A., & Gupta, N. (2015). Educational Space Settlement: Mantavya. *Astropolitics*, 13(1), 88–99. <https://doi.org/10.1080/14777622.2015.1018399>
- Shulman, L. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1–23. <https://doi.org/10.17763/HAER.57.1.J463W79R56455411>
- Sibbersen, K. (2022). Electronic telescopes and their use in astronomy education. *The Physics Teacher*, 60(5), 394–395. <https://doi.org/10.1119/10.0010401>
- Siemens, G., & Fonseca, D. (2007). *CONNECTIVISMO: UNA TEORÍA DE APRENDIZAJE PARA LA ERA DIGITAL*.
- Slovinski, L., Alves-Brito, A., & Massoni, N. T. (2021). A Astronomia em currículos da formação inicial de professores de Física: uma análise diagnóstica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 43, e20210173. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2021-0173>
- Solbes, J., & Palomar, R. (2013a). Dificultades en el aprendizaje de la astronomía en secundaria. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 35(1), 01–12. <https://doi.org/10.1590/S1806-11172013000100016>
- Solbes, J., & Palomar, R. (2013b). ¿Por qué resulta tan difícil la comprensión de la astronomía a los estudiantes? *Didáctica de Las Ciencias Experimentales y Sociales*. <https://doi.org/10.7203/DCES..2370>
- Soriano López, C. A. (2020). *Cuantificación de la habitabilidad de la luna encélado a partir de análogos metabólicos e hidrotermales terrestres*. <http://riaa.uaem.mx/xmlui/handle/20.500.12055/3582>

- Stengler, A. E. (2021). Science Centers and Planetariums—Bringing the Universe Within Public Reach. *Space Science and Public Engagement: 21st Century Perspectives and Opportunities*, 29–48. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817390-9.00011-7>
- Suhail, L., & Arango, O. (2015). *El cielo en las ciencias: enseñanza de la astronomía en la escuela. Grado décimo*. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/55194>
- Sunkel, Guillermo., & Trucco, Daniela. (2010). *Nuevas tecnologías de la información y la comunicación para la educación en America Latina: riesgos y oportunidades*. CEPAL. <https://hdl.handle.net/11362/6174>
- Susman, K., & Pavlin, J. (2020). Improvements in teachers' knowledge and understanding of basic astronomy concepts through didactic games. *Journal of Baltic Science Education*, 19(6), 1020–1033. <https://doi.org/10.33225/jbse/20.19.1020>
- Tabares Gallego, S. J. (2022). *La Astronomía como estrategia para una enseñanza interdisciplinar. Análisis de una propuesta didáctica para la cualificación de profesores en contexto no formal*. <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/30265>
- Tarquino Cabra, E. M. (2017). *Desarrollo de procesos de investigación en la escuela a partir de la astronomía*. <http://hdl.handle.net/11349/5262>
- Tarrillo Flores, M. Y. (2022). Estrategias pedagógicas para el desarrollo de competencias investigativas en los docentes: Revisión sistemática. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/85388>
- Taufiq, M., Wijayanti, A., & Yanitama, A. (2020a). Implementation of blended project-based learning model on astronomy learning to increase critical thinking skills. *Journal of Physics: Conference Series*, 1567(4), 042049. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1567/4/042049>
- Taufiq, M., Wijayanti, A., & Yanitama, A. (2020b). Implementation of blended project-based learning model on astronomy learning to increase critical thinking skills. *Journal of Physics: Conference Series*, 1567(4), 042049. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1567/4/042049>
- Ten, A. E., & Monrós, M. A. (2006). Historia y enseñanza de la Astronomía. Los primitivos instrumentos y su utilización pedagógica. *Enseñanza de Las Ciencias. Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 2(1), 49–56. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.5310>

- Torres Martínez, G. I., & Guerrero Romero, J. E. (2018). El currículo de ciencias naturales en Colombia durante la segunda mitad del siglo XX: permanencias, transformaciones y rupturas. *Actualidades Pedagógicas*, 1(71), 63–87. <https://doi.org/https://doi.org/10.19052/ap.3885>
- Triana, Y. R. G. (2024). Formación de docentes en astronomía para mejorar el pensamiento científico y crítico en los estudiantes. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 55, 940–944. <https://revistas.upn.edu.co/index.php/TED/article/view/21028>
- Trouille, L., Nelson, T., Feldt, J., Keller, J., Buie, M., Cardamone, C., Kung, B. C., Masters, K., Meredith, K., & Borden, K. (2019). Citizen Science in Astronomy Education. *Astronomy Education, Volume 1*, 8-1-8–24. <https://doi.org/10.1088/2514-3433/AB2B42CH8>
- Tüysüz, M., & Tüzün, Ü. N. (2020). Astronomi-Kimya Düşünce Deneyleri Temelli Argümantasyonun Özel Yetenekli Öğrencilerin Eleştirel Düşünme Becerileri Üzerine Etkisi. *Erzincan Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 22(3), 818–836. <https://doi.org/10.17556/ERZIEFD.668687>
- Ulyanov, A., Morris, O., Hanlon, L., McBreen, S., Foley, S., Roberts, O. J., Tobin, I., Murphy, D., Wade, C., Nelms, N., Shortt, B., Slavicek, T., Granja, C., & Solar, M. (2016). Performance of a monolithic LaBr₃:Ce crystal coupled to an array of silicon photomultipliers. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 810, 107–119. <https://doi.org/10.1016/J.NIMA.2015.11.148>
- UNL Astronomy Education. (2024). *UNL Astronomy Education*. <https://astro.unl.edu/>
- Urrutia, J. D., Mercado, J., Bautista, L. A., -, al, Marie Romallosa Dean, K., Panlaqui, A., Mae Betos, C., Guido, R. M., & Orleans, A. (2021). Exploring the links between Physics and Astronomy education teaching and learning in the Philippines. *Journal of Physics: Conference Series*, 2145(1), 012073. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2145/1/012073>
- Valderrama, D. A. (2019). La astrobiología un enfoque interdisciplinar para la enseñanza de las Ciencias Naturales en el Colegio Andino de Tunja. *Vida Sin Fronteras*.
- Valderrama, D. A. (2023a). 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>

- Valderrama, D. A. (2023b). 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>
- Valderrama, D. A., Benavides, E. Y. P., Velasco, M. D. G., & Torres, E. S. (2023). Escenarios de educación no formal en Colombia; potencialidades para la enseñanza de la física. *Revista de Enseñanza de La Física*, 35(2), 75–91. <https://doi.org/10.55767/2451.6007.V35.N2.43694>
- Valderrama, D. A., Flórez, D. S. N., Merchán, N. Y. T., & Villamizar, N. V. (2021a). 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., Flórez, D. S. N., Merchán, N. Y. T., & Villamizar, N. V. (2021b). 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., & González Pardo, L. M. (2024). Transmutando la Inercia Pedagógica: Aprendizaje Activo en la Enseñanza de la física Transmuting Pedagogical Inertia: Active Learning in Physics Teaching. *Opuntia Brava*, 16. <https://orcid.org/0000-0002-3360-3890>
- Valderrama, D. A., Guzmán Rodríguez, J. C., Umbarila Benavides, J. D., Camino, N. E., & González Pardo, L. M. (2024). *Conocimientos sobre astronomía en estudiantes de educación secundaria en Colombia: una evaluación desde la fundación AstrodidaxiS*. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/243904>
- Valderrama, D. A., & Navarrete Florez, D. S. (2020). *Apropiación conceptual de la astronomía en el contexto de la educación primaria*. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia .
- Valderrama, D. A., Umbarila Benavides, J. D., Rojas Herrera, M. F., Torres Merchán, N. Y., Valderrama, D. A., Umbarila Benavides, J. D., Rojas Herrera, M. F., & Torres Merchán, N. Y. (2023). Astrobiology in Secondary Education: A Diagnosis of Prior Knowledge. *RMxAC*, 55, 136–136. <https://doi.org/10.22201/IA.14052059P.2023.55.72>
- Valderrama, D. A., Yizeth, E., Benavides, P., Damian, M., Velasco, G., & Torres, E. S. (2023a). Escenarios de educación no formal en Colombia; potencialidades para la enseñanza de la física. *Revista de Enseñanza de La Física*, 35(2), 75–91. <https://doi.org/10.55767/2451.6007.V35.N2.43694>

- Valderrama, D. A., Yizeth, E., Benavides, P., Damian, M., Velasco, G., & Torres, E. S. (2023b). Escenarios de educación no formal en Colombia; potencialidades para la enseñanza de la física. *Revista de Enseñanza de La Física*, 35(2), 75–91. <https://doi.org/10.55767/2451.6007.V35.N2.43694>
- Vallejo V, A. (2022). *Creación e Implementación Didáctica de Simulaciones Interactivas para la Enseñanza de Fenómenos Astrofísicos*. Universidad de Antioquia.
- Valverde, G., & Näslund-Hadley, E. (2011). *La condición de la educación en matemáticas y ciencias naturales en América Latina y el Caribe*. <https://doi.org/10.18235/0009668>
- Varanda Marques, J. B., & de Freitas, D. (2016). Mapping the future of non-formal education and the scientific dissemination of astronomy in Brazil: A Delphi study. *Policy Futures in Education*, 14(8), 1153–1181. <https://doi.org/10.1177/1478210316674158>
- Vargas, W. E. V., Niño, E. N., & Romero, J. H. B. (2011). Comprobación topográfica y astronómica del posible observatorio solar muisca de Saquenzipa en Villa de Leyva, Boyacá, Colombia. *Revista de Topografía AZIMUT*, 3, 65–75. <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/azimut/article/view/4061/6013>
- Vásquez Blanco, A. C. (2018). Diseño e implementación de un módulo para la enseñanza de las fases evolutivas del Sol. *Reponame:Repositorio Institucional de La Universidad Pedagógica Nacional*. <http://repository.pedagogica.edu.co/handle/20.500.12209/9485>
- Velásquez Ruiz, M. M. (2017). *Las niñas, los niños, la escuela y el cosmos. Configurando un laboratorio de astronomía con las niñas y los niños en la escuela rural La Cruz del Porvenir*. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/59152>
- Vielma, E. V., & Salas, M. L. (2000). Aportes de las teorías de Vygotsky, Piaget, Bandura y Bruner. Paralelismo en sus posiciones en relación con el desarrollo. *Educere*, 3(9), 30–37. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=35630907>
- Vílchez González, J. M., & Ramos Tamajón, C. M. (2015). *La enseñanza-aprendizaje de fenómenos astronómicos cotidianos en la Educación Primaria española*. <https://digibug.ugr.es/handle/10481/37419>
- Viviescas, A. X. G., & Sacristán, Y. A. M. (2020). La experimentación en las ciencias naturales y su importancia en la formación de los estudiantes de básica primaria. *Bio-Grafía*, 13(24). <https://doi.org/10.17227/bio-grafia.vol.12.num24-10361>

- Vizcaíno Arévalo, D. F. (2023). Propuesta de Enseñanza de la Didáctica de la Astronomía a partir de una perspectiva dimensional, en torno a lo disciplinar, sociocultural e interaccional. *Latinoamericana de Estudios Educativos*, 18(2), 121–146. <https://doi.org/10.17151/RLEE.2023.18.2.6>
- Woolmer, C., Sneddon, P., Curry, G., Hill, B., Fehertavi, S., Longbone, C., & Wallace, K. (2016). Student staff partnership to create an interdisciplinary science skills course in a research intensive university. *International Journal for Academic Development*, 21(1), 16–27. <https://doi.org/10.1080/1360144X.2015.1113969>
- Yang, A., Ng, S. C. C., Leong, Q., Tan, M. H., Agarwal, P., Ong, Z., Ang, H. W., & Chan, A. H. (2019). Practical Astronomy Education at the National University of Singapore (NUS). *The Physics Educator*, 1(1). <https://doi.org/10.1142/S2661339519500045>
- Yang, T.-H., Sun, H., Chen, C.-C., Huang, C.-C., & Yang, Y.-R. (2020). Virtual Reality Applied to Astronomy Education in Primary and Middle School. In *Lecture Notes in Electrical Engineering: Vol. 551 LNEE*. https://doi.org/10.1007/978-981-15-3250-4_27
- Yuzbasioglu, H. B., Helvacı, S. C., Cevik, E. E., & Kurnaz, M. A. (2020). Examination of the Conversations in a WhatsApp Group Created for Communication in a Bachelor's Level Astronomy Course. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 8(1), 168–176. <https://doi.org/10.46328/IJEMST.V8I2.674>
- Zanella, A., Harrison, C. M., Lenzi, S., Cooke, J., Damsma, P., & Fleming, S. W. (2022). Sonification and sound design for astronomy research, education and public engagement. *Nature Astronomy*, 6(11), 1241–1248. <https://doi.org/10.1038/S41550-022-01721-Z>
- Zhmud, L. (2023). Exact sciences and education in antiquity. *ΣΧΟΛΗ. Ancient Philosophy and the Classical Tradition*, 17(1), 226–243. <https://doi.org/10.25205/1995-4328-2023-17-1-226-243>
- Zotti, G., & Wolf, A. (2022). Stellarium: Finally at Version 1.0! And beyond. *Journal of Skyscape Archaeology*, 8(2), 332–334. <https://doi.org/10.1558/JSA.25608>