

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
VICERRECTORÍA DE UNIVERSIDAD ABIERTA Y A DISTANCIA-VUAD
FACULTAD DE EDUCACIÓN
DOCTORADO EN EDUCACIÓN

DIDÁCTICA DE LA ASTRONOMÍA PARA LA ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA
ESCOLAR Y DESARROLLO DE PENSAMIENTO CRÍTICO EN ESTUDIANTES DE
SECUNDARIA

Bogotá, D.C., mayo de 2025

**DIDÁCTICA DE LA ASTRONOMÍA PARA LA ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA
ESCOLAR Y DESARROLLO DE PENSAMIENTO CRÍTICO EN ESTUDIANTES
DE SECUNDARIA**

Autor

Yaneth Rosalba González Triana

Director

Rosa Nidia Tuay Sigua

Trabajo de grado para optar al título de Doctor en Educación

Bogotá, D.C., mayo de 2025

Agradecimientos

La autora de esta disertación expresa su profundo agradecimiento, en primer lugar, a la providencia divina, que le concedió la entereza y la lucidez necesarias para culminar este significativo proyecto académico y profesional, posibilitando así una contribución significativa a la educación científica del país.

Se extiende un reconocimiento especial a sus hijos, Luisa y Santiago Cuadros González, quienes, son fuente de inspiración y motivo constante para perseverar.

Asimismo, se destaca el apoyo incondicional de Jackson Beltrán Rodríguez, quien, como compañero de vida, brindó fortaleza emocional y alentó en los momentos de mayor adversidad durante este desafiante proceso académico y quien como profesional acompañó y asesoró durante las etapas más arduas de este exigente proceso de formación doctoral.

La Secretaría de Educación de Bogotá recibe una mención particular por su respaldo financiero y por la labor que desempeña la autora de este estudio en ella, siendo fruto de la estabilidad profesional, la cual no solo sustenta a su familia, sino que le brinda también la oportunidad de fomentar el aprendizaje de las ciencias naturales en el ámbito escolar. Su contribución ha sido determinante para el desarrollo de esta investigación.

Se hace extensivo el agradecimiento a los directivos de las cuatro instituciones educativas adscritas a la Secretaría de Educación de Bogotá, quienes generosamente otorgaron su autorización para la ejecución de la investigación con la participación de los alumnos.

El Planetario de Bogotá merece una distinción por su programa de capacitación en el programa “Planetario para profes”, del cual la autora hace parte, y que ha resultado

esencial para la evaluación reflexiva de sus prácticas pedagógicas, impulsando la formulación de interrogantes y el desarrollo de propuestas de mejora; asimismo, se agradece la disposición del espacio para la colaboración con los colegas docentes involucrados en el estudio.

Un reconocimiento significativo se dirige a los siete expertos, docentes-investigadores y divulgadores en astronomía, que participaron activamente en la investigación, aportando su valioso conocimiento para la fundamentación teórica y metodológica de la propuesta didáctica.

Los estudiantes, principio fundamental de la labor docente de la autora, reciben un agradecimiento especial por compartir sus experiencias en el aprendizaje de la astronomía en sus respectivos colegios, enriqueciendo así la investigación con sus perspectivas.

Finalmente, la autora de este estudio, expresa una gratitud infinita a la Universidad Santo Tomás de Aquino de Bogotá, a su cuerpo docente y compañeros de cohorte que contribuyeron significativamente en el proceso formativo de la autora, y de manera particular a la Doctora Rosa Nidia Tuay Sigua por su dedicada dirección a lo largo del desarrollo de esta investigación; igualmente, se reconoce la orientación brindada en su momento por el Doctor Jean Paul Picco, así como las valiosas contribuciones de los jurados institucionales, nacionales e internacionales, quienes con su experticia en la enseñanza de las ciencias naturales enriquecieron sustancialmente esta disertación.

Dedicatoria

A los docentes, verdaderos pilares del sistema educativo, quienes con valentía y compromiso inquebrantable trabajan incansablemente por la formación de las generaciones futuras. Ellos enfrentan con determinación los desafíos impuestos por las adversidades sociales, económicas y ambientales que caracterizan nuestro tiempo.

Se rinde homenaje a quienes, a pesar de los escasos recursos y del limitado respaldo institucional, continúan desempeñando su labor con una pasión que inspira y transforma. Su esfuerzo por superar las brechas entre las políticas educativas y las realidades del aula refleja un profundo compromiso con la educación y el progreso de la sociedad.

Cada lección impartida, cada palabra de aliento y cada iniciativa para motivar el pensamiento crítico en los estudiantes constituyen una huella imborrable en el desarrollo de la humanidad. A estos maestros, que iluminan el camino del aprendizaje incluso en medio de la adversidad, dedico con orgullo esta investigación.

Resumen

En las últimas décadas, el colectivo humano ha llevado a cabo enormes transformaciones tecnológicas, y producto de ello, se enfrenta a grandes desafíos globales. El cambio, cada vez más acelerado, proviene mayormente de la expansión del conocimiento científico; así pues, para dar solución a las problemáticas que los cambios abruptos conllevan, el dominio de la ciencia es esencial. En ese contexto, la escuela se convierte en el nicho natural para el desarrollo de tal aprendizaje, ya que allí se cimentan las bases del futuro: los artífices de las decisiones trascendentales para la humanidad que aún están por venir serán los ciudadanos cuya *alfabetización científica* los eleve a la altura del desafío.

Esta investigación se llevó a cabo tomando como punto de partida el interés que exhiben los estudiantes en temas de astronomía; su enseñanza los cautiva para estudiar y profundizar las ciencias en la escuela. Sin embargo, pese a ese interés, también existe desmotivación al estudiar ciencias. De esa aparente disparidad nace la oportunidad de proponer una didáctica para la enseñanza de la Astronomía que cautive y, que, al mismo tiempo, aporte al mejoramiento de las habilidades científicas y críticas. El objetivo último de ello es que, como ciudadanos del futuro, aporten al desarrollo de una sociedad sostenible para la humanidad.

Por lo anterior, el presente estudio se abordó desde el enfoque cualitativo, y a través del paradigma interpretativo. Dado que el objetivo de esta disertación doctoral es aportar elementos nuevos en el campo de la alfabetización científica escolar, la investigación buscó establecer el estado del arte de las didácticas de la astronomía con sus actores a nivel local, nacional e internacional para, posteriormente, formular una propuesta didáctica que

desarrolle pensamiento científico y crítico. Se pretende, además de generar elementos didácticos claves para la enseñanza y aprendizaje de la astronomía, analizar los alcances y limitaciones de la propuesta didáctica tanto en los procesos de alfabetización científica escolar como en el desarrollo de habilidades de pensamiento científico y crítico de los estudiantes. Ello redundará en una mejor calidad de la educación en Ciencias Naturales.

Palabras clave: Didáctica de la Astronomía, alfabetización científica escolar, pensamiento científico, pensamiento crítico, estudiantes de secundaria.

Introducción

En los últimos años, la supervivencia misma de la humanidad parece estar en peligro: se ha visto expuesta a cambios vertiginosos que la afectan desde dentro, y viene afrontando amenazas como el cambio climático, las pandemias, y los conflictos entre países. Sin embargo, es en esa clase de adversidades que la ciencia ha servido al hombre para ayudarlo a comprender su situación y encontrar posibles soluciones. Así, por ejemplo, durante la pandemia ocasionada por el virus SARS-CoV-2 (Helmy et al., 2020), los países con mayor avance en ciencia y tecnología trabajaron arduamente para fabricar una vacuna que ayudara a disminuir la mortalidad y, en tiempo récord, varios laboratorios crearon, probaron y aplicaron, a nivel mundial, una nueva vacuna.

Desde esa perspectiva, la enseñanza de las ciencias se convierte en una necesidad inapelable. Aprender cómo funciona la ciencia significa comprender objetivamente el propio contexto y así proponer respuestas a los problemas. Por ello, siguiendo las recomendaciones de la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos) (García-Carmona, 2023), en la mayoría de los países se propende por el mejoramiento de los niveles de alfabetización científica de los ciudadanos en general, con el objetivo de que el conocimiento en ciencia y tecnología sea más común en la sociedad y no exclusivo de los profesionales en ciencias.

En consecuencia, surge la necesidad de transformar la educación, de modo que responda a los nuevos retos sociales y facilite a los ciudadanos las herramientas y el conocimiento necesarios para tomar decisiones en sus comunidades. En dichos cambios, son los docentes quienes deben generar ambientes de aprendizaje poniendo en primer plano la reflexión y la solución de problemas en su contexto y, de esta manera, contribuir en la

formación de estudiantes críticos, participativos y propositivos en torno a dichas problemáticas.

Con esta visión del aprendizaje científico, la presente investigación propone el abordaje de la enseñanza de la Astronomía en la escuela como uno de sus ejes más relevantes. Basta considerar que los avances de esta ciencia están dando respuesta a inquietudes tan básicas como el origen del universo, la formación del sistema solar, el conocimiento del funcionamiento de nuestro planeta para cuidarlo y la búsqueda de otros lugares donde sea posible la vida. Como resulta evidente, los temas abordados por la Astronomía son de interés para la gran mayoría de las personas, lo cual convierte a este campo del saber científico en un elemento atractivo para llevarlo al ámbito escolar.

Se debe considerar que, siendo la Astronomía una ciencia interdisciplinar, es susceptible de abordarse en la escuela desde ciencias afines como la Física, la Química, la Biología y la Geología. Esto implica que, además de generar curiosidad por parte de los alumnos, puede facilitar la alfabetización científica y contribuir con el desarrollo del pensamiento crítico de los estudiantes de secundaria, y producir aprendizajes significativos en contexto.

Así mismo, cabe mencionar que durante el curso de la investigación se evidenció que existe un interés creciente por parte de algunos docentes de diferentes áreas por la enseñanza y aprendizaje de la Astronomía y que ellos realizan capacitación y formación disciplinar por cuenta propia (Erasmus+ Key Action 2 Programme, 2020), con el fin de llevar al aula este conocimiento y compartirlo con los estudiantes.

Así pues, se hace necesario investigar en las didácticas propias de la astronomía a fin de brindar a los docentes herramientas que permitan mejorar las prácticas de aula y, de

esta manera, aportar para la enseñanza de una ciencia más dinámica, que trabaje aspectos socio-científicos y que responda a los retos actuales de la sociedad.

Con base en lo anterior, el lector del presente documento encontrará en el primer apartado la contextualización el problema de investigación, el cual parte de algunas dificultades presentes en la enseñanza de ciencias como la Astronomía y resalta el potencial que ella tiene para motivar a los estudiantes a investigar y explicar fenómenos de su cotidianidad. Allí mismo se elabora la pregunta de investigación, se enumeran los objetivos y se justifica la pertinencia del presente trabajo.

En el segundo apartado se muestra el estado del arte haciendo una revisión nacional e internacional sobre lo que se ha trabajado en didáctica de la astronomía y alfabetización científica escolar. En el tercer apartado se presenta el marco teórico, el cual expone los fundamentos de los principales temas investigados, incluyendo la Didáctica de las Ciencias y la Astronomía, las tendencias de las estrategias didácticas y las teorías pedagógicas que también apoyan el marco categorial.

En el cuarto apartado se expresa la propuesta metodológica, adscrita al paradigma cualitativo con enfoque interpretativo; este abordaje permitió establecer un diálogo con los actores del proceso didáctico: docentes, estudiantes, divulgadores científicos en Astronomía e investigadores especialistas en la didáctica de la Astronomía. Ese diálogo cimentó el desarrollo de la propuesta de fundamentación didáctica de la astronomía dirigida a estudiantes de secundaria. Allí también se muestran los instrumentos empleados en la investigación.

En el quinto apartado se abordan los resultados de la investigación, así como el análisis por objetivos e instrumentos. A partir de los resultados, y fortalecida por la

retroalimentación de expertos, se estructuró la fundamentación de la propuesta didáctica para la enseñanza de la astronomía en estudiantes de secundaria, cuyo objetivo es contribuir con la alfabetización científica escolar y el pensamiento crítico.

Finalmente, en el capítulo seis y siete se enuncian las conclusiones y recomendaciones de la investigación, ordenadas siguiendo los temas clave del estudio, a saber: los elementos propios de la didáctica de la astronomía, los puntos esenciales para su enseñanza en los estudiantes de secundaria, sus potencialidades en la alfabetización científica escolar, el desarrollo del pensamiento crítico y sus contextos de aplicación en el aula.

Contenido

1	Capítulo. Problema de investigación	21
1.1	Contexto del problema de investigación	22
1.1.1	Planteamiento del problema	23
1.1.2	Pregunta de investigación.....	31
1.1.3	Objetivos.....	31
1.1.4	Justificación del problema	32
2	Capítulo. Marco referencial.....	40
2.1.	Estado del arte	40
2.1.1.	Nacional.....	41
2.1.2.	Internacional	50
3	Capítulo. Marco teórico	60
3.1.	Referentes teóricos	60
3.1.1.	Naturaleza de la ciencia y la Astronomía	60
3.1.2.	Didáctica de las Ciencias Naturales.....	66
3.1.3.	Enseñanza de la Astronomía.....	69
3.1.4.	Estrategias didácticas para la enseñanza de la Astronomía	71
3.2.	Marco conceptual y categorial.....	78
3.2.1.	Alfabetización científica escolar	79

Didáctica de la astronomía para la alfabetización científica escolar y desarrollo de pensamiento crítico en estudiantes de secundaria	13
3.2.2. Pensamiento Crítico.....	83
3.2.3. Didáctica de la Astronomía.....	86
4 Capítulo. Marco metodológico	91
4.1 Metodología.....	91
4.1.1 Fases de la investigación	95
4.1.2 Categorías de análisis	105
4.1.3 Consideraciones éticas.....	117
5 Capítulo. Resultados y análisis	119
5.1 Fase 1. Fase teórico-analítica.....	121
5.1.1 Matriz de análisis de documentos:.....	121
5.1.2 Entrevista a profundidad.....	132
5.2 Fase 2. Elaboración y evaluación de la propuesta didáctica.....	138
5.2.1 Preguntas de reflexión docentes y estudiantes.	138
5.3 Fundamentación de la Propuesta Didáctica.....	158
5.3.1 Atributos de la enseñanza de la astronomía en la secundaria.	159
5.3.2 Contextos.....	161
5.3.3 Selección de Estrategias didácticas	166
5.3.4 Mediaciones pedagógicas:.....	174
5.3.5 Campos temáticos de referencia.	176
5.3.6 Evaluación de la propuesta didáctica:	181

6	Recomendaciones y contribuciones.....	186
6.1	Aportes a la Línea de Investigación	186
6.1.1	Enfoque Metodológico y Estrategias Didácticas.....	187
6.1.2	Mediaciones Pedagógicas y Recursos Didácticos	188
6.1.3	Desarrollo del Pensamiento Crítico y Alfabetización Científica.....	188
6.1.4	Fortalecimiento del Contexto Educativo	190
7	Conclusiones.....	191
7.1	Los elementos didácticos propios de la astronomía	191
7.2	La Alfabetización Científica Escolar	192
7.3	La dimensión institucional.....	194
7.4	Formación docente	195
7.5	El desarrollo de pensamiento crítico	196
7.6	Desarrollo de habilidades investigativas	199
7.7	Beneficios de la enseñanza de la astronomía en la educación secundaria	
	201	
7.7.1	Desarrollo del Pensamiento Científico y Crítico:.....	202
7.7.2	Alfabetización Científica y Apropiación Cultural:	202
7.7.3	Inspiración y Vocación Científica:.....	203
7.7.4	Conexiones Interdisciplinarias y Relevancia Social:.....	203
8	Referencias bibliográficas	205

9	Anexos.....	232
9.1	Anexo 1. Formato validación de instrumentos.	232
9.2	Anexo 2. Guion entrevista a profundidad para expertos	236
9.3	Anexo 3. Cuestionarios semiestructurados para docentes pertenecientes a semilleros de astronomía o grupos de investigación.	237
1.	¿Qué es lo que llama la atención aprender a un estudiante de secundaria sobre astronomía?	237
2.	¿Qué métodos y recursos pedagógicos han tenido mayor impacto para la enseñanza de la astronomía en la escuela secundaria?	238
3.	¿Cómo docente que estrategias didácticas han funcionado mejor para la enseñanza de la astronomía en la escuela secundaria?	239
4.	¿Qué aspectos de la astronomía permite a los estudiantes mejorar su nivel de alfabetización científica escolar?	240
5.	¿Qué aspectos de la astronomía permite a los estudiantes fortalecer habilidades de pensamiento crítico?	240
9.4	Anexo 4. Cuestionarios semiestructurados para estudiantes pertenecientes a semilleros de astronomía.	241
9.5	Anexo 5. Consentimientos y asentimientos informados.	243
	Asentimiento informado para participantes menores de 18 años	243
	Carta Asentimiento Informado	244

Consentimiento informado para participar en una investigación científica

Estudiante menor de edad con representación legal de padre de familia o acudiente.

.....	246
Carta de Consentimiento Informado.....	248
Carta de Revocación del Consentimiento.....	250
9.6 Anexo 6. Preguntas de reflexión Grupo Focal Docentes.....	251
9.7 Anexo 7. Matriz de análisis de documentos.	252
9.8 Anexo 8. Matriz FODA evaluación propuesta didáctica.	253
9.9 Anexo 9. Carta aprobación CEBIC.	254
9.10 Anexo 10. Cartas de aprobación Instituciones educativas.	255

Lista de tablas

Tabla 1 Temas de Astronomía en los estándares curriculares colombianos	27
Tabla 2. Niveles de alfabetización científica y tecnológica.	79
Tabla 3. Definiciones del pensamiento crítico desde diferentes autores.	83
Tabla 4. Características de la muestra poblacional.	104
Tabla 5. Fundamentos teóricos de las categorías de análisis.	107
Tabla 6. Ámbitos de desarrollo de las categorías de análisis.	111
Tabla 7. Categorías y subcategorías de análisis.	112
Tabla 8. Matriz de vaciamiento metodológico.	116
Tabla 9. Resumen comparativo de la matriz de análisis documental.	122
Tabla 10. Preferencias estrategias didácticas desde los diferentes actores del proceso de enseñanza y aprendizaje de la astronomía.	147
Tabla 11. Variables que influyen en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la astronomía.	149
Tabla 12. Contenidos propuestos para la enseñanza de la astronomía.	154
Tabla 13. Dificultades de la enseñanza y aprendizaje de la astronomía.	155
Tabla 14. Contextos referentes en la propuesta didáctica.	162
Tabla 15 Alcances y limitaciones de la propuesta	181
Tabla 16 Ejemplo de implementación de la propuesta en el aula	184
Tabla 17 Ejemplo de integración curricular de la propuesta	185

Lista de figuras

Figura 1. Esquema del problema de investigación.....	30
Figura 2. Producción académica en la enseñanza de la astronomía en Colombia.	47
Figura 3. Propuesta formativa y curricular de las asignaturas de Ciencias Naturales y Ciencias para la Ciudadanía en Chile.	55
Figura 4. Campos de la enseñanza de las ciencias naturales.	69
Figura 5. Conceptos relacionados con la enseñanza y aprendizaje de la astronomía.....	71
Figura 6. Estructura de la alfabetización científica en el aula.	81
Figura 7. Características de la didáctica de la astronomía.....	88
Figura 8. Fases de la investigación.....	93
Figura 9. Fases para el diseño y evaluación de la propuesta didáctica.....	97
Figura 10. Selección de documentos según el método prisma	99
Figura 11. Categorías de análisis a priori, sus definiciones y algunos autores.....	113
Figura 12. Relaciones entre las categorías a priori.....	115
Figura 13. Red semántica de la categoría ‘Conocer’.....	128
Figura 14. Elementos didácticos según la matriz documental.	129
Figura 15. Aprendizajes logrados según la matriz documental, a partir de la enseñanza de la astronomía.....	131
Figura 16. Tabla de coocurrencias categoría Didáctica de la astronomía.	134
Figura 17. Tabla de coocurrencias alfabetización científica escolar.	135
Figura 18. Diagrama de Sankey. Coocurrencias en la didáctica de la astronomía.....	137
Figura 19. Tabla de coocurrencias pensamiento crítico.	138

Figura 20. Gráfico contenidos generales de astronomía que llaman la atención de los estudiantes de secundaria.	139
Figura 21. Gráfico contenidos transversales de astronomía que llaman la atención de los estudiantes de secundaria.	140
Figura 22. Gráfico contenidos de astronomía según los intereses de los estudiantes de secundaria.....	141
Figura 23. Métodos y recursos a nivel de observación, uso de tecnología y actividades prácticas de mayor impacto en la enseñanza de la astronomía en la escuela secundaria.....	142
Figura 24. Estrategias didácticas que han tenido impacto en la enseñanza de la astronomía en la escuela secundaria.	143
Figura 25. Contenidos sobre astronomía que a los estudiantes les llama la atención aprender.....	145
Figura 26. Actividades y métodos que prefieren los estudiantes para aprender astronomía.	146
Figura 27. Atributos de la enseñanza de la astronomía.	159
Figura 28. Mediaciones pedagógicas.	176
Figura 29. Campos temáticos para estudiantes de secundaria.....	177
Figura 30. Esquema de la propuesta didáctica.	180

Lista de abreviaturas

AC: Alfabetización científica.

PC: Pensamiento crítico.

ABP: Aprendizaje basado en proyectos.

ABp: Aprendizaje basado en problemas.

ABR: Aprendizaje basado en retos.

ABI: Aprendizaje basado en indagación.

STEM: Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas.

CTSA: Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente.

CDC: Conocimiento Didáctico del Contenido.

1 Capítulo. Problema de investigación

La disertación doctoral que aquí se presenta surge de la observación de la encrucijada en la que se encuentran los docentes de Ciencias Naturales para adaptar sus prácticas de aula de modo que motiven la atracción de los jóvenes por el conocimiento científico y que a la vez construyan aprendizajes significativos. Un problema al que se enfrentan los docentes es la constante interferencia de los dispositivos tecnológicos que están dedicados a capturar la atención y el tiempo de los educandos: desde el punto de vista del profesorado se percibe cada vez más desinterés en ellos por dedicar esfuerzos enfocados al estudio. Así lo evidencia una investigación realizada por la Universidad de Extremadura en España sobre el impacto en el rendimiento académico del uso de celulares y aplicaciones por parte de los estudiantes. Los resultados mostraron que el 94% de los docentes percibía un impacto negativo, mientras que el 47% de los estudiantes indicó que el uso de redes sociales en clase sí afectaba "un poco" sus calificaciones (Williams Muller , et al., 2020).

Además, hoy en día una de las prioridades de la educación en ciencias es el desarrollo del pensamiento crítico en los estudiantes. Por esta razón, la transmisión de principios, conceptos y teorías de las diferentes asignaturas ha perdido protagonismo frente al objetivo fundamental de formar individuos y comunidades capaces de reflexionar y actuar de manera crítica a partir de lo aprendido en la escuela (Tamayo Alzate Ó. E., 2014).

En resumen, los docentes enfrentan el crucial desafío de promover una enseñanza de las ciencias naturales que no solo motive a niños y jóvenes, sino que también impulse el desarrollo del pensamiento científico y crítico. Esto implica trascender la transmisión de

conceptos y teorías para transformar las prácticas de aula hacia el desarrollo de habilidades que permitan a los estudiantes aplicar lo aprendido en su vida diaria.

A continuación, y siguiendo la bibliografía consultada, se exponen las principales dificultades identificadas en la enseñanza de las ciencias y, específicamente, de la astronomía.

1.1 Contexto del problema de investigación

Los estudios sobre la enseñanza y aprendizaje de las Ciencias Naturales muestran que sus prácticas deben transformarse y enfocarse hacia la Alfabetización Científica escolar, para dejar atrás el enfoque de memorización de datos, fórmulas y conceptos; además, se destacan esfuerzos para hacer que el conocimiento nuevo surja a partir de las ideas previas de los estudiantes, para buscar formas de lograr el cambio conceptual, para mejorar el diseño de unidades didácticas, incorporar las TIC y, esencialmente, orientar adecuadamente el cambio curricular (Chamizo, 2017).

Este cambio debe lograr que los estudiantes, a partir de la información científica, sean más reflexivos, críticos y usen la ciencia para resolver asuntos de su vida cotidiana y situaciones problema de sus entornos. Para ello los docentes realizan investigaciones en el aula sobre las didácticas que favorecen un aprendizaje en ciencias acorde con las necesidades globales del siglo XXI.

Por otra parte, la enseñanza de la Astronomía ha quedado relegada a pocos temas que se trabajan en algunas asignaturas en la básica primaria y secundaria y, en muchos casos, no se abordan porque se considera que no son obligatorios. Así mismo, a partir de la revisión bibliográfica se evidenció que las prácticas tradicionales en el aula generan

desmotivación en los estudiantes y que, además, se tiene un manejo erróneo de conceptos debido al poco tiempo que se invierte en su enseñanza, por lo que no se logra profundizar en los temas trabajados (López, 2022).

Por lo anterior, es fundamental realizar investigaciones tendientes a organizar una didáctica de la Astronomía que apoye la alfabetización científica escolar y que genere mayor apropiación de los contenidos de esta ciencia en la escuela. Como punto a favor, estos temas generan de suyo interés y curiosidad, y acercan a los estudiantes al conocimiento científico.

1.1.1 Planteamiento del problema

La educación es la base para el desarrollo científico, técnico, económico y cultural de un país, el cual debe estar enmarcado en los Objetivos de Desarrollo Sostenible planteados por las Naciones Unidas para el año 2030 (UNESCO, 2021). Dicha Agenda determina a su vez los objetivos de la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos) (OECD, 2019), particularmente el Objetivo Cuatro, el cual pretende en su Meta Siete asegurar la integración en la educación de contenidos relacionados con la educación para el desarrollo sostenible y los estilos de vida sostenibles, los derechos humanos, la igualdad de género, la promoción de una cultura de paz y no violencia, la ciudadanía mundial, así como la valoración de la diversidad cultural y la contribución de la cultura al desarrollo sostenible. Esta meta implica una formación transversal que capacite a los alumnos para tomar decisiones informadas y actuar responsablemente en favor de la integridad ambiental, la justicia social y la viabilidad

económica, respetando la diversidad cultural y fomentando una ciudadanía global comprometida con un futuro sostenible (Naciones Unidas, 2024).

La articulación de lo anterior con la enseñanza de la astronomía se da a través de la necesidad de lograr la alfabetización científica escolar, la cual es clave para aplicar el conocimiento en la resolución de problemas cotidianos y preparar a la sociedad para afrontar los retos futuros (Chavarro, 2017). Dicha competencia eventualmente impacta la producción científica de un país, lo que en el caso de Colombia se puede evidenciar en los índices de publicación científica. Si bien éstos han mostrado mejoras, la producción sigue aun siendo baja en comparación con otros países de Latinoamérica, con pocas contribuciones en revistas internacionales (Maz-Machado, 2016).

Otro de los mecanismos para evaluar el conocimiento científico en el país son las pruebas estandarizadas como Saber 11 a nivel nacional y PISA a nivel internacional. Los resultados han mostrado bajos niveles de desempeño en Ciencias Naturales, lo que refleja deficiencias en la capacidad de los estudiantes para explicar fenómenos científicos familiares y utilizar el conocimiento en la validación de conclusiones basadas en datos (OECD, 2019). A pesar de los esfuerzos docentes, se evidencia una desconexión entre los estudiantes y el conocimiento científico, limitando su aplicación en la solución de problemas cotidianos.

En este contexto, la astronomía constituye un puente entre la sociedad, la tecnología y la ciencia, gracias al cual se facilita la apropiación del conocimiento científico desde edades tempranas. La *Misión internacional de sabios para el avance de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación* llevada a cabo por el gobierno de Colombia (Colciencias, 2019) identificó deficiencias en la infraestructura para la apropiación social de la ciencia, lo cual

restringe el acceso de los niños a la interacción con el conocimiento científico, un derecho fundamental para su desarrollo (Benítez, 2021). En consecuencia, acercar a los niños al conocimiento científico es tanto un derecho como un deber de la escuela y la sociedad, con impacto potencial en la mejora del pensamiento científico y los resultados en pruebas estandarizadas.

Considerando lo expuesto, la enseñanza de la astronomía va más allá de la simple transmisión de conocimientos teóricos, ya que fomenta el desarrollo de habilidades avanzadas de pensamiento científico y crítico. Desde una perspectiva didáctica, es posible abordar temas complejos y variados, así como problemas astronómicos específicos, mediante la modelización y la interpretación rigurosa de datos. Este enfoque requiere que los estudiantes formulen preguntas de investigación originales y significativas, diseñen metodologías rigurosas para responderlas, evalúen críticamente la validez y las limitaciones de los datos y modelos disponibles, y sinteticen información proveniente de diversas fuentes para construir argumentos sólidos y fundamentados. A través de este proceso continuo de indagación, análisis y evaluación, los estudiantes no solo profundizan su comprensión del universo, sino que también desarrollan la agudeza analítica, la capacidad para resolver problemas complejos y el discernimiento, competencias necesarias para convertirse en líderes innovadores en el ámbito de la investigación científica.

De suyo, la astronomía abarca estructuralmente un componente vinculado con la acción para resolver problemas de la vida cotidiana. Se trata de una ciencia milenaria que estudia los cuerpos celestes y ha sido utilizada por diversas culturas para comprender fenómenos naturales y organizar sus actividades diarias. En Colombia, al igual que en el resto del mundo y en diversas civilizaciones a lo largo de la historia, los grupos étnicos han

relacionado los fenómenos astronómicos con prácticas agrícolas, de caza y pesca, así como con la cosmovisión y organización comunitaria (Arias de Greiff, 1987). La astronomía ha permitido reiteradamente que la humanidad desarrolle modelos del universo, establezca calendarios y resuelva problemas geográficos y espaciotemporales (Vila, 2010). Sin embargo, muchos de estos conocimientos se han perdido en la realidad cultural presente debido a su escasa enseñanza en el currículo escolar.

La enseñanza de la astronomía es una herramienta poderosa para acercar a los estudiantes a la ciencia, fomentando el pensamiento crítico y la solución de problemas (Camino N. , 2018). Su inclusión en los colegios genera interés en todas las edades y facilita la comprensión de fenómenos naturales como el día y la noche, eclipses, mareas y husos horarios. Además, contribuye al desarrollo de competencias científicas esenciales en el siglo XXI, como el pensamiento creativo y la innovación (Maggio, 2018). No obstante, en Colombia la astronomía no figura como asignatura en la educación básica y media, lo que se refleja en su ausencia en los lineamientos curriculares del Ministerio de Educación Nacional (MEN, 1998) y en los Derechos Básicos de Aprendizaje de Ciencias Naturales (MEN, 2016). Incluso a nivel universitario no existen suficientes licenciaturas en astronomía, lo que redundaría en que las clases relacionadas con ella sean impartidas por docentes sin formación específica tanto en el área misma como en las estrategias didácticas para apoyar su adecuado aprendizaje (López, 2022).

Algunas iniciativas han buscado fortalecer el estudio y la enseñanza de la astronomía en el país. Desde 2013, la Universidad de Antioquia ofrece un pregrado en Astronomía para impulsar la investigación y educación en Ciencias Espaciales (UDEA, 2020). La Universidad Nacional de Colombia también ofrece una Maestría en Ciencias con

especialización en Astronomía (Universidad Nacional de Colombia, 2024). Igualmente, la Universidad del Bosque ofrece un diplomado en Astronomía (Universidad El Bosque, 2025) cuya duración es de un semestre. Otros países como México (Universidad Autónoma de Sinaloa) y Chile (Universidad de Concepción) cuentan con licenciaturas en astronomía, mientras que universidades en Argentina, Brasil y España imparten asignaturas en este campo. Sin embargo, en Colombia la enseñanza de la astronomía, a nivel de educación media o secundaria, carece de herramientas de fundamentación didáctica; ella se integra de forma fragmentada en asignaturas de Ciencias Sociales, Matemáticas y Ciencias Naturales sin un enfoque interdisciplinar, a pesar de su naturaleza integradora en lo transdisciplinar y su dimensión pluricultural (Camino N. , 2011). Los estándares curriculares colombianos reflejan la escasez de contenidos astronómicos y su dispersión en diferentes asignaturas como se muestra en la **Tabla 1** (MEN, 1998).

Tabla 1 *Temas de Astronomía en los estándares curriculares colombianos*

Grados de educación secundaria	Ciencias Sociales	Ciencias Naturales
6° y 7°	Husos horarios; Ubicación geoespacial	Modelo planetario; Formación y extinción de las estrellas
8° y 9°		Modelos para explicar la naturaleza y comportamiento de la luz Origen y evolución de la vida
10° y 11°		Modelo del campo gravitacional Ley de gravitación universal

Fuente: MEN - Lineamientos Curriculares Ciencias Naturales (1998)

La falta de docentes especializados y la enseñanza tradicional basada en guías escritas generan desmotivación en los estudiantes y dificultan la apropiación significativa del conocimiento (Palomar Fons, 2015). Además, los materiales educativos disponibles no

están contextualizados en la región, lo que crea confusión en los estudiantes al observar diferencias entre los fenómenos astronómicos reales y sus representaciones en los textos escolares (Solbes, 2013). Al respecto es notorio el caso de la representación de las fases de la luna, cuyo ángulo visual cambia con la latitud (Network for Astronomy School Education, 2021). Todo esto contribuye a la baja apropiación del aprendizaje de la astronomía en el país (Quintero, en Benítez, 2021).

Los estudiantes de hoy han adoptado nuevas formas de aprendizaje, motivados principalmente por su interés en los temas y la posibilidad de demostrar sus conocimientos. La astronomía tiene el potencial de despertar asombro y curiosidad, lo que facilita la adquisición de habilidades científicas (Núñez, 2019). Diversas experiencias han demostrado que los semilleros de investigación en astronomía fomentan el desarrollo de habilidades científicas y de comunicación en los estudiantes. Ejemplos de ello incluyen el semillero del Colegio Yermo y Parres en Medellín (Giraldo Cano, 2013), el del Colegio Paraíso Mirador IED en Bogotá (Núñez, 2019) y el Club de Astronomía del Colegio Orlando Fals Borda IED, que fortalece el discurso científico de los estudiantes (González Molina, 2014).

El avance de la tecnología y el auge de las redes sociales representan también una oportunidad para mejorar la enseñanza de la astronomía. Durante la pandemia de COVID-19, los jóvenes aumentaron su cercanía con dispositivos móviles, lo que puede ser aprovechado en el aula para mejorar los procesos educativos. Las aplicaciones móviles permiten observar el cielo con precisión, facilitando la enseñanza en entornos urbanos con contaminación lumínica. Además, las redes sociales y plataformas educativas no solamente ofrecen acceso a información actualizada y divulgación científica accesible para los

estudiantes, sino que a su vez son el campo de entrenamiento para adquirir las habilidades de búsqueda, selección, procesamiento y aplicación de la información disponible en línea para crear nuevo conocimiento (Goñi, 2016).

Para mejorar la enseñanza de la astronomía en Colombia resulta fundamental promover una educación en ciencia y tecnología que sea motivadora y que esté conectada con la realidad de los estudiantes (Porrás-Contreras, 2024). La astronomía, al integrar múltiples disciplinas como Biología, Química, Física y Matemáticas, estimula el interés tanto de docentes como de estudiantes (Leal, 2022). La alfabetización científica es clave para que los ciudadanos utilicen la ciencia en la toma de decisiones y en la solución de problemas de su entorno (Miller, 1983). La enseñanza de la ciencia no solo debe formar científicos, sino también ciudadanos con una cultura científica básica (García Sánchez, 2021).

Los resultados de las pruebas Saber 11 y PISA en Ciencias Naturales reflejan deficiencias en la aplicación del conocimiento astronómico, evidenciando bajos niveles en el uso de conocimientos científicos para analizar fenómenos naturales (ICFES, 2022). Esta situación resalta la necesidad de revisar las metodologías didácticas para la enseñanza de la astronomía, incorporando estrategias innovadoras que potencien el pensamiento crítico y la investigación. Esto contribuiría a mejorar la cultura científica y aumentar los niveles de alfabetización científica en el país.

Ya con anterioridad se ha mencionado la dificultad en la apropiación adecuada del aprendizaje de la Astronomía debido a factores como la falta de fundamentación didáctica para su enseñanza, explicable por la limitada formación de los docentes en esta área.

Igualmente, se mencionó que el currículo de ciencias naturales no ha tenido modificaciones

significativas durante un largo periodo, lo que para el presente análisis significa que los temas de astronomía se incluyen de manera disgregada en el marco oficial de los planes de estudio en educación secundaria. Adicionalmente, la escasa integración de la tecnología en los procesos de enseñanza y la mencionada carencia de materiales didácticos adaptados especialmente a la región también contribuyen a esta dificultad. A su vez, estos factores inciden en la desmotivación de los estudiantes por las ciencias, el desconocimiento de la sociedad sobre temas de astronomía y un bajo desarrollo de habilidades de pensamiento crítico en la escuela. Esto último se evidencia en los resultados de pruebas Saber 11 y PISA, que también reflejan bajos niveles de alfabetización científica escolar.

A continuación, se presenta un mapa mental que visualiza la problemática en torno del aprendizaje de la astronomía, y las situaciones de base y derivadas que justifican el presente trabajo de investigación. (ver **Figura 1**)

Figura 1. Esquema del problema de investigación.



Fuente: elaboración propia (2023)

De acuerdo con lo expresado en la figura 1, se ha identificado una escasa apropiación del aprendizaje de la Astronomía debido a factores como la falta de fundamentación didáctica para su enseñanza y la limitada formación de los maestros en esta área. Además, el currículo de ciencias naturales, sin modificaciones significativas durante un largo periodo, presenta los temas de astronomía de manera disgregada en la secundaria. La escasa integración de la tecnología en los procesos de enseñanza y la escasez de materiales didácticos adaptados a la región también contribuyen a esta situación. A su vez, estas problemáticas generan otras, como la desmotivación de los estudiantes por las ciencias, el desconocimiento de la sociedad sobre temas de astronomía y un bajo desarrollo de habilidades de pensamiento crítico en la escuela. Esto último se evidencia en los resultados de pruebas Saber 11 y PISA, que también reflejan bajos niveles de alfabetización científica escolar.

1.1.2 Pregunta de investigación

A partir de lo anterior se plantea la siguiente pregunta orientadora de la investigación:

¿Qué aspectos de la didáctica de la astronomía promueven el pensamiento crítico en estudiantes de secundaria y aportan a la alfabetización científica escolar?

1.1.3 Objetivos

1.1.3.1 Objetivo general

Formular una propuesta para la didáctica de la astronomía que potencie el pensamiento crítico articulado con la alfabetización científica escolar para los estudiantes de secundaria.

1.1.3.2 Objetivos específicos

1- Analizar las didácticas de la astronomía desde las buenas prácticas en educación secundaria.

2- Evaluar la propuesta para la Didáctica de la astronomía que fomenta pensamiento crítico en los estudiantes de secundaria.

3- Ejecutar un análisis de los alcances y limitaciones para la didáctica de la astronomía en la alfabetización científica escolar.

1.1.4 Justificación del problema

Existen numerosos trabajos que dan cuenta de estrategias didácticas exitosas para la enseñanza de la astronomía en Colombia y otros países, pero es fundamental una investigación que recoja los elementos didácticos de todas estas experiencias, a partir de las cuales se construyan unos lineamientos básicos que mejoren los procesos de enseñanza y de aprendizaje de la astronomía en secundaria.

Como lo propone Camino (2011), es una necesidad realizar investigaciones enfocadas en la didáctica para la enseñanza y el aprendizaje de la Astronomía, que muestre la mejor forma de facilitar a los estudiantes el acceso a conocimientos astronómicos y que, a la vez, permita potenciar sus competencias científicas aportando al desarrollo de la ciencia en el país.

La revisión bibliográfica muestra que las investigaciones doctorales en Colombia sobre Didáctica de la Astronomía son recientes en la educación básica y media secundaria.

Así, se evidencia en la investigación realizada por Valderrama (2021) durante el periodo 2010 a 2020 que solo existen ocho artículos. Se ha trabajado en unidades didácticas

en maestrías, tesis de pregrado y experiencias significativas en los semilleros de investigación, encontrándose aportaciones importantes en la didáctica.

Sin embargo, se requiere una mayor articulación entre los enfoques pedagógicos implementados en el ámbito escolar, los avances investigativos realizados en el contexto universitario, y las iniciativas educativas promovidas por planetarios y clubes de astronomía (Camino, Nardi, Pedreros, García, & Castiblanco, 2016).

Investigar sobre la didáctica de la astronomía es importante porque guiará el proceso de enseñanza y aprendizaje para que los contenidos temáticos que se trabajen se apropien de manera significativa y los estudiantes se acerquen a conocimientos científicos. A futuro, a estos estudiantes les podría interesar, en educación superior, acceder a una carrera relacionada con las ciencias y, de este modo, potenciar la producción científica en el país que es vital para avanzar en los objetivos de desarrollo sostenible.

Adicionalmente, la enseñanza y aprendizaje de la astronomía permitirá avanzar en la alfabetización científica que es fundamental desarrollar en los estudiantes del siglo XXI para lograr una inserción en la vida contemporánea, ya que como lo plantea Furman (2020), una de las principales metas educativas en América Latina es la alfabetización científica de niños, niñas y jóvenes para la formación de ciudadanos competentes en la sociedad actual que está permeada por la ciencia y tecnología.

Por su parte, la Unesco (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura) plantea que la humanidad en estos momentos es afortunada al contar con acceso fácil a la información y las herramientas para estar conectados; esto permite trabajar de manera colaborativa para dar soluciones a los retos actuales mundiales (UNESCO, 2022). Por tanto, la información que se encuentra en la red y el desarrollo de

habilidades de pensamiento científico podrían ser una buena combinación para hacer frente a los desafíos que enfrenta la sociedad en la actualidad con relación al medio ambiente y la reducción de las brechas socioeconómicas, entre otros problemas. Para ello es fundamental avanzar en la alfabetización científica que permita a los individuos posicionarse en su contexto y buscar soluciones apropiadas.

En este sentido, la enseñanza de la astronomía en la escuela puede ser un facilitador de la ciencia escolar, favoreciendo la alfabetización científica, el desarrollo de habilidades científicas y los aprendizajes significativos, gracias al interés observado que los temas de astronomía suscitan en general en las personas (Limón Rugerio, 2019).

También, permitirá a los docentes que enseñan astronomía en el bachillerato tener una guía para mejorar la apropiación de los temas propuestos desde los planes de estudio de los colegios. Además, se podría sugerir la introducción de la astronomía como asignatura del área de Ciencias Naturales en bachillerato como en algunos países lo están haciendo.

Por otra parte, al reunir los elementos didácticos propios para la enseñanza y aprendizaje de la astronomía en la educación básica secundaria se podrían elaborar los lineamientos para su enseñanza y aprendizaje.

A su vez, la enseñanza de la astronomía le va a permitir al estudiante un acercamiento al conocimiento científico con aprendizajes significativos que contribuyan en la solución a problemas del contexto; por ejemplo, en el marco de las competencias STEM, los grupos o semilleros de investigación formulan posibles soluciones a problemáticas como la contaminación lumínica en las grandes ciudades, así lo realizó el equipo Apolo 900 del colegio Agustín Fernández de la localidad de Usaqué, en la ciudad de Bogotá, quienes mediante el aprendizaje basado en proyectos y la integración de las áreas STEM (Ciencia,

Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) se acercaron a conceptos científicos, proponiendo como solución al hecho de no poder observar el cielo nocturno en Bogotá el uso de la aplicación *Star Walk* y la elaboración de un sensor de movimiento que apagaba las luces innecesarias (González & Serrato, 2023).

Por otra parte, el carácter interdisciplinar de la enseñanza de la astronomía genera aprendizajes significativos al dar solución a problemas en contexto desde diferentes áreas del conocimiento. Por ejemplo, para entender las enormes distancias entre los astros se hace necesario el uso y comprensión de las notaciones matemáticas que dan cuenta de los órdenes de magnitud como potencias de 10, y el usar la trigonometría para calcular distancias entre dos cuerpos celestes; también la química y el electromagnetismo se involucran para explicar la espectroscopía estelar usando las bandas de absorción de la atmósfera de las estrellas para determinar su composición, así como los máximos de radiación para determinar su temperatura (Space Telescope Science Institute, 2022).

La presente investigación permitirá evidenciar en el campo de la didáctica de la astronomía, qué se está haciendo bien, qué se puede mejorar y qué se puede reinventar en beneficio de la educación de las generaciones futuras (UNESCO, 2022).

La formulación de una propuesta didáctica para que la Astronomía desarrolle pensamiento crítico en la alfabetización científica escolar de los estudiantes de secundaria se constituye en una guía para los docentes, con el fin de mejorar las prácticas educativas a través de aprendizajes significativos y desarrollo del pensamiento científico y crítico en los estudiantes y, de ese modo, propender por mejorar la calidad de la educación. Se debe aquí recordar el ya mencionado Objetivo 4 de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030 de las Naciones Unidas, que establece como meta el ofrecer una educación inclusiva para lograr

disminuir las brechas de desigualdad y lograr el acceso universal a una educación superior de calidad (Naciones Unidas, 2024). En el mismo sentido, la Unesco plantea que la educación en ciencias debe promover soluciones a problemas globales, el empleo del conocimiento científico para mejorar las habilidades científicas de los estudiantes, promoviendo una educación crítica (UNESCO, 2021).

El siguiente punto hace referencia a que en la actual era del conocimiento es prioridad que los estudiantes aprendan a hacer uso de toda la información disponible para resolver problemas en su cotidianidad. La Astronomía es una ciencia cuyos descubrimientos ocurren de manera recurrente y permanente usando tecnologías en constante desarrollo para resolver problemas complejos. Desde la perspectiva de la educación, esta clase de avance favorece el interés por el desarrollo de competencias científicas. Sin embargo, a pesar del potencial de la astronomía para despertar el interés de los niños y jóvenes por la ciencia, en Colombia existe una brecha significativa entre las ciencias espaciales y la sociedad: así lo asegura Edwin Andrés Quintero, director del Grupo de Investigación en Astronomía de la Universidad Tecnológica de Pereira (UTP). Quintero explica que estos temas no hacen parte del contenido obligatorio en las escuelas y colegios porque desde las políticas estatales hay deficiencia en la difusión (Quintero, 2021, en Benítez, 2021). De acuerdo con la evidencia obtenida a lo largo de la presente investigación, el avance de las ciencias espaciales en el país se encuentra en una etapa incipiente.

Según el documento CONPES 3983 de 2020 “Política de Desarrollo Espacial” Colombia reconoce que el problema estructural que presenta el sector espacial radica en la

ausencia de información, lo que significa un reto importante para el planteamiento de una política pública basada en evidencia que permita caracterizar este sector. (Benítez, 2021)

Una observación común en la literatura académica sobre la percepción no especializada de la astronomía es que *la sociedad en general se ha olvidado de mirar al cielo*. Si bien se evidencia en los festivales astronómicos y en las actividades de observación lideradas por universidades y planetarios que existe un interés general por la astronomía, el firmamento se ha convertido en un adorno, y mirarlo en algo cursi (Ron, 2022). En los contextos urbanos, el momento en que alguien se detiene a mirar hacia arriba, las personas piensan que algo va a ocurrir, pero no se paran a admirar lo maravilloso del cielo; por demás, la contaminación lumínica dificulta allí la observación nocturna. Como decía Carl Sagan en la serie televisiva *Cosmos*: "Cuando miras las estrellas, lo importante no eres tú: son ellas. Y siéntete feliz de poder mirarlas." (Sadurni, 2022).

Al respecto, Galperin (2011) indica que, aunque la sociedad muestra mucho interés por los temas de astronomía, la gente no está acostumbrada a mirar el cielo, posiblemente debido a que la información que se encuentra está relacionada con cómo se ve desde el espacio exterior, o sea desde fuera de la tierra. Adicionalmente, la enseñanza de la astronomía suele centrarse en aspectos teóricos del sistema solar, y es necesario reconocer la necesidad de complementar esta información con la observación directa de los astros. La experiencia visual de contemplar los planetas, la Luna y el Sol en el cielo permite una comprensión más completa de sus movimientos y sus efectos sobre nuestro planeta, como las fases lunares y las estaciones del año.

Sin embargo, en la actualidad los estudios astronómicos están más presentes en la sociedad debido a la divulgación en los medios de comunicación; esto abre una ventana de

oportunidad para usar estos nuevos descubrimientos en las clases de ciencias, reconociendo las creencias y dinámicas culturales para que dichos conocimientos se puedan usar en actividades de la vida cotidiana con lo que observan y los saberes previos. Como lo propone Elkana (1983), la ciencia como acción cultural debe promover una comprensión pública para que el conocimiento tenga sentido en un contexto sociocultural determinado.

Todo lo anterior va a contribuir al desarrollo del país desde la educación básica en ciencias naturales, aportando a las expectativas y sueños de los estudiantes y, a futuro, pensar en aumentar los científicos del país y mejorar la comprensión pública de la ciencia. En pocas palabras, la Didáctica de la Astronomía debe tener en cuenta las necesidades actuales de la sociedad con los nuevos ecosistemas de aprendizaje, las recomendaciones de los expertos investigadores, las asociaciones locales e internacionales de astronomía y las agencias espaciales que trabajan un componente educativo.

La acumulación de evidencia aquí presentada hace apremiante una investigación enfocada en estas problemáticas, en la cual se identifiquen y combinen estrategias didácticas para la enseñanza de la astronomía que resulten exitosas tanto en Colombia como en otros países. Al generar un acervo educativo semejante, será posible establecer lineamientos básicos que enmarquen los procesos de enseñanza y aprendizaje en la educación secundaria de manera óptima. Al momento de desarrollar este estudio, las disertaciones doctorales en didáctica de la astronomía en Colombia son escasas, a pesar del interés generalizado sobre el tema y el potencial de la astronomía para fomentar el pensamiento y alfabetización científicos; así mismo, existe una falta de articulación entre los enfoques pedagógicos escolares, los avances universitarios y las iniciativas de planetarios y clubes. Por lo tanto, esta investigación del área se muestra como crucial para

guiar la enseñanza, promover la apropiación significativa del conocimiento científico, impulsar futuras vocaciones científicas y contribuir al desarrollo del país, especialmente en el contexto de la alfabetización científica y los objetivos de desarrollo sostenible.

2 Capítulo. Marco referencial

2.1. Estado del arte

Para el desarrollo del estado del arte se realizó una revisión de las bases de datos Scopus, Dialnet y Google académico, con una ventana de observación de diez años. Como ecuación de búsqueda se usaron las siguientes palabras clave: didáctica de la astronomía, enseñanza y aprendizaje de la astronomía en secundaria, pensamiento científico, alfabetización científica escolar y pensamiento crítico. El capítulo se organizó en dos apartados por temas con referentes nacionales e internacionales.

Se encontró que hay unos nichos de investigación en Colombia especialmente en las universidades que forman los docentes del país como la Universidad Pedagógica Nacional, Universidad Distrital Francisco José de Caldas y Universidad de la Sabana. Tienen en común estas universidades el desarrollo de propuestas didácticas innovadoras para la enseñanza de la astronomía que relacionan la ciencia, la tecnología y la sociedad, con las cuales, además, muestran mejoras en las habilidades de pensamiento científico y crítico. Se encontraron, así mismo, investigaciones con los docentes en formación en Ciencias Naturales para el desarrollo del pensamiento crítico. A nivel internacional sobresalen países como Estados Unidos, Argentina, Chile, Brasil, Ecuador, México, España con investigaciones en didáctica de la astronomía y la alfabetización científica escolar.

No obstante, se deduce cierta tensión entre el interés, la motivación por la enseñanza y el aprendizaje de la astronomía por parte de los docentes frente a la falta de material pedagógico, falta de formación de los docentes, recursos limitados y prácticas tradicionales en el aula; en consecuencia, se desaprovecha el interés y motivación de los

estudiantes por la astronomía para la enseñanza de las ciencias. Además, no se hallaron propuestas por parte de los ministerios de educación enfocados en la actualización de los currículos en Ciencias Naturales acordes a los nuevos ecosistemas de aprendizaje.

Para la organización del estado del arte se tendrá en cuenta primero las investigaciones nacionales y luego las internacionales.

2.1.1. Nacional

A continuación, se describirán algunos trabajos previos en Colombia con respecto a los temas base de esta investigación.

2.1.1.1 Alfabetización científica

Una forma de medir cómo se desarrollan los procesos en la educación básica y media es a través de las pruebas Saber 11; sin embargo, existen contradicciones puesto que las pruebas evalúan competencias más que conocimientos, mientras que los currículos y las prácticas están organizadas por contenidos temáticos, lo cual incide en los bajos resultados en dichas evaluaciones estandarizadas.

Un ejemplo de ello es la prueba de Ciencias Naturales donde se evalúa, por una parte, la capacidad para tomar decisiones y resolver problemas de manera crítica y rigurosa y, por otra parte, las competencias en la explicación de fenómenos, y el uso comprensivo del conocimiento científico e indagación (Figueroa Cahnspeyer, 2022). Además, en los estándares del Ministerio de Educación Nacional se indica que el objetivo en la educación en ciencias, tanto sociales como naturales, es desarrollar habilidades de pensamiento científico, lo cual redundará en el desarrollo de capacidades analíticas y críticas (MEN, 2006).

En contraste, las prácticas de clase se trabajan por temáticas descontextualizadas de la realidad y con metodología tradicional, los estudiantes están acostumbrados a copiar contenidos desde internet, desde una guía o lo que les dicta el profesor. Se preocupan por la nota, pero no analizan la veracidad, ni la pertinencia y mucho menos son críticos con la información que reciben o buscan.

En este sentido la escuela debe desarrollar pensamiento científico y crítico, que le permita a los estudiantes fortalecer sus capacidades de observación, argumentación, análisis crítico y toma de decisiones a partir del acercamiento a descubrimientos e ideas científicas que hacen en el aula y fuera de ella.

Teniendo en cuenta los resultados de las pruebas Saber 11 y PISA los niveles de alfabetización científica en el país son bajos, la mayoría de los estudiantes se ubican en los niveles 2 y 3, que indican que asocian información de las tablas o las gráficas con nociones de los conceptos básicos de las Ciencias Naturales y pocos solucionan situaciones problema que requieren el uso de procedimientos, habilidades y conceptos científicos (Figueroa Cahnspeyer, 2022).

A partir de esos resultados existe gran preocupación desde el Ministerio de Educación, las secretarías de educación y la comunidad académica de docentes, por generar estrategias para transformar los currículos y las prácticas de aula que redunden en mejorar la enseñanza de las ciencias para alcanzar niveles más elevados en la alfabetización científica escolar y la cultura científica del país.

Ballesteros y Gallego (2022) realizaron una investigación en la que revisaron la literatura sobre alfabetización científica y la comprensión pública de la ciencia; allí encontró que existe una diferencia significativa, pues la alfabetización científica se enfoca

en un modelo educativo en ciencias, que prioriza la adquisición de conocimientos sin tomar en cuenta la necesidad de que el público los comprenda para ejercer su participación ciudadana en temas políticos y sociales.

Lo anterior es muy evidente cuando en clase, por ejemplo, se plantean las ventajas y desventajas de cambiar los combustibles fósiles por energía eléctrica; los estudiantes pueden concluir que sería mejor tener un balance entre los dos modelos, pero al momento de escoger un proyecto de cambio de energías limpias, en ocasiones no relacionan lo trabajado en la clase con algo que afecta a su entorno.

En el estudio mencionado el autor plantea que, desarrollar una comprensión pública de la ciencia es un requisito previo para que las políticas públicas en educación científica sean exitosas. Esto es esencial para enfrentar los retos que amenazan al planeta y a la humanidad (Ballesteros & Gallego, 2022).

Por otra parte, Patiño (2022) revisó documentos del Ministerio de Educación Nacional sobre las perspectivas orientadoras de alfabetización científica en Colombia, y llegó a la conclusión de que es necesaria “una reforma que aborde las contradicciones existentes entre los lineamientos, que proponen una alfabetización situada del sujeto y los demás documentos que proponen los objetivos como los ejes del proceso alfabetizador” (p. 55), los cuales se convierten en una barrera para realizar una alfabetización científica con enfoque socio crítico. Esta sugerencia pone de relieve que mientras en la enseñanza de las ciencias se realicen procesos de formación desligados del contexto social y cultural, el estudiante no encontrará motivación para aprender ciencias que no tienen un significado y un impacto en su vida.

Espinosa Rojas (2023), en una investigación realizada en un colegio de Medellín con estudiantes de sexto a octavo, encontró que usando la metodología de investigación escolar para la feria de la ciencia los estudiantes mostraron desarrollos en habilidades científicas al identificar problemáticas del entorno como la contaminación de una quebrada y el maltrato animal, con lo cual se evidencia el aporte de dicha metodología al proceso de alfabetización científica.

Prado de la Guardia (2021) muestra en su investigación que el uso de la tecnología, en su caso, la plataforma *Classcraft*, permite el desarrollo de la alfabetización científica y la comprensión lectora en jóvenes. Además, resalta la importancia de formar en Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) usando la alfabetización científica para lograr la apropiación del conocimiento en sus contextos y el aporte a mejorar las condiciones de vida y a resolver problemas de manera crítica, analizando los avances científicos y tecnológicos, y cómo estos impactan en las comunidades.

En un estudio en un colegio de Córdoba con estudiantes de grado octavo, Montes Cogollo (2021) analizó los aportes de las habilidades de indagación en la alfabetización científica en torno al tema de sexualidad y reproducción humana desde el enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) y encontró que cuando el estudiante escoge la problemática a trabajar el proceso es mejor y cuando se emplea el enfoque CTS se fortalece el proceso de alfabetización científica personal.

En la Universidad de Córdoba se realizó estudio centrado en diseñar una estrategia didáctica que articulara los saberes cotidianos del hogar con la enseñanza de conceptos científicos (Coronado Warne, Esmeral Pérez, & Flórez Nisperuza, 2020). La investigación encontró que los estudiantes presentan dificultades para asimilar conceptos científicos

cuando estos se presentan alejados del contexto. Sin embargo, una estrategia didáctica integradora basada en los fundamentos de la alfabetización científica facilita la apropiación de aquellos cuando hay un uso articulado y sostenido de recursos, estrategias y actividades de aprendizaje profundo. Es decir, la enseñanza activa de conceptos científicos debe tener como eje central el hogar, a partir del cual se trasladan los términos científicos al aula.

Archila (2014), a partir de la revisión de varios autores sostiene que la argumentación se considera una herramienta esencial para la formación de ciudadanos críticos y comprometidos, capaces de participar activamente en la toma de decisiones que impactan a la sociedad. También postula que la argumentación estimula el pensamiento crítico y favorece que los estudiantes hablen y escriban en el marco de las Ciencias Naturales, y posibilita la alfabetización científica.

En definitiva, haciendo un análisis de los trabajos reportados, es muy claro que deben transformar sus prácticas en la enseñanza de las ciencias hacia un enfoque CTS, el cual posibilite el desarrollo de habilidades científicas mediante diferentes estrategias en contexto como la investigación escolar, la indagación, la argumentación, etc., para lograr una comprensión pública de la ciencia en los procesos de alfabetización científica.

2.1.1.2 Didáctica de la Astronomía

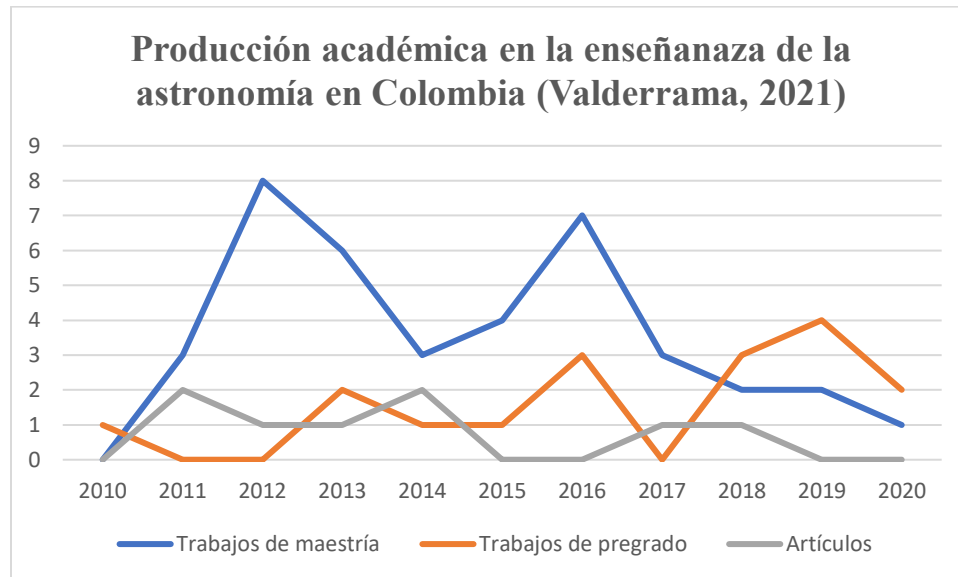
En Colombia los temas de astronomía en la educación básica se trabajan desde las Ciencias Naturales y las Ciencias Sociales, según los estándares del Ministerio de Educación; en Sociales, en sexto y séptimo grado aparece el tema de husos horarios y ubicación geoespacial; en los demás cursos no hay ningún tema propuesto. En Ciencias Naturales en sexto y séptimo, el modelo planetario y el proceso de formación y extinción de

las estrellas. En octavo y noveno en Ciencias Naturales, los modelos para explicar la naturaleza y el comportamiento de la luz, origen y evolución de la vida; en décimo y undécimo, el modelo del campo gravitacional y la ley de gravitación universal (MEN, 1998). Estas temáticas generalmente son impartidas por docentes que en su formación académica de pregrado no tuvieron la formación en astronomía; ello se evidencia al observar los planes de estudio de las licenciaturas que en el país están orientadas al magisterio.

Es prioritario que los docentes encargados de enseñar en este campo estén en continua capacitación, ya que muchos de ellos no tuvieron la oportunidad de adquirir este conocimiento de antemano. Se han realizado múltiples estudios que revelan esas falencias formativas en la aparición de conceptos erróneos, alternativos o sin fundamento científico sobre diversos fenómenos astronómicos en el ámbito escolar. (López, 2022).

En lo tocante a las investigaciones propiamente enfocadas sobre la didáctica de la astronomía, una revisión de publicaciones científicas académicas entre los años 2010 y 2020 que realizó Valderrama (2021), mostró que de un total de 64 publicaciones, un poco más de la mitad pertenecen a trabajos de grado de maestría, 8 investigaciones en el área y 17 de grado de pregrado. En la **Figura 2** se muestran sus hallazgos:

Figura 2. Producción académica en la enseñanza de la astronomía en Colombia.



Fuente: Elaboración propia, tomado de Enseñanza de la Astronomía en Colombia: Aportes y desafíos (Valderrama, Flórez, Merchán, & Villamizar, 2021, pág. 6).

Evidentemente las publicaciones han venido disminuyendo en los últimos años; por tanto, es necesario continuar las investigaciones para lograr establecer un camino más claro para la enseñanza y el aprendizaje de la astronomía, a través de un trabajo mancomunado entre las universidades, los docentes de educación básica y media y los expertos en el tema. El autor reconoce que en Colombia se están llevando a cabo importantes iniciativas para renovar la enseñanza de la astronomía, utilizando métodos didácticos modernos y enfoques pedagógicos actualizados (Valderrama, Flórez, Merchán, & Villamizar, 2021). Destaca, además, la importancia de generar estrategias de formación para los docentes, a fin de incentivar procesos de innovación en el aula que permitan la introducción de temas, fenómenos astronómicos actuales y en contexto al currículo de Colombia.

También hay que destacar el trabajo en los semilleros de investigación y clubes de astronomía en el país que con ayuda de los planetarios distritales y algunas universidades generan experiencias significativas en la enseñanza y aprendizaje de la astronomía, si bien

se debe incentivar y facilitar la sistematización de dichas experiencias para tener más material de trabajo.

El Grupo Física y Cultura del Departamento de Física de la Universidad Pedagógica Nacional ha realizado una investigación de varios trabajos de pregrado y de maestría sobre la enseñanza de las ciencias específicamente con temas de astronomía, y ha encontrado diversas estrategias de enseñanza de la astronomía en la educación básica y media, por ejemplo, se indaga sobre los conocimientos de los estudiantes sobre el movimiento de los astros y las representaciones que hacen de ello; proponen reconocer que observar el cielo ha tenido un impacto en la evolución de la humanidad y en sus procesos culturales; generan actividades donde se trabaja el concepto de espacio y tiempo y se realizan modelizaciones, entre otras varias posibilidades para llevar los temas de astronomía al aula (Martínez, 2019).

En su tesis de disertación doctoral, Baquero Soler (2019) muestra una propuesta didáctica para la enseñanza de la astronomía general en la escuela, identificando que los temas de astronomía se deben trabajar más a profundidad y en todos los niveles educativos desde la primaria teniendo en cuenta que generan gran interés.

Ramírez (2020) realizó una investigación en niños de colegios públicos de Bogotá sobre los imaginarios que ellos tienen sobre los cuerpos del sistema solar y sus expectativas en relación con contenidos asociados a la astronomía. El autor concluyó que las ideas que tienen los niños sobre la astronomía vienen principalmente de lo que observan en el cielo a simple vista y que es muy importante basar las estrategias para trabajar en el aula a partir de las ideas previas y vivencias de los estudiantes.

En el trabajo de Giordano (2021) se indica que hay dificultades para explicar los fenómenos astronómicos desde lo que se observa y lo que se sabe, posiblemente por las estrategias de enseñanza empleadas en la escuela. El trabajo de investigación considera que la educación científica básica debe hacerse mediante preguntas, observaciones rigurosas en contexto, usando varios lenguajes para comunicar lo experimentado y observado, para finalmente, a la luz de la teoría, deducir las conclusiones. Es clave lo que plantea Giordano porque el método científico, que normalmente se usa para hacer los trabajos experimentales e investigativos en aula, tiende a ser repetitivo y encasillado en el método tradicional, lo cual ocasiona desinterés por hacer ciencia en clase y sesga la forma de mostrar los resultados.

Con el objetivo de integrar la astronomía en el currículo escolar, se desarrolló un proyecto en la Institución Educativa San Antonio de Prado. Este proyecto implementó unidades didácticas basadas en astronomía y se llevó a cabo a través de Ambientes Virtuales de Aprendizaje (AVA). Se desarrollaron unidades didácticas bajo la perspectiva de la indagación y el enfoque STEAM, evidenciando un avance considerable en la interdisciplinariedad. La astronomía, como eje principal, en conjunto con el modelo STEAM, se consolidó como una herramienta efectiva para alcanzar las competencias definidas en el PEI (Hernández, 2023).

Así mismo en un estudio realizado con estudiantes de secundaria de Boyacá se encuentra que tienen un entendimiento básico de astronomía, particularmente en las fases lunares y elementos del Sistema Solar, lo cual concuerda con el currículo, pero se requiere profundizar sobre los movimientos terrestres y su conexión con los patrones climáticos. Por consiguiente, es fundamental implementar métodos de enseñanza que fortalezcan los

conceptos científicos, interrelacionándolos con otras áreas como Física, Química y Biología, además modernizar la organización de los conceptos astronómicos en las directrices curriculares nacionales para asegurar su coherencia con el avance en la comprensión de otros conceptos físicos y químicos que sirven de base a la Astronomía. (Valderrama, Guzmán Rodríguez, Umbarila Benavides, Camino, & González Pardo, 2024)

Por su parte (Restrepo, 2024) muestra como con una propuesta de aula de gamificación sobre evolución estelar, permitió que los estudiantes vincularan sus vivencias en el aula con la contemplación del firmamento mediante el uso de Star Walk 2. Esta experiencia logró despertar su interés por la observación astronómica y fomentar el desarrollo de sus capacidades de análisis, las cuales fueron reconocidas a través de un sistema de puntos e insignias que ofrecieron una retroalimentación positiva a partir de sus respuestas y observaciones.

(Rodríguez, 2024) identificó en estudiantes de grado sexto que a pesar de tener en el plan de estudios temas de astronomía tienen dificultades para vincular estos conocimientos con sus propias experiencias al observar el sol. Esto subraya la importancia de integrar de manera más efectiva los contenidos de aprendizaje con las actividades de observación, con el fin de profundizar su entendimiento de la astronomía.

2.1.2. Internacional

Ahora se realizará un recorrido por algunas investigaciones en diferentes países organizado de la misma manera por las temáticas claves.

2.1.1.3 Alfabetización científica

En España realizaron un trabajo de investigación donde se comparó el grado de alfabetización científica de los estudiantes de Bachillerato Científico Tecnológico (GCT) y el de Humanidades y Ciencias Sociales (GHS); se evidenció que el grupo que tiene especialidad en ciencias tiene mayor grado de conocimiento científico, sin embargo, los de especialidad en Humanidades y Ciencias Sociales obtienen mejores resultados cuando elaboran procesos argumentativos, realizan aportes críticos y reflexiones. De lo anterior se concluyen que la especialidad en ciencias contribuye a mejorar la alfabetización científica principalmente a nivel conceptual, pero no genera diferencias a nivel procedimental científico, de relaciones CTS, ni de actitudes hacia la ciencia (Balastegui, 2020).

La propuesta de Leal (2022) parte de los niveles bajos de lectura, comprensión de textos y alfabetización científica en los estudiantes brasileiros y propone un método didáctico para mejorar la alfabetización científica utilizando textos de divulgación científica en astronomía con un enfoque investigativo y argumentativo y usando metodologías activas.

Escobar (2023) realizó una investigación para indagar sobre estrategias que incidieran en los niveles de alfabetización científica. De acuerdo con el autor, las habilidades científicas que más impactan positivamente en el desempeño de los estudiantes son la observación, la recolección y el intercambio de resultados, la organización de la información y la formulación de hipótesis. En menor medida, influyen la evaluación de métodos y el análisis del problema. De esto concluyó que es prioritario formar a los estudiantes para que adquieran y utilicen el conocimiento científico para validar la información con la que interactúan diariamente en las redes sociales e internet.

En el trabajo de Costa (2021) se realizó una revisión sistemática analizando la alfabetización científica en la primera década de este siglo, se encontró que es un constructo multidimensional, caracterizado por la unión de conceptos e ideas sobre la ciencia, la naturaleza de la ciencia y la integración de la ciencia en la sociedad.

Por su parte, Lapasta (2024) lidera un proyecto para evidenciar si los problemas socio-científicos son potenciadores del pensamiento crítico y la alfabetización científica escolar, partiendo de la base que los currículos basados en contenidos científicos se han modificado para que los estudiantes puedan resolver problemas, reflexionar sobre las relaciones de ciencia-tecnología-sociedad-ambiente y de esta manera acercar el conocimiento científico a la vida cotidiana. Como lo plantea la autora, al proporcionar una formación científica adecuada, se estará contribuyendo a que las futuras generaciones piensen por sí mismas de manera crítica, lo que les permitirá desenvolverse mejor y tomar decisiones con mayor discernimiento.

También (Goya & Reis, 2024) realizan una secuencia didáctica para que los docentes de ciencias la trabajen con estudiantes de grado noveno con temas de astronomía con el objetivo de contribuir a la alfabetización científica de los estudiantes. El estudio muestra que la mayoría de los estudiantes presentaron mejoras en todas las materias concluyendo que la secuencia didáctica promueve una adecuada comprensión científica de la astronomía en estudiantes de primaria y Secundaria.

2.1.1.4 Didáctica de la Astronomía

La enseñanza de la Astronomía a nivel general se puede gestionar desde dos miradas: Una cuyo objetivo es preparar a los estudiantes en contenidos e información

usando libros, instrumentos ópticos, modelaje, y otros, para ser profesionales en astronomía; y la segunda corriente es la que vincula al ser humano con lo que observa en el cielo en su lugar de residencia, relacionando lo observado con aspectos sociales, afectivos, culturales en un momento determinado. La primera corriente se da principalmente en la educación formal universitaria, y la segunda es una construcción autónoma de quien observa y aprende. (Lanciano, 2019)

Por ejemplo, en Chile la enseñanza de la astronomía se enmarca en el área de Física del currículo nacional. Desde la educación básica, los estudiantes se adentran en el eje temático "La Tierra y el Universo", cuyo propósito central es guiarlos en la comprensión de la ubicación de nuestro planeta, así como en la adquisición de conocimientos sobre el universo, su historia y las diferentes teorías que lo explican. (Ministerio de Educación de Chile, 2023)

Además, dentro del área de Ciencias Naturales, se incorpora la asignatura "Ciencias para la Ciudadanía", donde se abordan fenómenos complejos que exigen una visión integrada de las ciencias naturales en conjunto con otras áreas del saber. Se busca que la combinación de dichos saberes vehicule la comprensión de situaciones en contexto, se propongan soluciones y se tomen decisiones informadas, con el fin de aportar a la alfabetización científica (Ministerio de Educación de Chile, 2023).

En la **Figura 3**, tomada del texto de Orientaciones Didácticas para Ciencias Naturales y Ciencias para la Ciudadanía, elaborada por el Ministerio de Educación de Chile, se muestra la importancia de la integración de diversos saberes que, en conjunto, aportan a la formación de personas que usen la ciencia y la tecnología para participar de

manera informada en la toma de decisiones y acciones en una sociedad cambiante y con unos retos globales.

Con respecto a la propuesta didáctica para las Ciencias Naturales del Ministerio de Educación de Chile se podría indicar que es muy pertinente para abordar la enseñanza de las ciencias desde un enfoque relacional de Ciencia, Tecnología y Sociedad, interrelacionando las Ciencias Básicas (Biología, Física y Química) para potenciar habilidades científicas y críticas en los estudiantes a partir de los ejes temáticos propuestos.

Esta propuesta (**Figura 3**) articula tres campos de conocimiento con el objetivo principal de formar estudiantes en ciencias para la ciudadanía y de esta manera puedan participar de manera informada de decisiones y acciones que afectan su propio bienestar y el de la sociedad (Ministerio de Educación de Chile, 2023).

Figura 3. Propuesta formativa y curricular de las asignaturas de Ciencias Naturales y Ciencias para la Ciudadanía en Chile.



Fuente: Propósito formativo, los enfoques curriculares por nivel y la arquitectura curricular (ejes, ejes temáticos y módulos) de las asignaturas de Ciencias Naturales y Ciencias para la Ciudadanía (Ministerio de Educación de Chile, 2023).

Por su parte, en Argentina el equipo de trabajo de Diego Galperin, quien dirige el grupo astronómico Osiris ha realizado varias investigaciones, a saber:

Un análisis y propuesta para la enseñanza de la astronomía en las escuelas de Argentina, en la cual se indica la importancia de acercar al estudiante a la Astronomía Observacional en su contexto, iniciando con observación a simple vista del cielo diurno y nocturno sobrellevando las dificultades del clima, la contaminación lumínica y los edificios altos en las grandes ciudades. Destaca la relevancia de que los estudiantes reconozcan los

movimientos del sol, la luna, las constelaciones y otros astros que se pueden observar en la noche en su contexto (Galperin D. I., 2011).

En el 2016, Galperin elaboró un análisis de las imágenes de veinte libros de texto que fueron o están siendo usados en primaria para enseñar las estaciones, las fases de la luna y el fenómeno del día y la noche. Allí encontró que la mayoría tienen errores conceptuales y didácticos al describir dichos fenómenos, lo cual podría explicar por qué los niños, jóvenes y adultos tienen ideas alternativas frente a estos fenómenos astronómicos cotidianos. Por lo anterior, es importante implementar un sistema de evaluación de los textos escolares por autoridades educativas para corregir posibles errores y, así cumplir con los objetivos de enseñanza (Galperin & Raviolo, 2017).

Posteriormente Galperin indagó con treinta docentes sus concepciones sobre las estaciones del año, las fases de la luna y los fenómenos del día y la noche, ante lo cual concluyó que la mayoría de los docentes no explican adecuadamente estos fenómenos, por lo que se sugiere fortalecer los conocimientos disciplinares de los docentes (Galperin, Heredia, & Prieto, 2018).

En el 2019 propuso una secuencia didáctica topocéntrica para la enseñanza del día y la noche, las fases lunares y las estaciones del año, la cual se implementó con veinticuatro docentes de primaria y secundaria, quienes replicaban las actividades en las aulas de clase con sus estudiantes. La implementación fue efectiva pues favoreció aprendizajes en los docentes con el enfoque topocéntrico y los vinculó con la observación a simple vista del cielo (Álvarez, Galperin, & Prieto, 2019).

Con respecto a los estudios realizados por el grupo de investigación dirigido por el doctor Diego Galperin se evidencian varios aspectos para mejorar los procesos de

enseñanza de la astronomía. En primer lugar, implementar la observación a simple vista en contexto de fenómenos cotidianos como el movimiento del sol, la luna y las constelaciones; en segundo lugar, establecer un mecanismo de revisión de los textos escolares para minimizar los errores que puedan confundir a los estudiantes y, en tercer lugar, fortalecer los conocimientos disciplinares de los docentes y generar secuencias didácticas para uso de los docentes en el aula.

En un estudio realizado por Shigunov Neto & Langhi (2021) con profesores de educación básica y alumnos de pregrado de una universidad en Brasil concluyeron que hay vacíos disciplinares con errores conceptuales sobre astronomía debido, posiblemente, a dificultades en su proceso de formación inicial y a la presencia de errores conceptuales en los libros. Por tanto, sugiere realizar estudios más profundos en la formación inicial de los profesores para conocer las causas del poco desarrollo disciplinar sobre el tema.

El estudio de Rabanales Loyola (2021) sobre las concepciones alternativas de temas de astronomía en estudiantes de educación básica y media en Chile encontró que las concepciones erróneas de los profesores, tanto en ejercicio como en formación, son comparables a las de los estudiantes del estudio, a pesar de las diferencias de edad y nivel educativo entre los grupos. En consecuencia, es necesario crear programas de formación para los tres grupos: estudiantes, profesores en formación y profesores en ejercicio.

Lo anterior muestra que la formación en astronomía sigue siendo similar y que poco a cambiado en el tiempo, ya que como se evidencia en la investigación se repiten los mismos errores en diferentes generaciones, por ello es una prioridad revisar la formación docente. Camino, et al. (2016) también plantean como uno de los retos para la enseñanza de

la Astronomía en Latinoamérica la formación de profesores para que enseñen en diversos niveles.

En la Universidad de Brasilia un grupo de investigadores generó la propuesta de una secuencia didáctica para enseñar algunos temas a partir de la Teoría de la Relatividad General con estudiantes de tercer año de educación media en una escuela pública. A partir del análisis de las estrategias didácticas encontraron que los estudiantes se interesaron por los temas propuestos, exhibiendo el desarrollo de habilidades de razonamiento, investigación, manejo de conceptos y aprendizajes significativos (Ferreira, 2021).

Ahora bien, la Universidad católica de Rio grande (Marcelino, 2024) realizó una investigación con estudiantes de primer año del itinerario formativo en astronomía, llegando a la conclusión que una unidad didáctica sobre la Llegada del Hombre a la Luna, con un enfoque sociohistórico, estrategias diversificadas y que fomenta el protagonismo estudiantil, logra promover la Alfabetización Científica (AC) y resalta el potencial interdisciplinar de la astronomía.

En España el grupo de investigación de los doctores Jordi Solbes y Rafael Palomar realizó los siguientes trabajos: en 2011 y 2013, un estudio sobre las dificultades para la enseñanza de la Astronomía y una revisión de textos escolares, en los cuales encontraron que se trabaja el tema de manera muy teórica y tradicional (Solbes, 2013); en 2014 investigaron sobre las dificultades de los estudiantes de bachillerato para estudiar astronomía a partir de lo cual proponen su enseñanza como una estrategia más en el camino de enseñar ciencia a alumnos desmotivados. En 2015, proponen la enseñanza de la astronomía con una asignatura electiva y observan que los estudiantes de la modalidad

científico-tecnológica mejoran en el manejo de los temas y algunos aspectos fundamentales de la actividad científica (Palomar Fons, 2015).

Un estudio del 2018 analiza la relación entre la formación y la investigación didáctica del profesorado de ciencias y su práctica docente. El estudio encontró que existen dos tipos de formación en didáctica de las ciencias, activa y estándar. Los resultados de los cuestionarios aplicados a los docentes revelaron que la formación activa tiene un impacto más significativo en la práctica docente que la formación estándar. (Solbes Matarredona, 2018).

Por su parte (López-Rojas, 2024) implementó una propuesta didáctica “La tierra en el universo” basada en técnicas novedosas para captar la atención de los estudiantes de secundaria hacia la astronomía, buscando así que esta disciplina juegue un rol más importante dentro de las ciencias actuales.

También, Meneses & Gotschlich (2025) idearon la secuencia didáctica "¿Cómo exploramos y evaluamos la habitabilidad en otros planetas?" es una propuesta de astrobiología que combina un enfoque interdisciplinario y metodologías activas para la enseñanza integrada de física y biología con estudiantes de enseñanza media. Esta secuencia busca aprovechar la relevancia del conocimiento astronómico en Chile para fomentar la integración de aprendizajes en ambas disciplinas, impulsar habilidades de pensamiento científico como la argumentación, y promover la autonomía de los estudiantes.

3 Capítulo. Marco teórico

Este capítulo se elaboró con base en el rastreo bibliográfico que se realizó en las bases de datos principalmente Google Scholar, Scopus, Dialnet y repositorios de universidades con programas de formación docente en Enseñanza de las Ciencias Naturales, en Alfabetización Científica Escolar y en Didáctica de la Astronomía.

La revisión bibliográfica permitió identificar temas clave que influyeron en la selección de las categorías de análisis *a priori*, las cuales fueron establecidas en función del proceso pedagógico de enseñanza de las Ciencias Naturales y la Astronomía.

3.1. Referentes teóricos

En este apartado se desarrollará el contexto pedagógico y epistemológico para la enseñanza de las Ciencias Naturales y la Astronomía, revisando su naturaleza y las nuevas tendencias en la educación científica.

3.1.1. Naturaleza de la ciencia y la Astronomía

Para abordar la naturaleza de una ciencia en particular, es necesario reflexionar de manera profunda y crítica sobre la ciencia en sí misma. Para ello se enfocó la atención en sus orígenes para comprender su desarrollo, en su epistemología para comprender la forma particular en que genera conocimiento, y en los paradigmas y sistemas de creencias que la sustentan.

A continuación, se presenta una síntesis de las formas en las cuales las ciencias naturales producen conocimiento, buscando centrar la atención en la astronomía como ciencia.

3.1.1.1. Epistemología de las Ciencias Naturales y la Astronomía

Cuando se habla de la naturaleza de la ciencia en el ámbito de la enseñanza secundaria en Colombia, se genera una asociación mental inmediata con los pasos del método científico. Una de las razones para ello es que el Ministerio de Educación Nacional ha establecido de manera preceptiva una cartilla de *Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales* la cual se ha constituido en la base de la enseñanza tradicional y el ‘caballito de batalla’ de los docentes de Ciencias Naturales. Para cada nivel de escolaridad por grados, se presentan objetivos esperados de aprendizaje y la cartilla establece una sección denominada “...me aproximo al conocimiento como científico-a natural” en la cual se establecen taxativamente los pasos del método científico (Zambrano, Ordóñez, & Agudelo, 2004).

Los docentes de Ciencias Naturales han sido formados en el paradigma positivista del método científico y las prácticas de clase están direccionadas en esa línea muy tradicional. Por ello, es prioridad actualizar las prácticas de enseñanza para adaptarlas a los nuevos ecosistemas de aprendizaje de tal forma que las universidades que forman en pedagogía muestren las nuevas tendencias didácticas de la enseñanza de las ciencias; esto redundaría en mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje encaminados al avance de la cultura científica.

Como lo indica Adúriz-Bravo (2005), En la actualidad, se observa una inclinación hacia la construcción de una visión de la ciencia que acoge diversos enfoques y se adapta de manera práctica a las exigencias de la alfabetización científica y tecnológica, sin comprometer por ello la rigurosidad en la presentación de conceptos meta científicos.

Según el autor existen tres ejes en la naturaleza de las ciencias: el epistemológico que responde a las preguntas ¿qué es la ciencia? ¿Cómo se hace ciencia? el de historia de la ciencia que muestra cómo ha cambiado en el tiempo, y la Sociología de la Ciencia que explica cómo se relaciona la ciencia con la cultura y la sociedad (Adúriz-Bravo, 2005).

Si se hace una revisión de los currículos en ciencias, claramente no se incluyen algunos componentes de la naturaleza de la ciencia ya que están enfocados en los procedimientos científicos y la conceptualización. Sin embargo, en la actualidad es un interés general investigar en Didáctica de las Ciencias y esto está generando que se estén actualizando los currículos.

La Didáctica de las Ciencias indica unos procedimientos cognitivo-lingüísticos para describir y explicar los fenómenos naturales usando un lenguaje científico. Estos pueden ser clasificados en dos grupos: los de primer orden (describir, definir, resumir, narrar) y los de segundo orden (hipotetizar, justificar, explicar, argumentar) (Adúriz-Bravo, 2005).

Lo planteado orienta el proceso de enseñanza de las ciencias en la escuela, ya que en la construcción de conocimiento científico se evidencian dos momentos: el primero es un acercamiento al fenómeno o teoría para tratar de describirlos, y un segundo momento consiste en explicarlos con mayor profundidad. En este último se elaboran modelos para explicar, justificar y argumentar las cuestiones científicas.

Sin embargo, faltaría un tercer momento en el que los estudiantes puedan aplicar esos conocimientos científicos en la vida cotidiana para resolver problemas y tomar decisiones que los beneficien a ellos mismos y a su entorno.

Por ejemplo, la Astronomía estudia el universo a gran escala y, dado que las distancias, los tiempos y tamaños estelares son colosales respecto de los existentes en la

experiencia humana, es pertinente usar modelos que expliquen el universo y su organización misma considerando esta diferencia. Pero, aunque parezca fuera del alcance de lo cotidiano, este conocimiento le permite a la humanidad resolver problemas en la agricultura, crear sistemas de navegación global, establecer avances tecnológicos en las comunicaciones o la medicina, y reflexionar sobre nuestra propia existencia, nuestro papel en el universo y nuestro futuro como especie (Sagan, 1995).

Existen varios estudios que muestran algunas claves para enseñar ciencia en la escuela, por ejemplo, en la propuesta de *Enseñando Ciencia con Ciencia* de España consideran que la mejor manera de aprender ciencia escolar es practicándola. Se propone la implementación de la educación científica por indagación, una metodología que empodera a los estudiantes para adquirir conocimientos científicos, dominar procedimientos científicos, comprender la naturaleza y el desarrollo de la ciencia, y cultivar una actitud favorable hacia las actividades científicas. También, cuando se elaboran modelos se muestra a la ciencia como una actividad que genera nuevo conocimiento y la argumentación contribuye a desarrollar la posibilidad de contrastar las afirmaciones con pruebas antes de aceptarlas, lo que es parte del pensamiento crítico (Couso, 2020).

En un trabajo realizado con treinta y seis docentes se evidenció que la contextualización de la enseñanza consiste en adaptar los contenidos, estrategias y recursos a la realidad social, cultural y ecológica de los estudiantes con ejemplos de la vida cotidiana, permitiendo que el estudiante se familiarice con los contenidos al ser cercanos. Además, que los procesos educativos de las ciencias naturales deben favorecer el desarrollo de competencias para que el conocimiento adquirido en las aulas sea útil y funcional, y se pueda adaptar a la vida cotidiana (Faneite, 2023).

3.1.1.2 Relación entre Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente (CTSA):

La enseñanza de las ciencias ha venido evolucionando, tratando de transformar las metodologías tradicionales que únicamente usan el método científico para generar conocimiento. Inicialmente, aparece el movimiento de *Ciencia para Todos* cuyo objetivo es que todos los ciudadanos tengan un acercamiento con la ciencia y no sea exclusiva de los científicos.

De este movimiento surgió la alfabetización científica que pretende que los ciudadanos manejen los conceptos de ciencia a profundidad y los usen para resolver problemas de la vida cotidiana. Actualmente hace parte de los objetivos educativos de desarrollo sostenible de gran parte de los países del mundo.

La Alfabetización Científica (AC) según Marco (2000, citado en (Gil & Vilches, 2001) se puede ver desde diferentes perspectivas, práctica que permite usar la ciencia en la vida cotidiana, cívica para tener un criterio científico en las decisiones políticas y cultural relacionada con los niveles de la naturaleza de la ciencia, su significado y la relación con la tecnología y la estructura social.

Por su parte, Reid & Hodson, (1993, citados en (Gil & Vilches, 2001) proponen una educación hacia la cultura científica que contenga conocimiento, habilidades y aplicaciones de la ciencia, resolución de problemas, interacción con la tecnología, estudio de la naturaleza de la ciencia y la práctica científica. Como se observa en los conceptos de alfabetización científica, la ciencia está inmersa en todos los aspectos de los seres humanos, le sirve para vivir mejor, para tomar decisiones personales y políticas y está ligada a la tecnología.

Según los estudios sobre Didáctica de las Ciencias, las metodologías tradicionales únicamente han logrado un nivel de alfabetización científica básico a nivel conceptual y se proponen varios enfoques en los últimos años, como el CTS que hacen énfasis en las relaciones de ciencia, tecnología y sociedad enmarcadas el desarrollo científico, lo cual propicia que los estudiantes puedan tomar decisiones en sus contextos (Gil & Vilches, 2001).

Posteriormente se agrega al enfoque CTS la letra A, que significa medio ambiente, y para Yalakí (2016) el objetivo principal de la educación CTSA es empoderar a los individuos para alcanzar avances científicos y tomar decisiones informadas sobre cuestiones científicas y tecnológicas que impactan en la sociedad y el medio ambiente.

La educación CTSA tiene como características: a) Interdisciplinariedad a nivel curricular con diferentes grados de integración, b) tiene en cuenta el contexto social, c) los ciudadanos están en la capacidad de participar de las decisiones, d) sus objetivos de aprendizaje incluyen la alfabetización tecnológica y científica, e) aumentar los conocimientos científicos y tecnológicos, así como las relaciones y diferencias entre ellos, con el propósito de atraer estudiantes hacia las profesiones vinculadas con la ciencia y la tecnología (Perales Palacios, 2020).

A partir de esto surge la estrategia de hacer ciencia a partir de cuestiones socio científicas (CSC); como lo plantea Torres Merchán (2015), se utilizan en el desarrollo de los procesos argumentativos y en la Didáctica de las Ciencias, contribuyendo así en el desarrollo de competencias de pensamiento crítico.

Por ejemplo, al plantear una problemática ambiental como la construcción de una ciudadela de apartamentos en una reserva forestal, vienen los debates científico-sociales

sobre la pertinencia de realizar este proyecto que va a beneficiar a población vulnerable, frente a la pérdida de biodiversidad y el daño ambiental en la reserva forestal y sus alrededores. Situaciones problema como la planteada permite a los estudiantes percibir la ciencia de una manera crítica, que posibilita opinar de manera informada y tomar decisiones, con argumentos científicos.

Por su parte el conocimiento astronómico ha evolucionado junto a los avances tecnológicos que a su vez impactan en la forma de concebir el mundo de la humanidad. Por ejemplo, los grandes telescopios como el James Webb capturan imágenes que contribuyen al conocimiento científico aportando evidencias a teorías o refutando otras, también los satélites de las agencias espaciales que monitorean el clima y la pérdida de biodiversidad en el mundo con imágenes y datos fisicoquímicos. Por lo anterior se puede decir que el aprendizaje de la astronomía tiene una relación directa con las cuestiones socio científicas.

3.1.2. Didáctica de las Ciencias Naturales

La Didáctica en Ciencias Naturales tiene como base el método científico, donde la experimentación y observación de fenómenos naturales permiten explicar el mundo; la ciencia se aprende haciendo, y el principal elemento de trabajo es la naturaleza misma. Como lo dijo Galileo Galilei “La mejor ciencia no se aprende en los libros; el sabio más grande y maestro es la Naturaleza” (García, 2022).

Los modelos explicativos son una forma de representar fenómenos y procesos naturales; estos son usados en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, dan cuenta de los aprendizajes adquiridos por los estudiantes y les sirven de apoyo a los docentes para sus explicaciones. Según Giere (citado en (Izquierdo Aymerich, 2021) para la enseñanza de la

ciencia escolar se pueden usar modelos cognitivos para representar aspectos del mundo; partiendo del modelo teórico elaborado por el científico, el docente acompaña al estudiante para razonar autónomamente sobre el mundo según la teoría, desarrollando paralelamente el pensamiento crítico. La misión del docente es siempre tomar esa teoría científica y pasarla a un lenguaje más sencillo, con el fin de que el estudiante logre comprobar dicho conocimiento y de esta manera desarrolle el pensamiento científico.

En esa misma línea, un modelo didáctico se define como una herramienta conceptual y práctica que persigue la transformación de la realidad educativa, centrándose en los actores principales del proceso pedagógico, es decir, los estudiantes y los docentes. Su construcción se fundamenta en sólidas teorías, principios y paradigmas que brindan el sustento teórico, mientras que, a su vez, establece pautas y directrices para el desarrollo e intervención en contextos educativos específicos. (Romero, 2007, p. 445)

Adicionalmente, como lo indica Coronado (2022), una dificultad para la enseñanza y aprendizaje del saber científico es lograr pasar este conocimiento a una versión con un lenguaje sencillo para los estudiantes; esto se conoce como transposición didáctica. Los docentes parten de un saber específico y en las prácticas educativas lo transforman para que sea de fácil acceso a los estudiantes, elaboran modelos, talleres, esquemas explicativos, resúmenes, etc., con el objetivo de transformar el conocimiento científico a uno escolar y lograr aprendizajes significativos.

El producto final de la transposición didáctica se conoce como Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC) que es el toque subjetivo que el docente impregna al conocimiento que enseña a sus estudiantes, moldeado por las creencias y teorías implícitas

que residen en su pensamiento y guían sus concepciones sobre el saber, la construcción de la enseñanza y el proceso de aprendizaje. (Ibáñez & Villasana, 2020, p. 2).

También se utilizan las secuencias didácticas, que son estrategias de planeación del docente que da cuenta de los pasos y la forma como se va a producir el proceso de enseñanza, se define como la “herramienta principal del profesorado para planificar el proceso de enseñanza y aprendizaje de un tema o contenido específico” (Tena, 2023, p. 3). contiene los objetivos, la estrategia pedagógica, los materiales, recursos y herramientas didácticas que se van a utilizar en la práctica educativa.

Aragón Rodelo (2023) manifiesta que la enseñanza de la ciencia debe alcanzar una AC y una educación ciudadana que forme estudiantes críticos, reflexivos, responsables y comprometidos con la resolución de problemas y el cuidado de la tierra.

Por su parte Tamayo Alzate (2020), indica que es importante reconocer la naturaleza de la ciencia a enseñar y conocer sus especificidades conceptuales, además que los desarrollos de las didácticas específicas aportan a la didáctica general. Por ejemplo, las relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y medio ambiente (CTSA) son un campo que se puede incluir a la didáctica general.

En el siguiente esquema se representan algunos campos que hacen parte de la enseñanza de las ciencias naturales, en adaptación de la propuesta de Tamayo Alzate (2020, p. 29).

Figura 4. Campos de la enseñanza de las ciencias naturales.



Fuente: Elaboración propia. Adaptación de la propuesta sobre los campos que aportan a la construcción de un nuevo concepto de didáctica general. (Tamayo Alzate, 2020, p. 29)

3.1.3. Enseñanza de la Astronomía

La Enseñanza de la Astronomía por ser una disciplina de fusión presenta diversas bases, por un lado, la relación que tiene con la educación, la cultura, la historia, lo individual y social, lo pasado y futuro; todos estos elementos se deben tener en cuenta en el momento de enseñarla. Los educadores en Astronomía deben tener como objetivo formar estudiantes críticos para que incorporen a su vida cotidiana el conocimiento científico, que no den nada por hecho, que puedan imaginar mundos nuevos y que puedan dar respuestas con argumentos según la historia social a la que pertenecen (Camino N. E., 2021).

Teniendo en cuenta lo anterior y por la naturaleza propia de la Astronomía como ciencia, que hace parte de la humanidad desde sus inicios y ha evolucionado junto a los avances científicos y tecnológicos que el hombre ha creado, su enseñanza debe ir a la

vanguardia de las transformaciones de la ciencia, la tecnología y la sociedad, ampliando las fronteras del conocimiento científico y dando explicaciones a fenómenos que siempre han inquietado al hombre.

Teniendo en cuenta, que la enseñanza de la astronomía genera fascinación y estimula la investigación para conocer más a fondo la diversidad de temas, para lograrlo se puede abordar de manera interdisciplinar con otras ciencias afines como Biología, Química, Física, Geometría, Matemática, Ciencias Sociales, y prácticamente con cualquiera otra área de conocimiento.

Finalmente, un aspecto importante para la enseñanza de la astronomía es la formación de los docentes. Como se mencionó en el apartado anterior, en Colombia no existe una licenciatura en astronomía, y las universidades que forman docentes de primaria, ciencias naturales y ciencias sociales no incluyen la asignatura de astronomía en sus planes de estudio, como se evidencia en la revisión realizada por González Triana (2024).

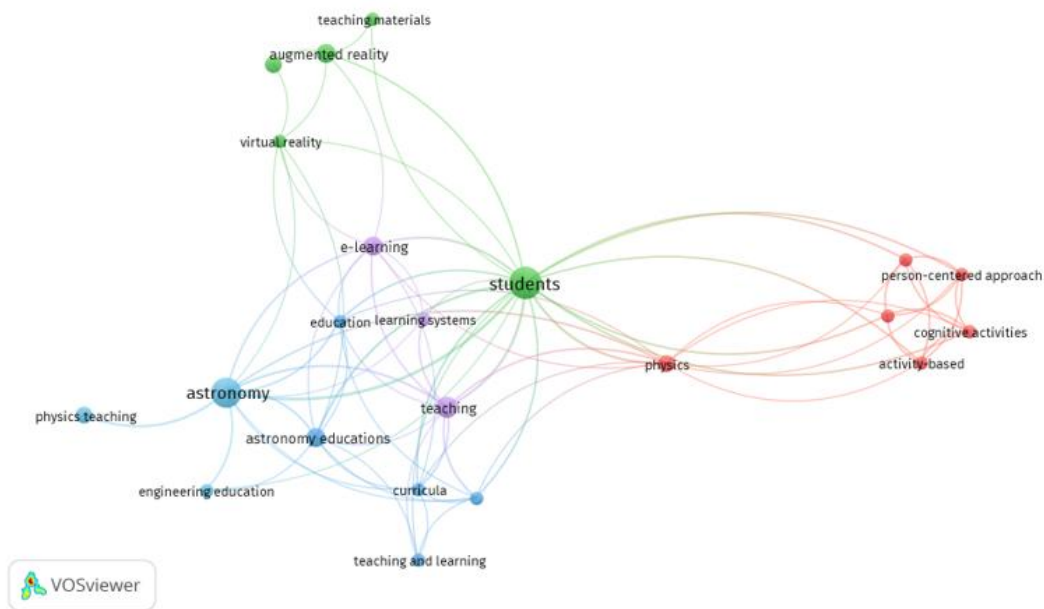
Por lo anterior, los docentes buscan complementar su formación académica a través de posgrados en astronomía, la asistencia a congresos sobre enseñanza de las ciencias y la astronomía, la participación en redes de maestros y su vinculación a los planetarios distritales. Estos últimos se constituyen en un complemento educativo y pedagógico fundamental, desempeñando un papel crucial en la educación científica, la divulgación de la ciencia y la promoción de experiencias enriquecedoras en el aula.

Por ejemplo, el Planetario Distrital de Bogotá ofrece un programa llamado "Planetario para profes" que busca mejorar las habilidades de enseñanza de los docentes a través de la capacitación en astronomía y la mediación de herramientas pedagógicas para optimizar la enseñanza de esta ciencia en las instituciones educativas.

3.1.4. Estrategias didácticas para la enseñanza de la Astronomía

En el proceso de investigación en las bases de datos de Scopus de los años 2021 al 2023 usando las palabras clave *Teaching, learning, astronomy* se encuentran 16 artículos de los cuales se puede decir que la enseñanza y aprendizaje de la Astronomía tiene relación con la enseñanza de la Física, se usan como estrategias didácticas la realidad virtual, el aprendizaje usando dispositivos, materiales de enseñanza interactivos y aprendizaje STEM (Figura 5).

Figura 5. Conceptos relacionados con la enseñanza y aprendizaje de la astronomía.



Fuente: Elaboración propia a partir del análisis en VOSviewer de las bases de datos en Scopus.

A continuación, se explican algunos de los términos encontrados.

3.1.4.1. Pedagogías activas

Las pedagogías activas tienen su origen en la escuela nueva, en el movimiento de Escuela Activa que tiene como fundamento que el estudiante adquiera el conocimiento a partir de un proceso activo de construcción (Adams, 2006 citado en (Santos O. B., 2022, p. 223).

Pensadores pioneros de la escuela activa como Piaget, Brunner, Vygotsky, Dewey y von Glaserfeld, proponen que las pedagogías activas tienen las siguientes características: están centradas en el estudiante, tienen en cuenta las individualidades de los estudiantes en cuanto a la forma de aprender y relacionarse con los demás, parten de sus intereses personales, desarrollan el pensamiento creativo, ofrecen al estudiante la libertad de tomar decisiones en su proceso de aprendizaje y tienen como objetivo principal el desarrollo integral del estudiante (Santos O. B., 2022).

A pesar de que las nuevas generaciones de estudiantes están permeadas por los avances tecnológicos y las formas de interacción en el aula en los procesos de aprendizaje han cambiado, en Colombia en el sistema educativo sigue primando la educación basada en contenidos, los planes de estudio de los colegios están organizados de esta manera y las prácticas educativas siguen siendo tradicionales. Todo ello conlleva a un desinterés por parte de los estudiantes y para los docentes un agotamiento porque, aunque se realizan esfuerzos para mejorar las prácticas de aula, mientras el aprendizaje siga siendo por contenidos no se conseguirán los resultados esperados.

Por su parte, el aprendizaje activo es un método de enseñanza que le permite a los estudiantes resolver problemas a partir de actividades de reflexión individuales o grupales,

promoviendo de esta manera el pensamiento crítico sobre un tema y el desarrollo de habilidades (Santos O. B., 2022).

Por ejemplo, el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) es un tipo de aprendizaje activo (Kokotsaki, 2016) que promueve el trabajo en equipo y favorece el desarrollo de pensamiento crítico, el pensamiento creativo, pensamiento científico y algunas competencias para la vida como proponer soluciones a problemas de la vida cotidiana. El aprendizaje activo busca que el estudiante sea el protagonista de su proceso de aprendizaje, que a través de la práctica use toda la información que existe para generar conocimiento que le sirva en su vida cotidiana.

Leal (2022) postula que el papel del profesor en las metodologías activas es proponer problemas, orientar el análisis y fomentar la discusión, independientemente del tipo de metodología que se utilice. Es crucial al momento de emplear alguna metodología activa tener claro el papel del docente para obtener mejores resultados en la implementación, sin embargo, en el contexto colombiano los estudiantes están muy acostumbrados a que se les indique lo que deben hacer paso a paso y les cuesta desarrollar trabajo de análisis, la discusión y la formulación de conclusiones y argumentos para explicar alguna situación desde una perspectiva científica.

3.1.4.2. Interdisciplinariedad y enfoque STEM

Actualmente la educación secundaria en Colombia está organizada por áreas obligatorias desde la ley general de educación de 1994, y cada área tiene una o varias asignaturas, por ejemplo, del área de ciencias naturales hacen parte las asignaturas de Biología, Química y Física. Las instituciones educativas generan sus proyectos educativos

institucionales partiendo de esta forma de organización del plan de estudios por áreas y de la misma manera las secretarías de educación asignan los docentes que van a orientar cada una de estas áreas.

Sin embargo, teniendo en cuenta las nuevas tendencias de globalización, en donde para resolver situaciones problema se requiere de varios campos de conocimiento, en la educación empezaron a surgir movimientos internacionales como STEM, que buscan transformar la estructura tradicional de los planes de estudio, basada en disciplinas separadas, hacia un modelo educativo interdisciplinario. Este enfoque busca integrar diversas áreas del conocimiento para dar mayor relevancia a la tecnología y la ingeniería en el contexto escolar (Sanders, 2008).

STEM es una sigla que integra cuatro disciplinas Ciencia (S), Tecnología (T), Ingeniería (E) y Matemáticas(M); este enfoque fue creado en Estados Unidos por la Fundación Nacional de Ciencia como una estrategia de integración y se ha tomado como guía educativa en muchos países; se ha implementado como política de Estado para mejorar la calidad educativa e impulsar el desarrollo de la investigación, el desarrollo y, la innovación, que son indicadores del desarrollo de un país (Fonseca-Factos, 2022).

El enfoque STEM incluye metodologías activas con un trabajo integral y transdisciplinar de las cuatro áreas en mención y facilita el desarrollo de habilidades de pensamiento científico y crítico al centrarse en la solución de problemas de la vida cotidiana.

De acuerdo con García Fuentes (2023), este enfoque favorece la educación científica, pues enfrenta la dificultad de no considerarse una práctica pertinente, lo cual genera desinterés por parte de los estudiantes y brechas de género en torno al estudio de

áreas de ciencia y tecnología, pues el ingreso de mujeres a estas áreas es muy inferior frente al de hombres.

En un estudio realizado con estudiantes de grado séptimo aplicando actividades STEM con el tema de ‘Más allá del sistema solar’, se abordaron las causas y consecuencias de la contaminación espacial con la cual observó mejoría en la actitud de los estudiantes hacia la astronomía (YÜZGEÇ, 2023).

En una investigación en Australia en un curso inicial de astronomía, en donde se realizaron observaciones astronómicas autodirigidas se muestra que los estudiantes mejoraron conceptos erróneos sobre fenómenos astronómicos, pero también es una forma de enseñar habilidades de pensamiento crítico e influir en la educación científica general para los futuros ciudadanos. (Zadnik, 2021)

En el aula de clase cuando se plantean problemas que afectan a la humanidad y se abordan desde varias áreas del conocimiento el aprendizaje se realiza con mayor profundidad y se logra una mayor comprensión que al abordarlo desde una única perspectiva. Los fenómenos astronómicos por su misma naturaleza se relacionan con las Ciencias Naturales, Ciencias Sociales, Artes, Matemáticas, por ello, trabajar con el enfoque STEM resulta más beneficioso en términos de comprensión y apropiación de los conceptos astronómicos.

3.1.4.3.Elaboración de modelos

En la enseñanza de las Ciencias Naturales los modelos constituyen una estrategia didáctica apropiada para representar fenómenos científicos de manera sencilla con un lenguaje apropiado según la edad de los estudiantes. Para la enseñanza de la Astronomía la

elaboración de modelos tanto físicos como mentales son claves teniendo en cuenta que las unidades de distancia, tiempo y tamaño en el universo son tan grandes que son difíciles de comprender.

Para la elaboración de un modelo físico es necesaria la comprensión y apropiación de los conceptos asociados al fenómeno y un desarrollo del modelo en la mente que posteriormente se materializa. En Ciencias Naturales ese conocimiento científico mediante la trasposición didáctica se modeliza para un mejor entendimiento de los estudiantes. Como lo indica Galperin (2022) los individuos construyen modelos mentales como representaciones cognitivas para comprender un fenómeno, resolver un problema, realizar inferencias o razonar consecuencias mediante la manipulación de dicho modelo.

Algunas investigaciones sostienen que los modelos permiten comprender fenómenos y procesos complejos, difíciles de explicar teóricamente. Dichos modelos pueden ser físicos como la representación del tamaño y distancia de los planetas de sistema solar a escala, o mediados por la tecnología con imágenes, simuladores y aplicaciones para los dispositivos, pero siempre con el objetivo es generar aprendizajes significativos en contexto.

3.1.4.4. Aprendizaje usando dispositivos

En la actualidad, son muchas las personas que utilizan dispositivos electrónicos como los celulares, los relojes inteligentes, las tabletas, gafas de realidad virtual, etc., las cuales hacen parte de su vida cotidiana en el trabajo, el transporte, el estudio, la recreación y su vida familiar. Su uso se ha convertido en una prioridad en todos los aspectos de la vida de las personas del mundo globalizado manejado por las redes sociales.

Estos dispositivos son una herramienta muy valiosa en los procesos formativos dadas sus características de ubicuidad y accesibilidad, es decir, se pueden usar en cualquier momento y lugar. Existen numerosas aplicaciones para los dispositivos vinculadas a la educación, por ejemplo, para hacer operaciones, medir variables, graficar, simular experimentos, observar y conocer el cielo, conocer la ubicación geográfica, etc. Por tanto, son recursos de apoyo en los procesos educativos que facilitan la indagación, la manipulación y el análisis de información y, en consecuencia, la interpretación crítica y reflexiva del conocimiento, así como la praxis colaborativa y participativa. Con estas herramientas los estudiantes son gestores de su propio aprendizaje y afianzan sus habilidades, destrezas y el desarrollo de su autonomía (Campuzano-López, 2021).

3.1.4.4.1. Simulaciones por ordenador

Una simulación por ordenador es “un modelo dinámico generado por un ordenador que presenta modelos teóricos o simplificados de componentes, fenómenos o procesos del mundo real”. Pueden incluir animaciones, visualizaciones y experiencias interactivas de laboratorio” (Acut, 2021, p. 2).

El uso de software especializado de simulación es una estrategia didáctica interactiva pertinente para generar aprendizajes significativos, que acerca a las personas a fenómenos de difícil observación. Por ejemplo, el software *Stellarium* permite observar el cielo en tiempo pasado, presente y futuro y, con ello conocer la organización y los ciclos del firmamento.

De ese modo, la herramienta facilita el aprendizaje de la Astronomía, facilita que los estudiantes apropien el conocimiento astronómico y ayuda a precisar conceptos físicos y

teóricos. Esto coincide con los resultados obtenidos en un estudio elaborado con estudiantes de undécimo grado, de una escuela en Filipinas a través del cual se hallaron mejoras en el rendimiento académico de los estudiantes y el aprendizaje significativo de la ciencia después del empleo de software especializado de simulación para la enseñanza de la Astronomía (Acut, 2021).

Los planetarios itinerantes utilizan simulaciones que permiten mostrar fenómenos que, a simple vista, no se pueden observar. Tienen la ventaja de conectarse en tiempo real, en tiempo pasado y a futuro, mostrando el fenómeno en evolución y de llegar al público de todas las edades y a cualquier persona interesada en indagar, investigar, aprender y enseñar los temas de la astronomía.

A partir de la revisión bibliográfica sobre la enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales y la astronomía se organiza el marco conceptual y categorial.

3.2.Marco conceptual y categorial

Como la enseñanza de las Ciencias Naturales apoya los objetivos de desarrollo sostenible para mejorar las condiciones de los países, es fundamental que el proceso contemple formar estudiantes que tengan habilidades científicas y críticas. Para ello, es prioritario enriquecer las prácticas en el aula que mejoren todas estas habilidades en los estudiantes para aportar a la alfabetización científica escolar.

Por lo tanto, se proponen las siguientes unidades categoriales que se describirán a continuación.

3.2.1. Alfabetización científica escolar

La alfabetización científica tiene sus inicios en el siglo XIX cuando se empezó a observar que el conocimiento científico estaba limitado a las personas que se dedicaban a hacer ciencia. Desde entonces se propuso empezar a educar a las personas en conceptos científicos para que explicaran los fenómenos de la naturaleza y desarrollaran, de ese modo, el pensamiento científico, a fin de participar como ciudadanos activos en las sociedades (Costa, 2021).

Se han establecido unos niveles de AC teniendo en cuenta las propuestas de varios autores a la fecha como se explica en la Tabla 2.

Tabla 2. Niveles de alfabetización científica y tecnológica.

Nivel	Características
No alfabetizado científica y tecnológicamente	El ciudadano no tiene la capacidad para comprender cuestiones científicas o para formular una pregunta dentro de un campo científico específico (Bybee, 1997, en Costa, 2021)
Nominal	El ciudadano conoce algunos términos científicos, se hace preguntas, pero maneja superficialmente los conceptos y con algunos errores.
Funcional	El ciudadano usa vocabulario científico y tecnológico en una actividad particular como leer una noticia o ver un programa en televisión, pero generalmente está fuera de contexto y carece de la capacidad conceptual.
Conceptual y procesal	El ciudadano maneja conceptos y procedimientos propios de las ciencias que le permiten resolver problemas prácticos.
Multidimensional	El ciudadano establece conexiones entre las disciplinas científicas, entre la ciencia y la tecnología y su utilidad en la sociedad.

Fuente: Propuesta elaborada a partir de varios autores. Tomado de Scientific Literacy: The Conceptual Framework Prevailing over the First Decade of the Twenty-First Century (Costa, 2021, p. 201).

Según la OCDE la alfabetización científica implica participar de manera informada en debates sobre ciencia, sostenibilidad y tecnología, lo que permite tomar decisiones y

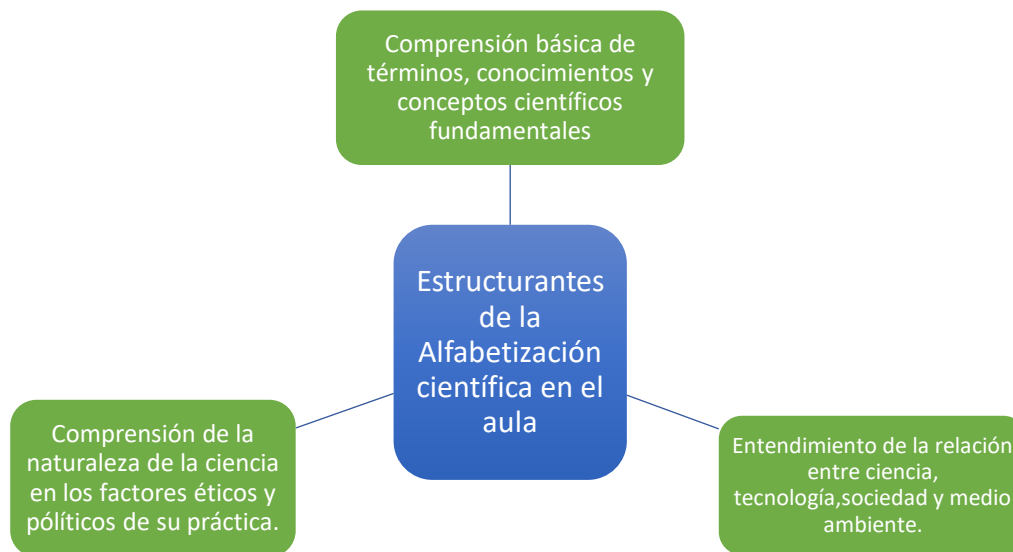
actuar de manera responsable. Esto requiere la capacidad de explicar fenómenos desde una perspectiva científica, diseñar y evaluar investigaciones, así como analizar e interpretar datos y evidencias de manera crítica (OCDE, 2022).

Según los resultados de la prueba PISA 2022 (OECD, 2023, p. 3), en Colombia solo el 1% de los estudiantes que presentaron la prueba tienen nivel de competencia 5 o 6, correspondiente a la aplicación del conocimiento científico; tan solo el 49% alcanzó el nivel 2, el cual corresponde a estudiantes capaces de reconocer la explicación correcta de fenómenos científicos conocidos y que pueden usar ese conocimiento para identificar, en casos sencillos, si una conclusión es válida con base en los datos proporcionados. Así, de acuerdo con lo expuesto en la **Tabla 2**, los primeros se ubicarían en nivel de alfabetización científica multidimensional, los segundos en nivel conceptual y procesual y los demás estudiantes o sea el 50 % presentan niveles bajos de alfabetización científica. En ese contexto, se ve la necesidad de promover espacios de enseñanza en Ciencias Naturales, que aporten al mejoramiento de los niveles de AC en Colombia.

El conocimiento propio de la astronomía ofrece la posibilidad de ser enseñado de manera transversal junto con el de otras ramas de las ciencias naturales como la física, la biología y la química. Hacerlo así facilita la explicación de teorías sobre fenómenos complejos, como el origen del universo y de la vida, a partir de los datos obtenidos de telescopios y satélites. Esta integración contribuye a mejorar los niveles de alfabetización científica en la escuela al proporcionar elementos clave para el desarrollo de pensamiento científico y crítico al generarse espacios de reflexión, discusión y análisis frente a los saberes astronómicos.

Por otra parte, en relación con la estructura y los indicadores requeridos en la alfabetización científica en el aula, Sasseron & de Carvalho (2008) las reúnen en tres dimensiones, como se observa en la **Figura 6**. Estructura de la alfabetización científica en el aula.

Figura 6. Estructura de la alfabetización científica en el aula.



Fuente: Propuesta elaborada por Sasseron & de Carvalho (2008, p. 335)

Con respecto a esta propuesta y los resultados de la prueba PISA, se puede inferir que los procesos que se llevan a cabo en el aula y el alcance de las clases se limitan a conocer términos y conceptos científicos; pero no se profundiza en la naturaleza de la ciencia y se trabaja, de manera superficial, la relación de ciencia, tecnología, sociedad y medio ambiente. Por tanto, es importante buscar estrategias para incluir las dos dimensiones que faltan y de esta manera avanzar en los niveles de AC en la escuela.

Los gobiernos, a través de sus Ministerios de Educación, y los investigadores en el campo de la enseñanza de las ciencias han impulsado diversas reformas curriculares que buscan mejorar los niveles de alfabetización científica, que incluye, fomentar habilidades

de pensamiento científico, crítico y resolución de problemas, comprender que la ciencia no es infalible y que existen riesgos asociados a sus avances, preparar a los estudiantes para participar activamente en debates y decisiones relacionadas con la ciencia y la tecnología (Sanders, 2008).

Considerando que, la AC fomenta habilidades de pensamiento científico, Richard Duschl (2007 citado en (Furman, 2020) lo define en cuatro capacidades: 1. Poseer un sólido conocimiento de las teorías y conceptos científicos, y son capaces de utilizarlos para interpretar y explicar fenómenos naturales. 2. Capacidad de formular hipótesis, recopilar y analizar datos, y evaluar la validez de las explicaciones científicas. 3. Reconocer que el conocimiento científico es dinámico, está en constante evolución, y tiene unos procesos mediante los cuales se genera y se valida. 4. Poder comunicar ideas científicas de manera efectiva, colaborar con otros científicos y participar en el debate científico.

Furman (2016) define el pensamiento científico como una forma de interactuar con el mundo que integra aspectos cognitivos y socioemocionales, tales como la apertura mental, la objetividad, la curiosidad y la capacidad de asombro, la flexibilidad y el escepticismo, y la habilidad para colaborar y crear en conjunto.

García-Carmona (2023) plantea que el propósito del pensamiento científico es encontrar la mejor explicación posible para un fenómeno, basándose en la evidencia disponible. Esto implica descartar propuestas alternativas que sean menos coherentes o convincentes.

La astronomía facilita la comprensión del entorno local y regional, así como la explicación de fenómenos cotidianos y observaciones celestes. Esto se traduce en una enseñanza-aprendizaje diferente, fundamentada en un conocimiento contextualizado y con

potencial transformador, que vincula la ciencia con los problemas sociales desde una perspectiva integral, donde el entorno se erige como el principal espacio de aprendizaje (Donato Morales, 2020), preparando así a los estudiantes a mejorar sus habilidades científicas al conectar lo aprendido en el aula con los fenómenos que lo rodean y su aplicación en situaciones problema de la vida cotidiana como la ubicación geográfica o el calendario lunar y solar.

De esta manera, la astronomía escolar se erige como un medio no solo para explorar el universo y comprender los fenómenos astronómicos, sino que también faculta a los estudiantes para reconocer su posición en el mundo actual, el pasado y futuro y el impacto de la ciencia en diferentes momentos sociales, religiosos y culturales. A su vez, fomenta la comprensión de su responsabilidad como seres humanos al asimilar nuevos conocimientos, expandiendo su mente para generar interrogantes e iniciar procesos de indagación que les permitan resolverlos.

3.2.2. Pensamiento Crítico

El pensamiento crítico es parte fundamental de la alfabetización científica ya que permite analizar la información científica de manera objetiva y reflexiva, cuestionando su validez y buscando diferentes perspectivas.

El pensamiento crítico ha sido definido por diferentes autores; en la revisión que hace León (2014) se mencionan los siguientes conceptos, ver **Tabla 3**.

Tabla 3. *Definiciones del pensamiento crítico desde diferentes autores.*

Autor y fecha	Definición
Sternberg (1986)	Son procesos y representaciones mentales que se usan para resolver problemas, tomar decisiones y generar conocimiento nuevo.
Dewey, 1909	El pensamiento reflexivo se da cuando una persona formula preguntas, encuentra información relevante y saca sus propias conclusiones.
Glaser, 1942	Una disposición abierta y reflexiva ante los problemas y asuntos que surgen dentro del ámbito de nuestra experiencia, acompañada de un conocimiento

Norris y Ennis, 1989	sólido de los métodos de investigación y razonamiento lógico, junto con la habilidad para aplicar estos métodos de manera efectiva, constituye una actitud esencial para abordar de forma crítica y constructiva los desafíos que nos rodean. Análisis profundo y racional orientado a determinar qué aceptar como verdad o qué acción ejecutar. (p. 165).
Paul, Fisher, y Nosich, 1993	Es una manera de pensar acerca de un tema, contenido o problema y mejorar ese pensamiento de acuerdo con sus procesos intelectuales.
Fisher y Scriven, 1997	Interpretar y evaluar observaciones y comunicaciones, información y argumentación.
Facione, 1992	En el marco cognitivo hay una disposición al pensamiento crítico que se relaciona con una motivación interna para usarlo al enfrentar problemas y tomar decisiones.

Fuente. Elaborada con base en los autores tomados de León (2014)

Por otro lado, para Bailin y Siegel (2003, citados en Tamayo Alzate, 2020) el pensamiento crítico se caracteriza por su capacidad de adaptarse a diferentes contextos y áreas de conocimiento especializadas. En lugar de apegarse a reglas rígidas o seguir pasos procedimentales preestablecidos, el pensamiento crítico pone mayor énfasis en comprender las razones subyacentes detrás de los argumentos y las decisiones.

Por su parte, Tamayo et al. (Tamayo Alzate, 2020) proponen que la formación y desarrollo del pensamiento crítico tanto de docentes como estudiantes hace parte de la didáctica de cualquier disciplina de conocimiento. Esto permite un proceso educativo reflexivo y crítico, enfocado hacia la identificación y solución de problemas, donde juegan papel fundamental el desarrollo de la creatividad, la observación y la discusión racional.

Por lo tanto, desarrollar habilidades de pensamiento crítico vehicula en los estudiantes la toma de decisiones a partir del conocimiento científico adquirido (Oliveira, 2016); para ello se requiere de un proceso secuencial donde, como lo plantea la taxonomía de Bloom, hay unos niveles de complejidad del pensamiento que van de niveles inferiores a los superiores con base en procesos cognitivos así: (1) memorizar una información; (2) comprenderla; (3) aplicar el conocimiento para resolver problemas nuevos; (4) analizar y;

(5) evaluar para finalmente crear un conocimiento nuevo a partir de todo el proceso (Aznar, 2012).

En efecto, el desarrollo del pensamiento crítico está avanzando paulatinamente en la formación de los docentes y se ha encontrado que, la resolución de problemas científicos actúa como estrategia para potenciar el pensamiento crítico, pues provoca en el estudiante la búsqueda e indagación de diferentes fuentes y alternativas para llegar a dicha resolución (Ozaeta, 2021). Adicionalmente, la alfabetización científica que se requiere en la actualidad debe propender por avanzar en el conocimiento científico de la ciudadanía además de mejorar las habilidades reflexivas y de argumentación crítica (García Carmona & Guerrero Márquez, 2020).

Según estos los autores, la alfabetización científica contribuye al desarrollo de habilidades de pensamiento científico y crítico, de ahí la importancia de priorizar la mejora de la cultura científica en la escuela, ya que las sociedades con mayores niveles de alfabetización científica tienen mejores desarrollos en ciencia y tecnología, y ciudadanos con mayor capacidad reflexiva.

Además, en la educación científica, fomentar el pensamiento científico es fundamental. Sin embargo, al incorporar el pensamiento crítico a los objetivos de aprendizaje, surge la interrogante de cuándo emplear cada uno o ambos simultáneamente. Esta inquietud es válida y requiere un análisis profundo para una implementación efectiva en la escuela (García Fuentes, 2023).

Así pues, como lo plantean los autores el pensamiento científico y crítico están relacionados intrínsecamente en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias,

comparten procesos en común, no obstante, presentan diferencias en cuanto a sus capacidades cognitivas y objetivos.

En resumen, la enseñanza de la astronomía fomenta el pensamiento crítico al desarrollar en los estudiantes habilidades como la formulación de preguntas sobre el origen del universo, la posibilidad de vida extraterrestre y la naturaleza del tiempo y el espacio; promueve el análisis de información a partir de datos astronómicos reales obtenidos de telescopios y satélites; motiva a la comprensión de los movimientos celestes locales y regionales para la toma de decisiones; e impulsa la evaluación de la solidez de la evidencia que respalda las teorías, promoviendo así la capacidad de construir y defender argumentos basados en evidencias.

3.2.3. Didáctica de la Astronomía

La Astronomía es una ciencia que le permite al hombre posicionarse de manera crítica frente al mundo, además, su cotidianidad entra en contacto directo con muchos fenómenos astronómicos que, por lo general, no sabe explicar. De ahí la importancia de la enseñanza de esta ciencia en todos los niveles educativos formal e informal, a públicos de diferentes edades niños, jóvenes y adultos; ya sea en formación universitaria, en cursos de formación complementaria o a personas con condiciones específicas de aprendizaje (Camino, Nardi, Pedreros, García, & Castiblanco, 2016)

Un concepto clave a tener en cuenta al considerar la Didáctica de un saber cualquiera es el de la *mediación pedagógica*, el cual se refiere al conjunto de acciones y recursos que intervienen en el proceso educativo para facilitar la enseñanza y el aprendizaje (Sequeira Salazar & Rojas Mora, 2024). En el diagrama de la **Figura 7**, la mediación pedagógica se ubica en el docente, cuya *labor* es la mediación entre los contenidos en

contexto y los estudiantes. La manera como un estudiante se relacione con los saberes de la astronomía y la efectividad con la que adquiera el pensamiento científico y crítico, y el nivel de Alfabetización Científica que logre alcanzar, dependerán en gran medida de la calidad de la mediación que el docente lleve a cabo.

Ahora bien, para la enseñanza de la Astronomía es necesario subrayar que, pese a las ideas preconcebidas que se puedan tener, la calidad de la mediación pedagógica no depende de elementos costosos o altamente tecnificados: telescopios, espejos o reflectores serán útiles, pero la mayoría de los fenómenos naturales *son visibles a simple vista*.

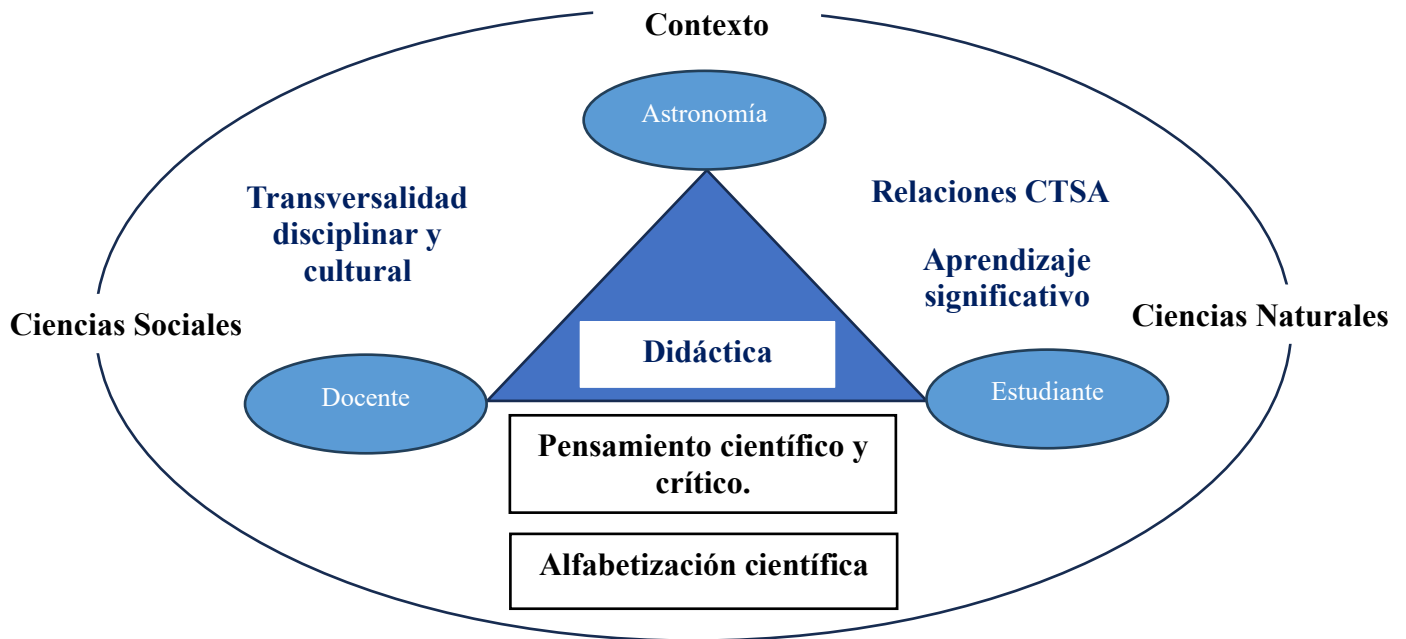
Adicionalmente, el uso de tecnología *gratuita* o *económica*, que incluye páginas especializadas de agencias espaciales y software como *Stellarium* <<https://stellarium.org/>> o *Star Walk 2* <<https://starwalk.space/>>, permitirá que el estudiante pueda acceder a información actualizada y confiable para lograr el objetivo deseado.

Según Camino (2011), la didáctica de la astronomía es un proceso investigativo creativo, dinámico y profesional que se desarrolla en el proceso de intercambio continuo entre las ciencias sociales y las ciencias naturales. La didáctica de una disciplina se realiza en la fusión entre los saberes propios de la Astronomía y los saberes propios de las ciencias de la educación, y se caracteriza por la transversalidad disciplinar y cultural, la priorización de la relación entre el hombre y el universo, el respeto por la persona que aprende y la labor de generar aprendizajes significativos, tal como se puede ver de manera esquemática en la **Figura 7**.

Allí se muestra que la didáctica de la astronomía en el aula se genera a partir de la relación entre el conocimiento astronómico, los docentes y los estudiantes, dentro de un contexto interdisciplinario. Este contexto se nutre de las interacciones entre conceptos

científicos provenientes de las ciencias naturales, y conceptos sociales y culturales propios de las ciencias sociales y humanas.

Figura 7. Características de la didáctica de la astronomía.



Fuente: Elaboración propia. Adaptación de la propuesta sobre la didáctica específica en ciencias por Tamayo Alzate (2020) y Camino (2011)

El objetivo es que los estudiantes comprendan su ubicación en el planeta, el sistema solar, la galaxia y el universo, y que adquieran habilidades de pensamiento científico y crítico para conocer, hacer, aplicar y explicar fenómenos que impactan su vida en los ámbitos cotidiano, social, tecnológico, ambiental y cultural. Se busca que todo esto se traduzca en aprendizajes significativos que les permitan tomar decisiones informadas para ser mejores ciudadanos y contribuir a la solución de problemas que afectan al mundo actual. En palabras de Giordano (2021), al observar el cielo desde diferentes lugares del mundo el estudiante descubre que la interpretación de los acontecimientos locales le da una visión de lo que ocurre en la tierra en su totalidad.

En esa misma línea se encamina Valderrama (2021) cuando propone que la didáctica sea pensada desde un enfoque que reconozca las relaciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad; esto enmarcado en los nuevos ecosistemas de aprendizaje para una sociedad cambiante donde la ciencia y la tecnología están presentes en la vida cotidiana de las personas.

Camino et al. (2016), además, señalan que los temas abordados en educación formal están enfocados en la explicación de las teorías de la gravitación universal, el geocentrismo, el heliocentrismo, de la relatividad e incluso de la mecánica cuántica; no obstante, los fenómenos cotidianos como los solsticios, eclipses, alineaciones y conjunciones planetarias, cometas, se dejan de lado. Por tanto, resulta prioritario reconocer que la enseñanza de la astronomía debe ser promovida en todos los niveles educativos, tanto formales como no formales, para que la sociedad pueda comprender mejor el universo que la rodea.

La enseñanza de la Astronomía es, por tanto, una actividad cultural de construcción de explicaciones que va más allá de realizar avistamientos de objetos cosmológicos a través de instrumentos sofisticados. Culturalmente, implica una cosmovisión, y permite generar diálogos con otras cosmovisiones de diferentes culturas; se puede enfocar en analizar problemáticas como la contaminación espacial por satélites en exceso y en desuso, analizar el fenómeno de las estaciones del año desde diferentes puntos del planeta o pensar en las posibilidades reales de existencia de vida en otras partes del universo. El manejo de estos temas, es decir, la *mediación* del docente al exponerlos y generar interacciones en los espacios de enseñanza es el camino que debería llevar a los estudiantes a constituirse en seres respetuosos que se reconocen como una pequeña parte de un gran sistema (Camino, Nardi, Pedreros, García, & Castiblanco, 2016).

Así, para lograr un enfoque más holístico de la enseñanza de la Astronomía, Cristóbal-Aragón (2018) plantea que la *observación* es el elemento fundamental para aprender sobre los fenómenos astronómicos que nos rodean. Por lo tanto, se necesita una educación enfocada en desarrollar y entrenar la habilidad de describir en detalle lo observado y, posteriormente, visibilizar la representación mental que se haya adquirido. Ese proceso puede darse en diferentes medios, en textos imágenes o de otras formas, según los conceptos previos y capacidad expresiva del estudiante.

La observación desempeña un papel esencial en la formación de representaciones mentales, al facilitar la interacción entre las ideas preexistentes y la información del entorno. Tal como señalan autores de la filosofía de la ciencia y la psicología cognitiva, como Kant, Kuhn, Hanson, Bartlett y Piaget, antes de cualquier acto de observación, las representaciones mentales se organizan ontológicamente como estructuras cognitivas preexistentes, conformando un entramado de conceptos, creencias y modelos del mundo internalizados por el individuo. Desde una perspectiva epistemológica, estas representaciones actúan como filtros y marcos interpretativos que influyen en la percepción, el procesamiento y la atribución de significado a la nueva información sensorial. En otras palabras, las teorías y los conocimientos previos del observador no solo anticipan lo que se espera encontrar, sino que también modulan activamente la atención, la codificación y la comprensión final de los datos observacionales, estableciendo así un diálogo dinámico entre lo conocido y lo que se intenta conocer (de Assumpção, 2024).

4 Capítulo. Marco metodológico

En este capítulo se establece el diseño metodológico y se justifica la razón para escoger el paradigma, enfoque y métodos propios de la investigación.

4.1 Metodología

Dado que el fenómeno bajo análisis en esta investigación es la *didáctica* propia de la astronomía, es decir, un campo de acción basado en interacciones humanas, esta propuesta se basa en el método cualitativo con enfoque interpretativo, sobre lo cual se elabora más abajo. Nuevamente, el objetivo del trabajo es comprender las relaciones entre los actores principales en el proceso de enseñanza y aprendizaje, y cómo en ellas se construye la alfabetización científica a la vez que se desarrolla el pensamiento científico y crítico.

Siendo la comunicación la base de dichas relaciones, es necesario emplear el enfoque cualitativo de investigación para capturar, a partir de las voces de los actores intervinientes, las características del fenómeno objeto de estudio. Cabe recordar aquí que un propósito inherente al desarrollo investigativo será contar con los elementos necesarios para la toma de decisiones en pro de la mejora de las didácticas en la enseñanza de la astronomía. Claramente es la investigación cualitativa la que facilita la comprensión de fenómenos sociales complejos como el proceso educativo. De hecho, Bisquerra Alzina (2022) plantea que la investigación en este campo se dedica a la exploración organizada de nuevos conocimientos para comprender mejor los procesos educativos y así contribuir a la mejora de la educación.

Ahora bien, la escogencia del modelo interpretativo de investigación se basó en los cinco axiomas de Lincoln y Guba (1985, citado en (González Monteagudo, 2001), para quienes las realidades son “múltiples, holísticas y construidas” (pág. 228), dejando de lado el ideal positivista de predicción y control, y enfocándose en la comprensión del fenómeno para “desarrollar un cuerpo ideográfico de conocimientos capaz de describir el caso objeto de indagación” (pág. 229). Así mismo, en este enfoque se privilegia la relación de interacción e influencia entre el investigador y su objeto, dejando de lado el dualismo sujeto-objetual, y también se considera la posibilidad de que haya nexos causales que evidencien la influencia mutua entre causas y efectos observados. Finalmente, y quizá lo más relevante, este enfoque plantea que “cualquier tipo de actividad investigadora está comprometida con los valores” (pág. 229), es decir que se asume una configuración axiológica propia del contexto en el que se desarrolla la investigación. En el caso de la educación, esto último es casi autoevidente, habida cuenta de que se trata de un proceso cuyo propósito es mejorar las condiciones del individuo y de la sociedad en general. Así pues, en esta investigación se presenta un proceso de doble interpretación: de una parte, se analiza la articulación de las voces de los sujetos sociales, y de otra, la propia mirada analítica de los investigadores, para construir una visión más completa de la realidad (Vain, 2012).

Considerado lo anterior, es claro que el enfoque interpretativo permite establecer un diálogo con los actores del proceso didáctico, vale decir, docentes, estudiantes, divulgadores científicos en Astronomía e investigadores especialistas en la didáctica de la Astronomía. Así las cosas, al contar con diferentes perspectivas del proceso de enseñanza y de aprendizaje de la Astronomía, a lo que se suman las observaciones de la investigadora, el

estudio se enfoca en viabilizar la propuesta de una didáctica para la astronomía con una visión comprehensiva y holística en términos pedagógicos dentro y fuera del aula.

Figura 8. *Fases de la investigación*



Fuente: Elaboración propia, 2024

En cuanto a la estructura y desarrollo de la investigación se establecieron cuatro momentos: formulación del objeto de estudio, elaboración estado del arte, marco referencial y categorial, evaluación de la propuesta didáctica y análisis de los resultados (**Figura 8**). Cada etapa de la investigación aporta a la siguiente para identificar y luego engranar los elementos didácticos propios de la Astronomía en la escuela.

La investigación nació del interés de la investigadora por la Astronomía y sus reflexiones en torno a su práctica como docente de Ciencias Naturales. En este nicho de observación se percibe el interés de los estudiantes por los temas relacionados con

Astronomía y cómo, a partir del abordaje de estos temas, desarrollan habilidades de pensamiento científico y crítico. En efecto, los estudiantes buscan resolver retos relacionados con problemas que afectan su contexto como, por ejemplo, la contaminación lumínica en la ciudad de Bogotá que dificulta las observaciones astronómicas. Luego de trabajar la problemática, ellos pueden socializar sus ideas con sus pares, usando diferentes estrategias: juegos, obras teatrales, exposiciones, etc.

En este sentido, la astronomía se convierte en un medio para que los estudiantes desarrollen habilidades de pensamiento científico y crítico aportando a mejorar la cultura científica. Para la investigadora resulta fundamental avanzar en los procesos didácticos para lograr que los estudiantes encuentren sentido a los aprendizajes en la escuela, de forma que su conocimiento le aporte a su toma de decisiones en la vida cotidiana. Aun empleando diferentes estrategias didácticas en el aula, el porcentaje de estudiantes que realmente usan los conocimientos científicos no es el esperado. Un ejemplo simple de ello es el que se evidencia al intentar vincular el entendimiento de las bases de una alimentación más sana con sus decisiones de compra de comestibles; los estudiantes logran argumentar con perspectiva científica el fenómeno, pero el cambio en los hábitos no sucede.

De estos procesos de observación y reflexión en aula se desprendieron una serie de inquietudes en torno a la práctica docente: ¿Qué elementos hacen falta para desarrollar las habilidades que necesitan los estudiantes para enfrentarse a situaciones de la vida real y en las cuales empleen la ciencia para resolverlas? ¿Cómo podemos adaptar las prácticas a las nuevas formas de aprender? ¿Cómo usamos la tecnología a favor de los procesos de aprendizaje en los estudiantes? ¿Qué los motiva para que quieran aprender más sobre

ciencia? ¿La enseñanza de la astronomía puede mejorar la motivación y la cultura científica de los estudiantes?

En este sentido la astronomía se convierte en un medio para que los estudiantes desarrollen habilidades de pensamiento científico y crítico aportando a mejorar la cultura científica.

A partir de las reflexiones anteriores y con base en la literatura consultada se propone esta investigación con el fin de abrir un poco más el espectro del saber docente, indagar sobre el tema puntual de la didáctica de la astronomía e ir paulatinamente mejorando la enseñanza de las ciencias.

4.1.1 Fases de la investigación

El proyecto de investigación se desarrolló en cuatro fases o momentos. En primer lugar, se realizó un riguroso análisis documental sobre los diferentes abordajes ya realizados por otros investigadores con el fin de conocer el estado del arte actual, incluyendo avances, desarrollos, y posibles vacíos teóricos en torno al tema, para luego formular los objetivos del proyecto; en una segunda fase se elaboró dicho estado del arte, enmarcado en una estructura de referentes conceptuales y categoriales para así establecer la ruta metodológica; una tercera fase radicó en la implementación de los instrumentos de investigación, con su respectivo plan de análisis para formular y evaluar la propuesta didáctica; y en la cuarta fase se llevó a cabo el análisis de los alcances y limitaciones de la propuesta didáctica en la alfabetización científica escolar y desarrollo de pensamiento crítico. (Ver **Figura 8**).

A partir del análisis documental se establecieron las categorías de análisis *a priori* y se empezaron a elaborar los instrumentos para la investigación. Se escogieron seis instrumentos de captura de datos, los cuales se presentan en detalle en el apartado correspondiente a cada una de las fases de implementación del proyecto.

Para validar los instrumentos se empleó el método del *juicio de expertos*, una técnica de evaluación consistente en consultar a un grupo de personas con conocimientos especializados sobre un objeto, un instrumento, un material de enseñanza o un aspecto específico, con el fin de obtener información detallada y evaluar su contenido (Cabero, 2013). Esta validación se realizó con tres doctores: un experto en didáctica de las ciencias naturales, un experto en enseñanza de la astronomía y un experto en enseñanza y aprendizaje de las ciencias. La participación de expertos con diferentes perfiles resultó crucial para este proceso: se elaboró un formato en donde se puntuaba cada ítem con una valoración centesimal continua desde cero hasta uno, según cuatro atributos:

- Coherencia con los objetivos de investigación y las categorías de análisis;
- Claridad de las preguntas;
- Contextualización de las preguntas con la población objeto; y
- Pertinencia del contenido de los enunciados.

Adicionalmente, cada experto emitió un concepto final del instrumento, y sus comentarios (ver Anexo 1. Formato validación de instrumentos.).

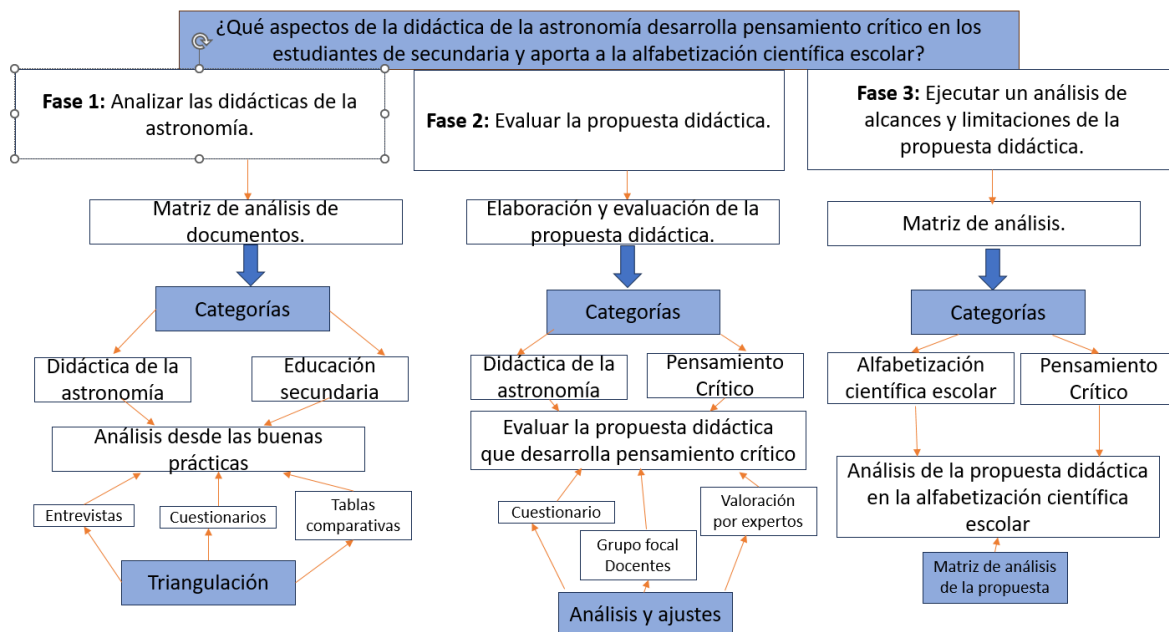
Posteriormente se llevó a cabo el pilotaje de las preguntas de reflexión de los cuestionarios, para lo cual se empleó el cuestionario con diez estudiantes de grado noveno y cinco docentes del Colegio Elisa Mújica Velásquez IED. El propósito fue corroborar que las preguntas fueran por entero comprensibles, a criterio de observación del registro de

información de los participantes. Durante este proceso se observó que en general todas las preguntas fueron contestadas con fluidez, pero se determinó como necesario hacer un único cambio en el cuestionario de estudiantes, por mala comprensión de una palabra.

Finalmente, se aplicaron los instrumentos a los grupos poblacionales escogidos, y la información recolectada se analizó en el software ATLAS.ti 8. A partir de lo evidenciado en ese análisis, se diseñó y evaluó la propuesta didáctica con los expertos, para luego ejecutar el análisis de los alcances y limitaciones de la propuesta en el desarrollo del pensamiento crítico y la alfabetización científica escolar con una matriz FODA.

En la **Figura 9** se muestran las fases para el diseño y evaluación de la propuesta didáctica con relación a los objetivos propuestos, las categorías de análisis, la metodología y los instrumentos que van a aportar la información relevante para cada fase.

Figura 9. Fases para el diseño y evaluación de la propuesta didáctica.



Fuente: Elaboración propia, 2024

A continuación, se explica cada fase de la investigación con los instrumentos a utilizar.

4.1.1.1 Fase 1. Fase teórico-analítica

El objetivo de esta fase fue analizar las didácticas de la astronomía desde las buenas prácticas en educación secundaria. Para ello se propusieron los siguientes instrumentos:

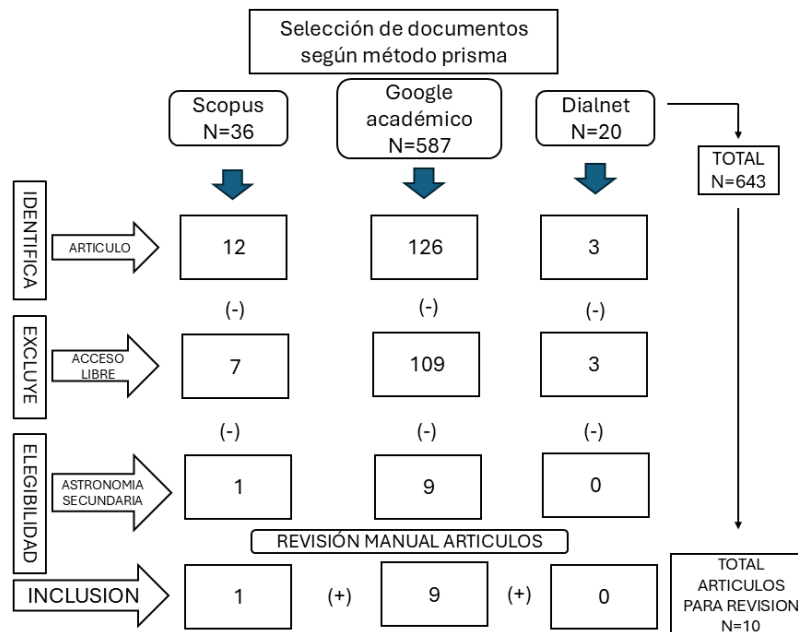
1. **Análisis de contenido cualitativo:** este tipo de análisis consiste en identificar y analizar la presencia de temas, palabras o conceptos en un texto, considerando su significado y relevancia dentro del contexto específico (Gómez, 2014).

Para la selección de los artículos en las bases de datos se empleó la siguiente ecuación de búsqueda: enseñanza y aprendizaje de la astronomía, pensamiento científico, pensamiento crítico y educación secundaria, en los últimos dos años.

Como criterios de inclusión y exclusión para seleccionar los artículos se emplearon los siguientes:

1. Ubicación: Debían estar publicados en revistas indexadas.
2. Idioma: español, portugués o inglés (con posibilidad de traducción al español).
3. Tema: El objetivo de los estudios debía centrarse en la didáctica de la astronomía en secundaria.
4. Acceso: Solo se consideraron artículos de acceso abierto.
5. Tipo de artículo: Se revisaron primordialmente artículos de investigación.

Figura 10. Selección de documentos según el método *prisma*.



Fuente: Elaboración propia, 2024

En la **Figura 10** se muestra la selección de documentos según el método **prisma**. Como se observa, se encontraron 119 artículos en las tres bases de datos revisadas, de los cuales únicamente 10 correspondían a experiencias de aula con estudiantes de secundaria; los otros tenían como población objeto docentes o estudiantes de primaria.

Posteriormente con los artículos se realizó un análisis manual de lectura recopilando de cada publicación los siguientes aspectos: objetivo, metodología, población objeto del estudio y resultados finales.

2. **Matriz de análisis de documentos:** Representa la información del análisis de los documentos de manera organizada con los criterios establecidos teniendo en cuenta los atributos deseables para la didáctica de la astronomía. El análisis de la información de la matriz será utilizado en la segunda fase de la investigación para elaborar la propuesta didáctica. Los elementos que se tuvieron en cuenta en la matriz fueron: Título, lugar de la

investigación, objetivo, grado con el que se realizó la implementación, contenidos temáticos, estrategia didáctica o pedagógica, recursos pedagógicos y aprendizajes logrados (Ver **Anexo 7. Matriz de análisis de documentos.**).

3. **Entrevista a profundidad semiestructurada:** De acuerdo con Martínez Trujillo (2020), este tipo de entrevistas son diseñadas con preguntas organizadas según las categorías y subcategorías de estudio, asegurando construir un instrumento con interrogantes acordes a los objetivos de la investigación y dejando espacio para las preguntas emergentes que pueden surgir durante la entrevista.

La entrevista a profundidad busca comprender y profundizar en el significado de una realidad. Al ser semiestructurada, se basa en un guion de preguntas abiertas que permiten al entrevistado responder ampliamente sobre los temas relevantes, construyendo así un conocimiento holístico y comprensivo (Bisquerra Alzina, 2009).

Respondieron la encuesta un grupo de siete expertos, distribuidos así: tres expertos de nivel doctoral que investigan sobre didáctica de la astronomía, dos docentes investigadores que tienen experiencia en formación de maestros y dos divulgadores científicos que realizan esta labor en astronomía. Con estas entrevistas se pretende extraer elementos didácticos claves para la enseñanza de la astronomía.

4. **Cuestionario de preguntas abiertas y cerradas:** Los cuestionarios en la investigación cualitativa son herramientas de recolección de datos que se utilizan para explorar y comprender las experiencias, opiniones y perspectivas de los participantes sobre un tema en particular (Creswell, 2014).

Se utilizaron preguntas abiertas y cerradas (Ver Anexo 4. Cuestionarios semiestructurados para estudiantes pertenecientes a semilleros de astronomía.), se aplicó a

docentes y estudiantes que hacen parte de clubes o semilleros de astronomía y tiene el fin de revisar conceptos previos, expectativas con las actividades, apropiación de conceptos y metodologías propias de la enseñanza de la astronomía.

5. **Grupo focal de docentes:** El grupo focal se considera como una entrevista grupal que se organiza con el objetivo de recolectar opiniones detalladas y conocimientos sobre un tema particular. Permite organizar grupos de discusión para obtener respuestas sobre lo que piensan y sienten sobre el tema escogido por el investigador (Balcazar Nava, Gonzalez, Gurrolea, & Moysen, 2015).

Se realizó con los docentes que participaron en las capacitaciones en los planetarios distritales o que hicieron parte de semilleros de investigación en astronomía. Se transcribieron las bitácoras de las conversaciones durante las reuniones.

4.1.1.2 Fase 2. Formular y evaluar la propuesta didáctica

En esta fase se realizó el análisis de todos los instrumentos aplicados a docentes, estudiantes, expertos y se relacionó con la parte teórica para establecer los elementos claves para la didáctica de la astronomía y generar la propuesta. Se utilizó el programa ATLAS.ti 8 para el análisis de la información recolectada en los instrumentos aplicados.

Los cuestionarios a estudiantes y docentes y la bitácora de la reunión del grupo focal complementará la información para elaborar la propuesta didáctica, teniendo en cuenta que en el aula es donde se llevan a cabo las interacciones del conocimiento astronómico con los docentes y estudiantes; de esta manera proporcionará información de los elementos didácticos fundamentales para que se generen aprendizajes significativos.

Se realizó una triangulación por categorías y por instrumentos, ya que como lo plantea Villas (2013), permite mejorar la confiabilidad de los datos y un acercamiento con la realidad del objeto de estudio en un contexto.

La triangulación de instrumentos permite recoger las visiones de diferentes actores del proceso didáctico. Por ejemplo, en la primera fase la matriz de análisis de documentos y las entrevistas a expertos posibilita identificar las estrategias, los recursos pedagógicos, las variables del contexto escolar, los componentes del objeto de estudio de manera complementaria entre diversas investigaciones y experiencias de aula. (ver **Tabla 5**)

Según Benavides (2005) una ventaja de la triangulación de dos estrategias sucede cuando arroja resultados similares, lo cual corrobora los hallazgos; pero cuando los resultados son diferentes, la triangulación proyecta una perspectiva más amplia en cuanto a la interpretación del objeto de estudio y se generan nuevos planteamientos.

Finalmente, la propuesta didáctica fue evaluada por expertos para lo cual se organizó una matriz con los elementos didácticos para la astronomía y los Doctores y docentes investigadores la revisaron e hicieron las recomendaciones de mejora.

6. **Matriz de evaluación:** A partir de los comentarios de los investigadores que evaluaron la propuesta didáctica, se elaboró la matriz teniendo en cuenta las fortalezas y posibilidades de mejora para verificar los alcances y limitaciones de la propuesta didáctica en el desarrollo de pensamiento crítico y la alfabetización científica escolar.

La matriz FODA permite un análisis sistemático del contexto y los factores que influyen en un fenómeno estudiado, facilitando la comprensión, la generación de estrategias y la formulación de recomendaciones.

4.1.1.3 Fase 3. Alcances y limitaciones de la propuesta didáctica.

En esta etapa se analizó la matriz FODA para evidenciar los alcances y limitaciones de la enseñanza de la astronomía en la alfabetización científica escolar teniendo en cuenta el marco teórico y los hallazgos de la investigación.

A partir de este análisis se establecen las posibilidades de mejora y se formulan las conclusiones.

4.1.1.4 Unidades de análisis

Se seleccionó una muestra intencional estratificada, ya que este tipo de muestra permite elegir unos criterios convenientes para la investigación y facilita la comparación. (Martínez, 2006)

Como la propuesta se construyó, ejecutó y evaluó según las experiencias en el aula, fue necesario contar con los siguientes actores:

Estudiantes de secundaria: Los estudiantes participantes pertenecen a semilleros o clubes de astronomía de tres colegios públicos de Bogotá y ya tuvieron contacto con el conocimiento astronómico.

Docentes: Orientan los procesos en el aula, conocen la población objeto y pueden aportar datos valiosos sobre la didáctica de la astronomía a partir de sus prácticas pedagógicas.

Investigadores en didáctica de la astronomía: Son expertos que ya han realizado un recorrido con el objeto de estudio. Lideran procesos en la OAE (Oficina de Astronomía para la Educación, en los planetarios distritales y hacen parte de redes para la enseñanza de la astronomía.

Docentes divulgadores científicos: generan ideas creativas para compartir sus conocimientos a partir de su experiencia en campo.

Para la investigación se contó con la participación de 26 estudiantes de tres colegios públicos de Bogotá de diferentes grados de bachillerato, 10 docentes líderes de semilleros o clubes de astronomía, 24 docentes que pertenecen al programa “planetario para profes” y siete docentes investigadores en didáctica de la astronomía.

Las características de los participantes del estudio se muestran en la **Tabla 4**.

Tabla 4. *Características de la muestra poblacional.*

Expertos Docentes	Docentes	Estudiantes
7 entrevistados de Colombia, Argentina y Brasil.	24 docentes en la discusión del grupo focal y 10 docentes líderes de semilleros de investigación en Astronomía.	26 estudiantes de grados séptimo, noveno y once pertenecientes a semilleros de tres colegios públicos de Bogotá.
3 docentes con formación doctoral: 2 docentes de física, química y astronomía. 1 docente de Geología y astronomía. 4 docentes con formación posgradual en nivel de maestría: 2 investigadores en didáctica de las ciencias naturales y astronomía. 2 docentes divulgadores en ciencia.	11 docentes de matemáticas 10 docentes de física 10 docentes de Ciencias naturales. 2 docentes divulgadores. 1 docente de primaria.	9 estudiantes del Colegio Paraíso Mirador I.E.D. 9 estudiantes Colegio Agustín Fernández I.E.D. 8 estudiantes del Colegio Rodrigo Lara Bonilla.

Fuente: Elaboración propia.

Para seleccionar a los expertos docentes se realizó un muestreo por conveniencia (Etikan, Musa, & Alkassim, 2016), teniendo en cuenta como criterios de base que tuvieran formación posgradual y que contaran con experiencia en enseñanza o divulgación científica en astronomía.

En el caso de los docentes como se observa en la tabla tienen formación base principalmente en ciencias naturales, física y matemáticas, para su elección se tuvo como criterio que participaran en procesos de formación en astronomía en el planetario o redes de enseñanza.

Para los estudiantes el criterio seleccionador se basó en que fueran de educación básica secundaria y que hicieran parte de semilleros o clubes de astronomía.

4.1.2 Categorías de análisis

Como se expuso al inicio del Capítulo. Marco teórico las categorías de análisis *a priori* fueron emergiendo a partir de la categorización de temas relevantes en la revisión documental para determinar el estado del arte en la literatura académica pertinente y disponible. En cuanto al alcance de estas, se restringió de forma que se mantuviera una coherencia con los objetivos de investigación.

El primer propósito que se destaca en la enseñanza de las ciencias es la Alfabetización Científica escolar, una nueva tendencia cuya esencia estriba en lograr que los estudiantes relacionen la ciencia, la tecnología, la sociedad y el medio ambiente, a través del desarrollo de habilidades de pensamiento científico y crítico (OECD, 2019). En consonancia, la presente investigación se enfocó en la enseñanza de la astronomía como eje articulador de la Alfabetización Científica escolar.

A partir de los referentes consultados en el Capítulo. Marco teórico, se llevó a cabo una aproximación a los conceptos base de cada una de las categorías y se establecieron los atributos deseables de cada una para el proceso de enseñanza y aprendizaje. En las tablas

subsecuentes (Tabla 5, Tabla 6, y Tabla 7) se presenta el resultado del proceso de categorización.

Tabla 5. *Fundamentos teóricos de las categorías de análisis.*

Ámbito	Categoría	Fundamentos conceptuales
Escolar	Alfabetización Científica	<p>Al hombre, por su naturaleza, le gusta explorar, indagar, experimentar; de esta manera adquiere sus conocimientos iniciales y da explicaciones a los fenómenos naturales. Utiliza métodos para explorar su entorno y busca en las fuentes a su alcance los conceptos y evidencias científicas que le permitan explicar el fenómeno observado y usar ese conocimiento en su cotidianidad.</p> <p>El conocimiento científico inicia en cada persona desde que empieza a explorar el mundo y las interacciones que realiza con todo lo que lo rodea.</p> <p>La escuela se constituye en un nicho en donde se adquiere conocimiento científico nuevo, de profundiza, aclara conceptos y explicaciones a fenómenos naturales para continuar en el proceso de descubrir el mundo y empezar a resolver problemas de su entorno.</p> <p>Ese conocimiento inicialmente es práctico, con ensayo y error cada individuo reconoce su espacio, genera conocimiento nuevo al descubrir los elementos que hacen parte de su entorno y da explicaciones a los fenómenos naturales a partir de lo que observa. Todo ello le permite hacerse una idea de las características del lugar que habita.</p> <p>Todos estos saberes van ayudando a la formación de un ciudadano con cultura científica que esté capacitado para participar de las decisiones de la sociedad.</p> <p>Según la UNESCO “crear conocimiento a través de la ciencia nos permite encontrar soluciones a los desafíos económicos, sociales y ambientales de hoy, al tiempo que proporciona herramientas para el desarrollo sostenible y sociedades más verdes”</p> <p>Para Shen (1975, citado en (García Fernández, 2022) se proponen tres componentes de la alfabetización Científica: Práctica, que permite usar la ciencia en la vida cotidiana; Cívica, para tener un criterio científico en las decisiones políticas; y Cultural, relacionada con los niveles de la naturaleza de la ciencia, su significado, la relación con la tecnología y la estructura social.</p> <p>Además, es importante orientar la enseñanza de las ciencias para que sea útil en la vida actual y futura del conjunto de la población, y no que sólo tenga sentido dentro de la institución escolar. (Membiola, 2007)</p> <p>En esta investigación la alfabetización científica se asume como el saber hacer y el tomar decisiones informadas con el conocimiento científico en la vida diaria.</p>

Escolar	Alfabetización Científica	<p>En la escuela el conocimiento científico debe profundizarse y propender porque sirva para resolver problemas de los entornos escolares. Este conocimiento se construye con un trabajo en grupo orientado por un docente que muestra diferentes maneras para resolver situaciones de la vida cotidiana de manera informada. Esta producción de conocimiento abre un mundo de posibilidades para descubrir vocaciones en el futuro profesional, permite filtrar la información y reconocer la cierta, generar conocimiento nuevo y preparar para la toma de decisiones como adultos.</p> <p>La importancia de la alfabetización científica en la escuela se expresa según como que permite resolver problemas y tomar decisiones. Para ello es importante las Interacciones entre ciencia, tecnología y sociedad (CTS), aprender a hacer ciencia desarrollando destrezas y actitudes, aprender a resolver cuestiones socio-científicas y desarrollar pensamiento crítico para tomar decisiones.</p>
Ciudadano		<p>El conocimiento científico en los ciudadanos se sigue adquiriendo toda la vida a partir de las bases de la escuela. Sus interacciones con la vida cotidiana a través del proceso de educación superior, luego en el trabajo, también de la información de los medios de comunicación. Este conocimiento le permite tomar decisiones informadas y participar como ciudadano activo en la solución de los problemas que aquejan al mundo actual.</p> <p>La importancia de la alfabetización científica para la formación de ciudadanos participativos de una sociedad guarda relación con lo expresado por los siguientes autores: Educar a las personas en conceptos científicos para que den explicaciones a los fenómenos de la naturaleza, y desarrollen de ese modo, el pensamiento científico a fin de que participen como ciudadanos activos en las sociedades (Costa, 2021).</p> <p>Es importante una educación hacia la cultura científica que contenga conocimiento, habilidades y aplicaciones de la ciencia, resolución de problemas, interacción con la tecnología, estudio de la naturaleza de la ciencia y la práctica científica. Reid & Hodson, (1993, citados en (Gil & Vilches, 2001).</p> <p>Balastegui et al. (2020) indican que la comprensión del conocimiento científico, sus diversas áreas y su aplicación, así como de los procesos mentales involucrados en la resolución de problemas, son cruciales para tener una visión clara de los problemas que aquejan a la humanidad en la actualidad. Esta comprensión facilita la toma de decisiones informadas sobre las causas de estos problemas y las posibles soluciones que se pueden implementar. Todo lo anterior muestra que la alfabetización científica en la escuela es fundamental para entender los problemas actuales del mundo y poder proponer soluciones que se puedan implementar en cada contexto.</p>

Didáctica de la astronomía

La didáctica de la astronomía tiene unos elementos básicos de la enseñanza de las ciencias naturales como métodos científicos, los modelos explicativos, la transposición didáctica, la secuencia didáctica, el conocimiento didáctico de contenido, etc. Fundamentados principalmente por los procesos de observación, investigación y argumentación que permiten desarrollar habilidades de pensamiento científico y crítico en los estudiantes.

Tiene como elementos propios: Ciencia observacional generadora de motivación que potencia la investigación al presentar descubrimientos nuevos contantemente.

Según Camino “la didáctica de la astronomía es considerada como un proceso creativo, dinámico y profesional, y está asociada indisolublemente a la investigación educativa, en un diálogo permanente” (2011, p. 2)

La didáctica debe pensarse desde un enfoque que reconozca las relaciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad; esto enmarcado en los nuevos ecosistemas de aprendizaje para una sociedad cambiante donde la ciencia y la tecnología están presentes en la vida cotidiana de las personas (Valderrama, 2021).

La didáctica de la astronomía va a permitir acercar a los estudiantes al conocimiento científico teniendo en cuenta los intereses y el contexto, con aprendizajes significativos que le darán una visión histórica, cultural y social de la humanidad y la importancia de la astronomía en los avances tecnológicos.

Pensamiento crítico

El pensamiento crítico ayuda a organizar los pensamientos, el autoaprendizaje y el trabajo en equipo. Permite tomar decisiones con argumentos y sobre todo sin dejarse influenciar por las corrientes de moda.

El aprendizaje de las ciencias promueve competencias de pensamiento crítico como la observación, la reflexión, la comunicación y la toma de decisiones.

El pensamiento crítico permite buscar, analizar la información y tomar una postura para argumentar diferentes situaciones de la vida diaria.

El pensamiento crítico se apoya en el pensamiento científico, debido a que la investigación científica brinda a los individuos a una amplia gama de información y perspectivas, lo que les ayuda a desarrollar habilidades para evaluar críticamente la información y formar sus propias opiniones.

Además, el pensamiento científico requiere pensamiento crítico para formular hipótesis sólidas, diseñar experimentos adecuados y evaluar los resultados de manera reflexiva.

Tanto el pensamiento científico como el pensamiento crítico son necesarios para evaluar la información de manera objetiva, considerar diferentes perspectivas y tomar decisiones informadas.

Las premisas en que se apoya estas afirmaciones son:

Desarrollar habilidades de pensamiento crítico les permite a los estudiantes tomar decisiones a partir del conocimiento científico adquirido (Oliveira, 2016).

Tamayo et al, (2020) resaltan la importancia de la metacognición para el desarrollo del pensamiento crítico. La metacognición se define como el conocimiento que una persona tiene sobre sus propios procesos de pensamiento. Es fundamental porque permite a la persona planificar, evaluar y monitorear su propio aprendizaje.

La metacognición, junto con la argumentación y la solución de problemas, son aspectos centrales que se deben tener en cuenta para lograr un desarrollo adecuado del pensamiento crítico a lo largo del proceso de formación en la escuela. La resolución de problemas se utiliza como estrategia didáctica para que el estudiante encuentre alternativas a situaciones específicas.

El pensamiento científico permite interactuar con el mundo, integrando aspectos cognitivos y socioemocionales. Implica ser abierto y objetivo, manteniendo la curiosidad y la capacidad de asombro. También requiere flexibilidad y escepticismo, junto con la habilidad de colaborar y crear junto a otros (Furman, 2016).

Por lo anterior el pensamiento crítico en esta investigación permitirá a los estudiantes analizar la información científica, tomar una postura y argumentarla para tomar decisiones.

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con lo anterior se propone para esta investigación que la alfabetización científica escolar le permite al estudiante resolver problemas con argumentación científica, comunicar lo aprendido, tomar postura frente a situaciones que afectan el entorno escolar y prepararlos para la vida adulta desarrollando pensamiento crítico. Para ello se propone un trabajo interdisciplinar o multidisciplinar en donde la Astronomía puede acercar a los estudiantes al conocimiento científico teniendo en cuenta los intereses y el contexto, con aprendizajes significativos que le darán una visión histórica, cultural, social y tecnológica de la humanidad.

Tabla 6. Ámbitos de desarrollo de las categorías de análisis.

Categoría	Ámbito	Como se desarrolla	Criterios que permiten identificar el desarrollo de esta competencia en los estudiantes
Alfabetización científica	Escolar CTSA	Conociendo Haciendo Aplicando Resolviendo problemas	Comprender textos científicos. Formular y comprobar hipótesis. Evaluar críticamente los resultados. Hacer ciencia de la mano de la tecnología en la vida cotidiana para tomar decisiones.
Didáctica de la astronomía	Relación docente y estudiante. Objeto de estudio Campos temáticos Mediaciones pedagógicas Métodos y técnicas Contexto escolar	Pedagogías activas. Interdisciplinariedad. Estrategias didácticas. Estrategias didácticas incorporando la tecnología. Cuestiones socio científicas.	Aprendizajes significativos Apropiación de conceptos astronómicos. Explicar el universo a partir de la información existente. Resolver problemas.
Pensamiento crítico	Resolución de problemas Creatividad Colaboración Toma de decisiones Pensamiento científico	Metacognición. Razonamiento crítico. Argumentación.	Plantear un problema con claridad. Evaluar críticamente la información, validar datos y sustentar las conclusiones. Plantear diversas metodologías para abordar un problema. Analizar la confiabilidad del método de recolección de información. Interpretar y analizar información para generar ideas y posibles soluciones.

Fuente: elaboración propia

En la **Tabla 6** se describe el ámbito de cada categoría y los criterios que permiten identificar el desarrollo de esta competencia en los estudiantes. El desarrollo de las competencias propuestas para cada categoría debe ser integral e interdisciplinar para generar un

proceso de enseñanza y aprendizaje significativo de las ciencias. El eje articulador será la *didáctica de la astronomía* en el ámbito de CTSA, y el enfoque prioritario será el desarrollo de habilidades de pensamiento científico y crítico.

Tabla 7. *Categorías y subcategorías de análisis.*

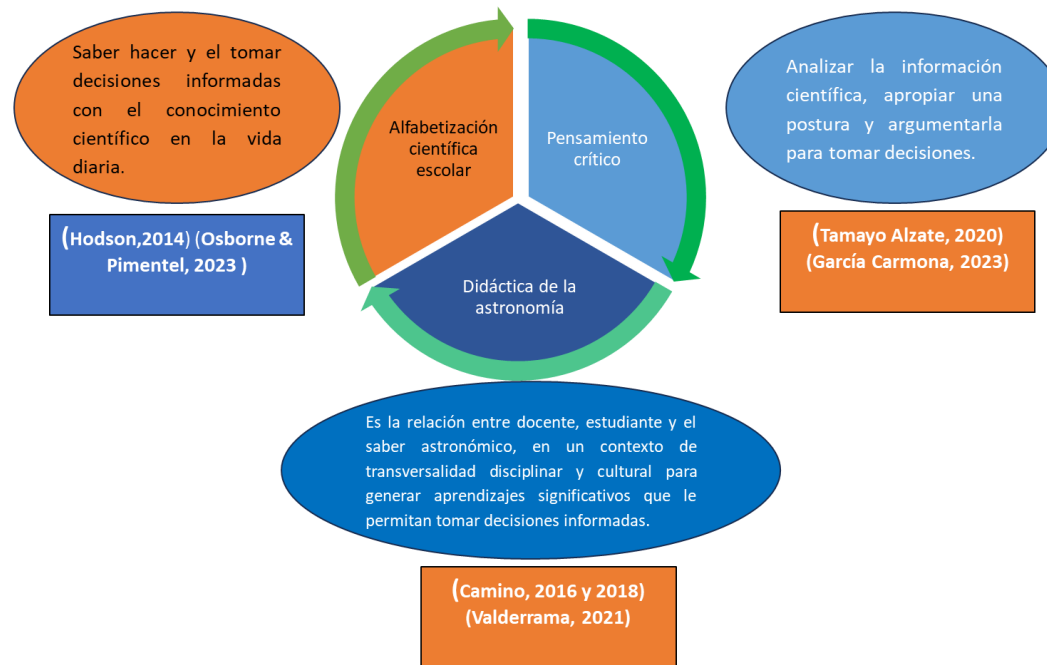
Categoría	Subcategoría	Atributo
Didáctica de la astronomía	Objeto de aprendizaje	Lo que el docente espera que aprenda el estudiante.
	Estrategia didáctica	El paso a paso que el estudiante desarrolla para conseguir el objetivo de aprendizaje.
	Recursos pedagógicos	El método y los recursos para el desarrollo de las actividades propuestas.
	Contexto escolar	Variables que inciden en el proceso de aprendizaje.
Alfabetización científica	Conocer	Conocimiento teórico, conceptual y metodológico de temas científicos.
	Hacer	Practicar el conocimiento científico para resolver problemas científicos.
	Aplicar	Aplicar el conocimiento científico para entender y resolver problemas de la vida cotidiana.
Pensamiento crítico	Observación	Ver diferentes puntos de vista de una misma situación
	Reflexión	Usar la ciencia para tomar decisiones informadas sobre los problemas locales y globales.
	Argumentación	Poder explicar con evidencias científicas un punto de vista o una teoría.
	Toma de decisiones	Permite participar de las decisiones de la sociedad de manera informada con el conocimiento científico adquirido.
	Comunicación	Poder expresar sus ideas con claridad y argumentos.

Fuente: elaboración propia

En la **Tabla 7**, que emerge de las anteriores, se definen las categorías, subcategorías y atributos deseables. Las subcategorías se emplearon en la codificación informática en ATLAS.ti (2023) de los datos obtenidos y en el análisis subsecuente.

Así, a partir del desarrollo anterior se establece la definición que se va a tomar en esta investigación para las categorías a priori y que están en concordancia con el objeto de estudio que es la enseñanza y el aprendizaje de la astronomía (Figura 11).

Figura 11. *Categorías de análisis a priori, sus definiciones y algunos autores.*



Fuente: Elaboración propia.

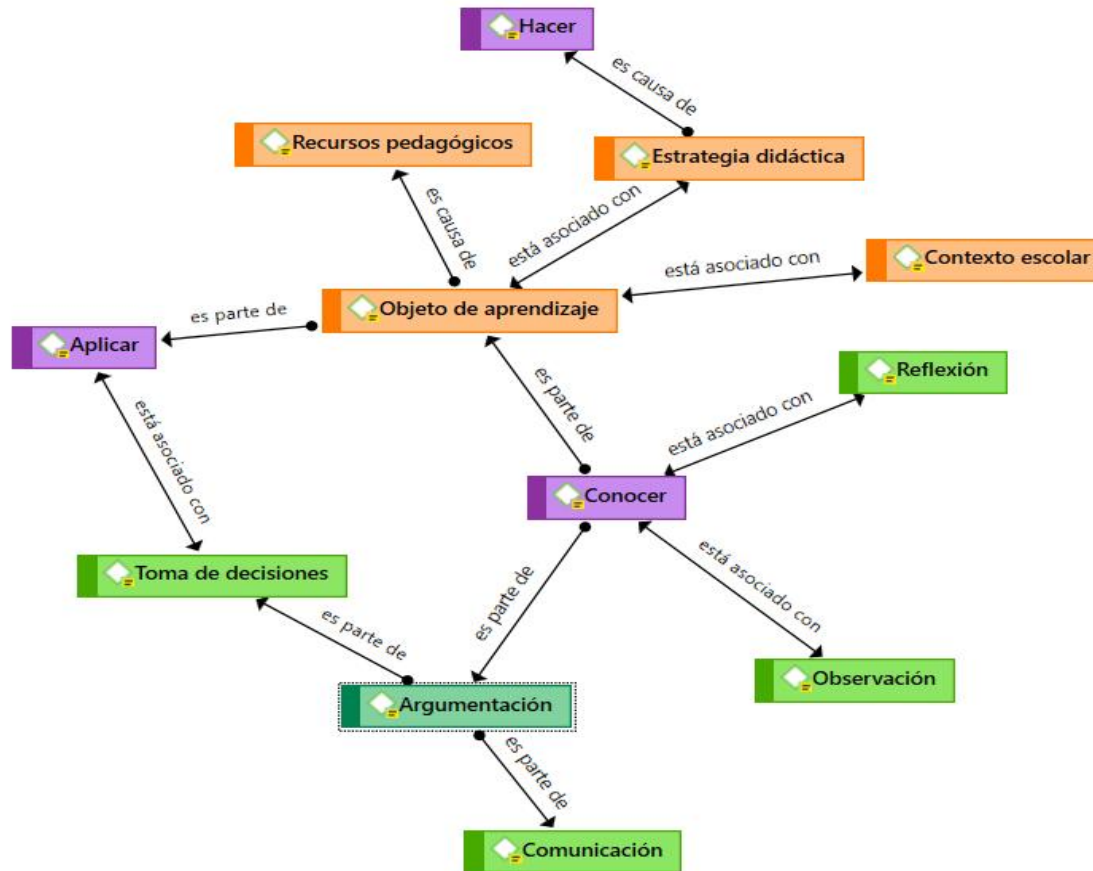
A partir de la anterior conceptualización se elabora la matriz de categorías para el software y se establecen las relaciones entre las subcategorías, generando una red semántica con el nivel de asociación e interrelación, las que se pueden incluir en otras y las que son causa. Por ejemplo:

- La estrategia didáctica está asociada con el objeto de aprendizaje y es causa directa de lo que hacen los estudiantes.
- Los recursos o mediaciones pedagógicas son causa del objeto de aprendizaje y están asociados con la estrategia didáctica.
- El aplicar un conocimiento en ciencias está asociado con una toma de decisiones para lo cual el estudiante tiene la capacidad de argumentar y comunicar.
- La observación y la reflexión están asociadas al conocer.
- El contexto escolar está asociado con el objeto de aprendizaje.

De esta manera se establecieron una serie de relaciones para la primera codificación en el programa ATLAS.ti, que podría modificarse luego de aplicar los instrumentos de la investigación y empezar el análisis de la información (Figura 12).

ATLAS.ti es un software avanzado diseñado para el análisis cualitativo de grandes volúmenes de datos textuales, gráficos, de audio y video. Facilita la organización y gestión sistemática de información, permitiendo a los investigadores identificar patrones y desarrollar teorías fundamentadas. Además, integra herramientas de inteligencia artificial para una codificación eficiente y análisis de sentimientos. (ATLAS.ti Scientific Software Development GmbH., 2023).

Figura 12. Relaciones entre las categorías a priori.



Fuente: elaboración propia, extraído del programa ATLAS.ti.

Por último, la **Tabla 8** relaciona la pregunta de investigación y sus objetivos, con cada una de las categorías de análisis, indicando qué instrumentos de recolección de datos se usaron para cada una de ellas, y en qué unidad de análisis se aplicaron.

Tabla 8. *Matriz de vaciamiento metodológico.*

Pregunta rectora	Objetivo general	Objetivos específicos	Categoría de análisis	Técnica	Instrumentos	A quien se aplica
¿Qué aspectos de la didáctica de la astronomía desarrollan pensamiento científico y crítico en los estudiantes de secundaria y aporta a la alfabetización científica escolar?	Formular una propuesta didáctica para la astronomía que potencie el pensamiento científico y crítico en la alfabetización científica escolar para los estudiantes de secundaria.	Analizar las didácticas de la astronomía desde las buenas prácticas en educación secundaria.	Didáctica de la astronomía.	Análisis de documentos cualitativo.	Entrevistas a profundidad.	Astrónomos aficionados autodidactas.
		Evaluar la propuesta didáctica para la astronomía que desarrolla pensamiento crítico en los estudiantes de secundaria.	Educación básica secundaria.		Matriz de análisis de documentos que incluye-tabla de meta referencia.	Investigadores en didáctica de la astronomía.
			Propuesta didáctica.	Interpretativa.	Software ATLAS.ti para análisis de datos.	Docentes.
			Pensamiento crítico.	Triangulación de categorías e instrumentos.	Bitácora grupo focal	Revisión de documentos.
		Ejecutar un análisis de los alcances y limitaciones de la propuesta didáctica para la astronomía en el desarrollo del pensamiento crítico y la AC.	Alfabetización científica escolar.	Interpretativa.	Instrumento FODA.	Estudiantes de bachillerato que pertenecen a semilleros de astronomía.
			Pensamiento crítico.		Matriz de evaluación propuesta didáctica	Expertos y Docentes investigadores.
					Software ATLAS.ti para análisis de datos	

Fuente: Elaboración propia.

4.1.3 Consideraciones éticas

La propuesta investigativa se presentó al Comité de Ética, Bioética e Integridad Científica (CEBIC) de la Universidad y fue aprobada, junto a los instrumentos que se usaron

(Instrumento No.5

Matriz evaluación propuesta didáctica.

Atributo	Alcance	Limitación
Relaciona la ciencia, la tecnología, la sociedad y el ambiente (CTSA).		
Observaciones astronómicas.		
Vinculación de la teoría con la práctica.		
Situaciones problema.		
Trabajo interdisciplinar.		
Pedagogías activas.		

Anexo 9. Carta aprobación CEBIC.).

Teniendo en cuenta que la investigación es de carácter social, se elaboraron y formalizaron los consentimientos y asentimientos informados para los participantes de conformidad con los criterios del CEBIC.

Se tuvo en cuenta los siguientes criterios: privacidad y confidencialidad de los participantes del estudio, evaluación ética de los protocolos de investigación, equidad en la selección de la muestra poblacional, y la consideración de los riesgos y beneficios para los participantes.

Para los estudiantes que son una población menor de edad se firmaron los asentimientos por parte de los acudientes registrados en el colegio y se dará libertad para elegir participar de la investigación luego de explicar claramente lo que se pretende.

Para los adultos se explicaron los objetivos de la propuesta doctoral, y se firmaron los consentimientos informados.

Los documentos recolectados en la investigación se mantienen en custodia por parte de la autora de este estudio para garantizar la confidencialidad e intimidad de los participantes.

Al final de la investigación, los resultados obtenidos se socializaron con los participantes.

5 Capítulo. Resultados y análisis

Una vez más cabe resaltar que el objetivo de la presente investigación es formular una propuesta didáctica para la enseñanza de la astronomía que potencie el pensamiento científico y crítico en la alfabetización científica escolar para los estudiantes de secundaria.

Con eso en mente, los resultados y su análisis se presentan en este documento organizados siguiendo las fases del proyecto de investigación. A continuación, se realiza una descripción de la forma en que se organiza la información para desarrollar los respectivos análisis e interpretaciones acerca de la didáctica de la astronomía.

1. Procesamiento de la información en el programa ATLAS.ti 8:

Para que la información obtenida en los instrumentos pueda ser procesada por el programa ATLAS.ti, el primer paso es transcribir las entrevistas y ordenar adecuadamente los demás instrumentos escritos. Luego se procede a la codificación, proceso en el cual se asignan ‘códigos’ a los segmentos de datos textuales, es decir, se les marca con una o varias subcategorías que les correspondan. Para el caso de la investigación los códigos corresponden a las categorías *a priori* y las subcategorías que se construyeron por método deductivo partiendo del marco teórico, como se explicó en el apartado 4.1.2.

Se empieza con la codificación abierta, proceso que consiste en la lectura de los datos textuales y la asignación de códigos en función del contenido de cada segmento. Un código puede marcarse sobre una palabra, una oración o un párrafo que esté relacionado con los atributos para cada subcategoría. A medida que avanza la codificación, los códigos similares se agrupan en categorías para estructurar aún más los datos y permitir surgir relaciones entre diferentes códigos y temas (Varela, 2021).

Posteriormente se realiza una codificación axial estableciendo relaciones entre las categorías y subcategorías con base en causa o dependencia. Esto permite una saturación teórica al realizar otra segunda codificación.

Finalmente, se generan las redes semánticas, las tablas de coocurrencia y los gráficos para analizar los resultados y relacionarlos con el marco teórico.

2. Triangulación de la información:

Dado que la investigación tiene como objetivo identificar los elementos didácticos principales de la enseñanza y aprendizaje de la astronomía con el fin de elaborar una propuesta didáctica, es fundamental contrastar la información que proviene de estudiantes, docentes, e investigadores como actores del proceso didáctico con las buenas prácticas esperadas en el aula, para así lograr ver la totalidad de variables que inciden en la enseñanza de la astronomía en la secundaria. Por lo anterior es fundamental realizar una triangulación de los instrumentos de recolección de datos y las categorías de análisis.

La triangulación permite abordar un problema desde diversas perspectivas, lo cual fortalece la validez y confiabilidad de los resultados obtenidos (Benavides & Gómez Restrepo, 2005). Así pues, se realizó una triangulación inter estamental entre estudiantes, docentes e investigadores para facilitar la comparación entre las perspectivas de los participantes en el estudio con los diferentes elementos didácticos. Esto proporciona una visión más rica y profunda de las interacciones y significados que emergen en el contexto estudiado (Cabrera, 2005).

La triangulación implica una reflexión crítica sobre la relación entre la teoría existente y las categorías de análisis, es decir, la didáctica de la astronomía, el pensamiento crítico y la alfabetización científica escolar. A su vez, esto se contrasta con los hallazgos empíricos obtenidos durante el trabajo de campo. La triangulación de estos tres elementos

(teoría, categorías y hallazgos) es lo que le da a la investigación su coherencia interna y su significado como un todo (Cabrera, 2005).

Lo que se espera obtener del proceso de triangulación es que emerjan los elementos clave para la enseñanza de la astronomía al comparar los diferentes puntos de vista de estudiantes, docentes y expertos como actores del proceso didáctico. A continuación, se describirán los resultados y análisis en cada fase del trabajo de campo.

5.1 Fase 1. Fase teórico-analítica

El objetivo de esta fase es analizar las didácticas de la Astronomía desde las buenas prácticas en educación secundaria realizando un análisis de contenido documental para identificar los elementos didácticos en la enseñanza y aprendizaje de la Astronomía.

5.1.1 Matriz de análisis de documentos:

Como se explicó en el Capítulo. Marco metodológico, se hizo una revisión documental con la ecuación de búsqueda en las bases de datos y como resultado se escogieron 10 artículos base (**Figura 10.** Selección de documentos según el método prisma.) para extraer la información y elaborar la matriz de análisis de documentos (Anexo 7. Matriz de análisis de documentos.).

A partir de la información recolectada se realizó un análisis de contenido teniendo en cuenta las categorías *a priori*, para identificar los elementos didácticos claves en la enseñanza de la Astronomía que permiten desarrollar pensamiento crítico y aportan a la alfabetización científica escolar.

En la **Tabla 9** se sintetiza la información de tres subcategorías de la didáctica de la astronomía que son fundamentales para ir identificando algunos elementos claves para la

propuesta didáctica. En cuanto a la *mediación pedagógica*, nos referimos a la definición presentada al final del apartado Didáctica de la Astronomía, englobando los recursos e interacciones de las que se vale el docente para suscitar el aprendizaje mediante su proceso de enseñanza (Adams, 2018).

Tabla 9. Resumen comparativo de la matriz de análisis documental.

Estrategias Didácticas	Mediación pedagógica	Aprendizajes logrados
Aprendizaje basado en indagación. (ABI) Aprendizaje basado en retos. (ABR) Interdisciplinariedad. Enfoque STEM Aprendizaje basado en proyectos (ABP) Trabajo colaborativo y argumentación. Clubes de astronomía. Actividades de relaciones CTSA	Pregunta problematizadora. Debates y actividades prácticas de observación. Incorporación de tecnología Cuestionarios pre y post. Rutinas de pensamiento. Construcción de maquetas. Uso de datos reales	Fomento del pensamiento crítico. Desarrollo de habilidades científicas y STEM. Cuestionar concepciones y fomentar el pensamiento crítico. Resolución de problemas. Aprendizaje significativo.
<p>1. <u>Metodologías de enseñanza activa</u> Aprendizaje basado en indagación (ABI): Enfoque en preguntas problematizadoras y procesos de indagación. Promoción de la curiosidad y la construcción activa.</p> <p>Aprendizaje basado en proyectos (ABP): Uso de proyectos para profundizar en: Diagnóstico de conceptos previos y actividades prácticas como eje central del aprendizaje.</p> <p>Aprendizaje basado en retos (ABR): Diseño de retos prácticos en astronomía para promover elecciones informadas y aprendizaje significativo.</p> <p>Aprendizaje activo y participativo: Participación de los estudiantes mediante debates, construcción de maquetas, rompecabezas, observación astronómica y uso de herramientas como.</p>	<p>•Estructuración del aprendizaje mediante modelos y enfoques metodológicos.</p> <p>•Situaciones problemáticas:</p> <p>•Evaluación y medición del aprendizaje: Uso de cuestionarios de diagnóstico (pre-test y post-test) para evaluar los conceptos previos y medir los resultados del aprendizaje. Rutinas de pensamiento diseñadas para promover habilidades cognitivas reflexivas.</p> <p>Integración de herramientas tecnológicas en la enseñanza: Uso de aplicaciones y datos reales obtenidos de fuentes científicas. Recursos digitales educativos como aulas virtuales, Objetos Virtuales de Aprendizaje (OVAs) y materiales en línea.</p> <p>Diseño de materiales y actividades significativas. Creación de materiales personalizados como talleres interactivos, maquetas, rompecabezas. Actividades que vinculan el aprendizaje práctico con conceptos teóricos clave,</p>	Habilidades de pensamiento crítico y científico. Observación, planteamiento de preguntas y capacidad para argumentar. Redacción científica, análisis e interpretación. Desarrollo de habilidades para interpretar fenómenos. Construcción de conexiones significativas. Cuestionar concepciones y fomentar el pensamiento. Uso de controversias científicas para estimular el pensamiento crítico. Habilidades STEM. Resolución de problemas en Ciencias.
<p>2. <u>Fomento de un aprendizaje interdisciplinar</u> Interdisciplinariedad:</p>		

Relación Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente (CTSAyV).
Estrategias de enseñanza centradas en los intereses de los estudiantes.
Enfoque en intereses estudiantiles.
Participación grupal y colaborativa

como el uso de modelos astronómicos o cuestionamientos sobre teorías geocéntricas.
Diseño de proyectos que fomentan habilidades prácticas, como la robótica.
Fomento del aprendizaje práctico y significativo.
Uso de proyectos como las Olimpiadas STEM, talleres de robótica y el Club de Astronomía.
Observaciones astronómicas, uso de simulaciones con Stellarium y experimentación.
Talleres y visitas educativas a sitios científicos, como el planetario.
Fomento del pensamiento crítico y científico.
Planteamiento de preguntas.
Desarrollo de habilidades de investigación.
Vinculación de la teoría con la práctica.
Temas STEM
Trabajo grupal y colaborativo
Trabajo interdisciplinar

Fuente: Elaboración propia, a partir del Anexo 7. Matriz de análisis de documentos.

En la primera fila se encuentra en orden la estrategia didáctica, con la mediación pedagógica y el aprendizaje logrado, así, por ejemplo, el ABI y el ABR con preguntas problematizadoras fomentan el pensamiento crítico; el ABP y el enfoque STEM con debates, actividades prácticas y la incorporación de la tecnología desarrolla habilidades científicas y STEM; El trabajo colaborativo y argumentación con cuestionario pre y post cuestionan concepciones y fomentan el pensamiento crítico; Los clubes de astronomía y las actividades CTSA con la construcción de maquetas y el uso de datos reales fortalecen la resolución de problemas y generan aprendizajes significativos. Cada uno de estos aprendizajes hacen parte de lo que debe desarrollar un estudiante del siglo XXI según la OCDE (2019).

En la segunda fila se organizan las estrategias didácticas por grupos y se explican los métodos, se observan estrategias diversas, como el Aprendizaje Basado en indagación,

proyectos, retos, casos simulados y debates con enfoque CTSA y Valores. Pedagogías activas que promueven pensamiento crítico, creativo, científico y algunas competencias para la vida como la resolución de problemas (Santos O. B., 2022).

Los contenidos varían desde la fusión nuclear hasta el cambio climático, con estrategias que incluyen clubes, talleres prácticos, uso de herramientas tecnológicas y actividades observacionales.

Teniendo en cuenta la información del análisis documental las estrategias didácticas que promueven alfabetización científica escolar son:

- Aprendizaje basado en indagación, ya que a partir de preguntas problematizadoras como el calentamiento global y los viajes a la luna los estudiantes mediante el proceso de planear, hacer, observar y reflexionar fortalecen habilidades científicas.
- Aprendizaje significativo a partir del interés de los estudiantes en un contexto interdisciplinar y usando datos reales satelitales involucran a los estudiantes en el trabajo científico.
- El trabajo interdisciplinar permite profundizar en los conceptos científicos y tecnológicos en un contexto con enfoque STEAM+, metodología ABP, ABR y la robótica. Ya que no se ha mencionado directamente antes, vale la pena aclarar que el STEAM+ es un enfoque educativo que integra las disciplinas de ciencia, tecnología, ingeniería, artes y matemáticas. Busca fomentar el aprendizaje creativo, crítico y colaborativo, preparando a los estudiantes para carreras del futuro. El signo “+” indica una *extensión* del enfoque

STEAM que puede incorporar áreas adicionales para abordar desafíos complejos de manera interdisciplinaria.

- El trabajo colaborativo y la socialización con sus pares permite afianzar los conocimientos científicos y desarrolla autonomía y responsabilidad en los estudiantes.
- Los clubes de astronomía lideran procesos de apropiación del conocimiento y las habilidades científicas partiendo del interés de los estudiantes y los docentes.
- El aprendizaje basado en proyectos (ABP) apunta al desarrollo de habilidades científicas y manejo de las TICs al generar soluciones a diversas problemáticas.
- Actividades de relaciones CTS. Permite un proceso reflexivo de algunos conceptos y fenómenos científicos que inciden en la sociedad a partir de situaciones problema, apropiando herramientas tecnológicas, cuestionando las pseudociencias y debatiendo temas de interés.

Las que promueven pensamiento crítico son:

- Aprendizaje basado en indagación y actividades de relaciones CTS, por el proceso de reflexión, argumentación y comunicación posibilitan a los estudiantes exponer sus puntos de vista para tomar decisiones informadas sobre un fenómeno o situación problema.

Con respecto a las estrategias didácticas y los aprendizajes obtenidos en la revisión de los artículos se puede decir que la enseñanza de la astronomía aporta al desarrollo de pensamiento crítico y la alfabetización científica escolar, ya que logra formar estudiantes

reflexivos, críticos, creativos, con manejo de lenguaje científico de primer y segundo orden de acuerdo con lo descrito por Adúriz-Bravo (2005).

Por otra parte, se encontró en los documentos revisados que algunas estrategias didácticas también se convierten en herramientas pedagógicas y viceversa, en algunas ocasiones no es muy clara la diferencia. Según la teoría una estrategia didáctica es el paso a paso con que el estudiante consigue su objetivo de aprendizaje y las herramientas pedagógicas son los métodos y recursos. Como se observa en la **Tabla 9** existe un enfoque STEM que es una estrategia de trabajo interdisciplinar que usa como métodos el ABP y el ABR para que al final los estudiantes adquieran habilidades STEM, entonces STEM es estrategia, herramienta y objetivo de aprendizaje.

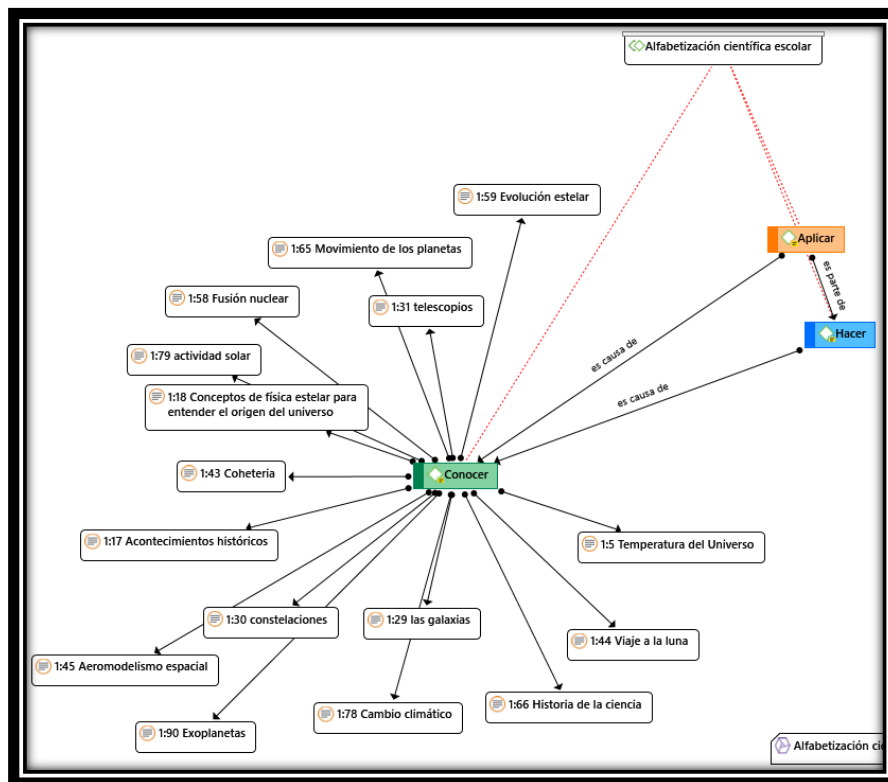
Ya en el apartado 3.2.3 Didáctica de la Astronomía se explicó el tema de la mediación pedagógica. Sin embargo, es necesario aclarar que existe un uso concomitante de los términos “estrategia didáctica” y “recurso pedagógico” para referirse a lo mismo. Al respecto se pueden revisar las definiciones de dichos términos en Monteza (2021) y en Morales (2012). Un ejemplo de estrategia didáctica es el "aprendizaje basado en proyectos"(ABP). Para implementar esta estrategia, se pueden utilizar diversas mediaciones pedagógicas, como libros de consulta, internet, videos, materiales para la construcción de prototipos, maquetas, etc.

En este punto es importante resaltar la complejidad de la subcategoría de análisis “Conocer”, en la cual se engloban tanto los contenidos temáticos identificados en las prácticas de aula, como los estándares curriculares del Ministerio de Educación, y además otros contenidos de interés para los estudiantes; todo ello se utiliza con el propósito de generar una visión integral para la enseñanza de la ciencia. En la **Figura 13**, que es la representación de la red semántica extraída de los datos base, se evidencia tanto la

presencia de contenidos como “sistema planetario” y “evolución estelar” que hacen parte de los estándares curriculares, como de “constelaciones”, “viajes a la luna”, “cambio climático”, “telescopios”, “galaxias” y “aeromodelismo espacial”, todos ellos provenientes del puro interés de los estudiantes. Así mismo, la historia de la ciencia, y los acontecimientos históricos están allí representados como parte clave del anclaje de los procesos de aprendizaje significativo, estableciendo vínculos espaciotemporales para conectar el nuevo conocimiento con el ya existente.

Tampoco sobra recalcar que todos los contenidos arriba mencionados se trabajan en la enseñanza de la astronomía mediante una aproximación interdisciplinar en el contexto del hacer y aplicar, de tal modo que usando la tecnología se obtengan datos reales y el estudiante pueda encontrar por sí mismo las relaciones existentes entre las teorías y las observaciones hechas en la práctica.

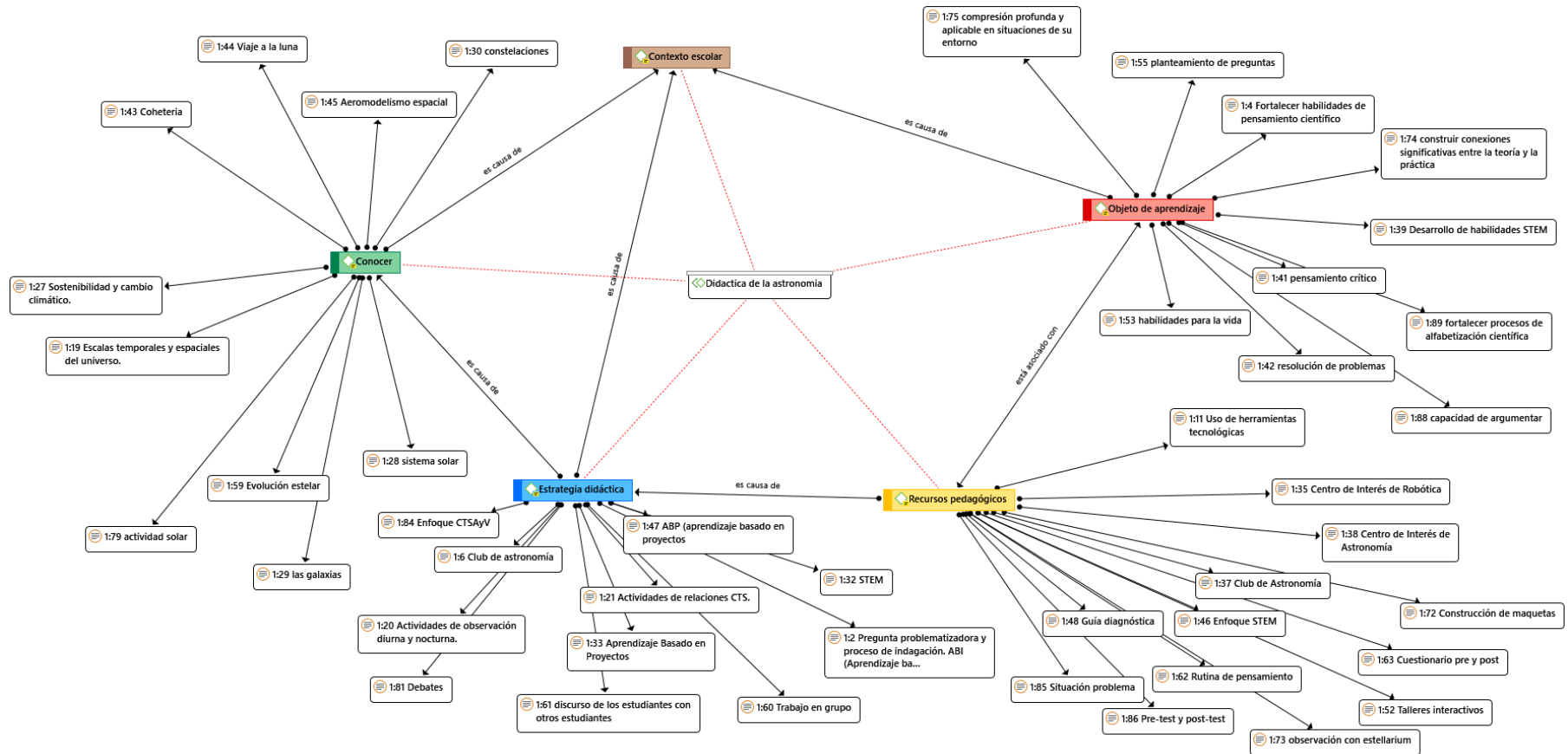
Figura 13. Red semántica de la categoría ‘Conocer’.



Nota. Elaboración propia, exportado del programa ATLAS.ti

A partir de los datos de la matriz de análisis documental en el software ATLAS.ti se obtuvo la red semántica de la **Figura 14**, que muestra las relaciones entre las subcategorías de la didáctica de la astronomía, un aporte clave de la propuesta didáctica. Al analizar esta red es importante resaltar que, de acuerdo con el contexto escolar, se evidencian metas u objetivos de aprendizaje que enfatizan el desarrollo del pensamiento crítico y la alfabetización científica. Estos objetivos se corresponden con campos temáticos o contenidos específicos para los cuales se busca crear mediaciones pedagógicas. Entre estas, sobresalen el enfoque STEM, las relaciones CTSA, la argumentación en debates a partir de preguntas problematizadoras, el trabajo en grupo y práctico desde un planteamiento interdisciplinar por proyectos, y la formación de clubes de astronomía.

Figura 14. Elementos didácticos según la matriz documental.



Fuente: Elaboración propia.

La Figura 14 muestra la red semántica a partir de la cual se planteó la propuesta didáctica. La red emergió de la codificación de datos.

El planteamiento de la propuesta didáctica incluye los siguientes elementos: un *objeto de aprendizaje* a implementar, unas *estrategias didácticas* que operan como directrices de la implementación, unas *mediaciones pedagógicas* que modulan la estrategia y unos *campos temáticos* para trabajar directamente.

Aquí resulta importante explicar el campo de acción de la enseñanza de la astronomía como un espacio compartido entre las habilidades para el desarrollo del *pensamiento científico* y las que fomentan el *pensamiento crítico*. En el diagrama de Venn de la **Figura 15** los elementos corresponden a los identificados en la matriz documental, y se intersecan justamente en el ámbito de construcción de aprendizajes significativos mediante la enseñanza de la astronomía en el aula. Todo ello, valga recordar, sucede en contextos de interdisciplinariedad, con mediación tecnológica y en la esfera de las relaciones CTSA.

Figura 15. *Aprendizajes logrados según la matriz documental, a partir de la enseñanza de la astronomía.*



Fuente: Elaboración propia.

Esto coincide con lo planteado por Camino (2021): los educadores en Astronomía deben tener como objetivo formar estudiantes críticos para que incorporen a su vida cotidiana el conocimiento científico; estudiantes que no den nada por hecho, que puedan imaginar mundos nuevos y que puedan dar respuestas con argumentos según la historia social a la cual pertenecen. Para lograr esa clase de aprendizajes significativos se planean estrategias didácticas y mediaciones pedagógicas en un proceso reflexivo que lleve a la comprensión profunda de los conceptos científicos.

Como lo plantean Valderrama et al. en (2021) y (2024) es fundamental implementar métodos de enseñanza que fortalezcan los conceptos científicos, interrelacionándolos con

otros campos de conocimiento desde un enfoque que reconozca las relaciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad.

5.1.2 Entrevista a profundidad.

Para el desarrollo de las entrevistas, se realizó un guion de preguntas relacionadas con los elementos y factores que influyen en los procesos de enseñanza y aprendizaje de la astronomía (Anexo 2). Las entrevistas se realizaron de manera virtual usando como herramienta la plataforma MS Teams®, que con autorización de los docentes e investigadores se grabó la sesión y posteriormente se transcribieron las respuestas del guion a un documento de Word. De manera presencial se grabó el audio con las respuestas y luego se hizo la transcripción. Esa transcripción se depuró para evitar errores y así se convirtió en insumo para el proceso de codificación en el programa ATLAS.ti

El siguiente paso fue codificar todos los documentos teniendo en cuenta las categorías *a priori*. Durante el proceso de codificación surgió una nueva subcategoría de análisis que se denominó “dificultades para la enseñanza de la astronomía”, debido a que fue mencionada constantemente en los instrumentos.

Luego de la codificación, se empieza el análisis mediante la tabla de coocurrencias: esta es una tabla de frecuencias que correlaciona la aparición concurrente de las categorías a lo largo de todo el proyecto, mostrando en cada celda la frecuencia con la que coinciden las categorías. Es decir, se cuenta el número de *eventos de coincidencia* y no el número de marcas (programa ATLAS.ti).

A medida que se va analizando las coocurrencias se establecen unas relaciones más fuertes entre algunas categorías y subcategorías. Para ir consolidando la información con mayor claridad, se revisan las codificaciones para establecer la relación con otras categorías

y se superponen en la codificación para generar saturación de la información (Carreño Díaz, 2020).

Según la tabla de coocurrencias de la categoría didáctica de la astronomía (**Figura 16**) hay dos eventos coincidentes: uno, las dificultades para la enseñanza de la astronomía que se encuentran en el contexto escolar (Recursos, tiempo que se dedica, formación de los docentes, apoyo institucional, etc.) y dos, los recursos pedagógicos para la enseñanza de la astronomía que están relacionados con el hacer. Esto es ya una evidencia de Alfabetización Científica, lo que implica superar el nivel básico del conocer, pasando al entender desde el hacer.

Por otra parte, al observar el número de citas por categoría se genera un hallazgo: la subcategoría que tiene más citas es la del *objeto de aprendizaje*, considerándose el elemento central de la didáctica. En él se establecen los objetivos de desarrollo de pensamiento científico y crítico, y de él se desprenden las estrategias y mediaciones pedagógicas utilizadas en contextos determinados.

Figura 16. *Tabla de coocurrencias categoría Didáctica de la astronomía.*

	Context... 62	Estrategi... 92	Objeto d... 147	Recursos... 85
Aplicar 12			1	4
Argument... 24		2	1	1
Comunica... 14		3		6
Conocer 119			4	1
Dificultade... 33	17		1	3
Hacer 32		3	2	17
Observación 4			1	1
Reflexión 25		2	6	1
Toma de d... 50		6	7	

Fuente: Elaboración propia. Exportado del programa ATLAS.ti.

En el ámbito de la alfabetización científica escolar, la categoría "conocer", que agrupa los contenidos temáticos, presenta un mayor número de citas en comparación con "hacer" y "aplicar"(ver figura 17). Esto puede interpretarse como un indicio de que nos encontramos en un nivel básico, donde, según la propuesta de Sassaron & de Carvalho (2008), se manifiesta la capacidad de comprender términos, conocimientos y conceptos científicos fundamentales.

Sin embargo, se observa una tendencia a aplicar dichos conocimientos a la vida cotidiana, trascendiendo el manejo conceptual. Este avance sugiere que la astronomía puede contribuir a mejorar los niveles de alfabetización científica ya que permite aplicar los conocimientos en temas de medio ambiente, turismo, cultura, y sociología, entre otros. Los lugares en que esto se evidencia dentro del ámbito escolar son las ferias de la ciencia, las olimpiadas STEM y los encuentros de astronomía.

Y se insiste en ello: cuando los estudiantes aplican lo aprendido y pueden conectar la teoría con la práctica, logran desarrollar sus habilidades de pensamiento científico, mejorar su cultura científica y tomar decisiones informadas sobre temas relevantes para sus vidas.

Figura 17. *Tabla de coocurrencias alfabetización científica escolar.*

	● ◆ Aplicar ③ 12	● ◆ Conocer ③ 119	● ◆ Hacer ③ 32
● ◆ Comunica... ③ 14	3		4
◆ Dificultade... ③ 33	1	3	1
● ◆ Estrategia... ③ 92			3
● ◆ Objeto de... ③ 147	1	4	2
● ◆ Observación ③ 4	1		1
● ◆ Recursos p... ③ 85	4	1	17
● ◆ Reflexión ③ 25			1
● ◆ Toma de d... ③ 50	1		1

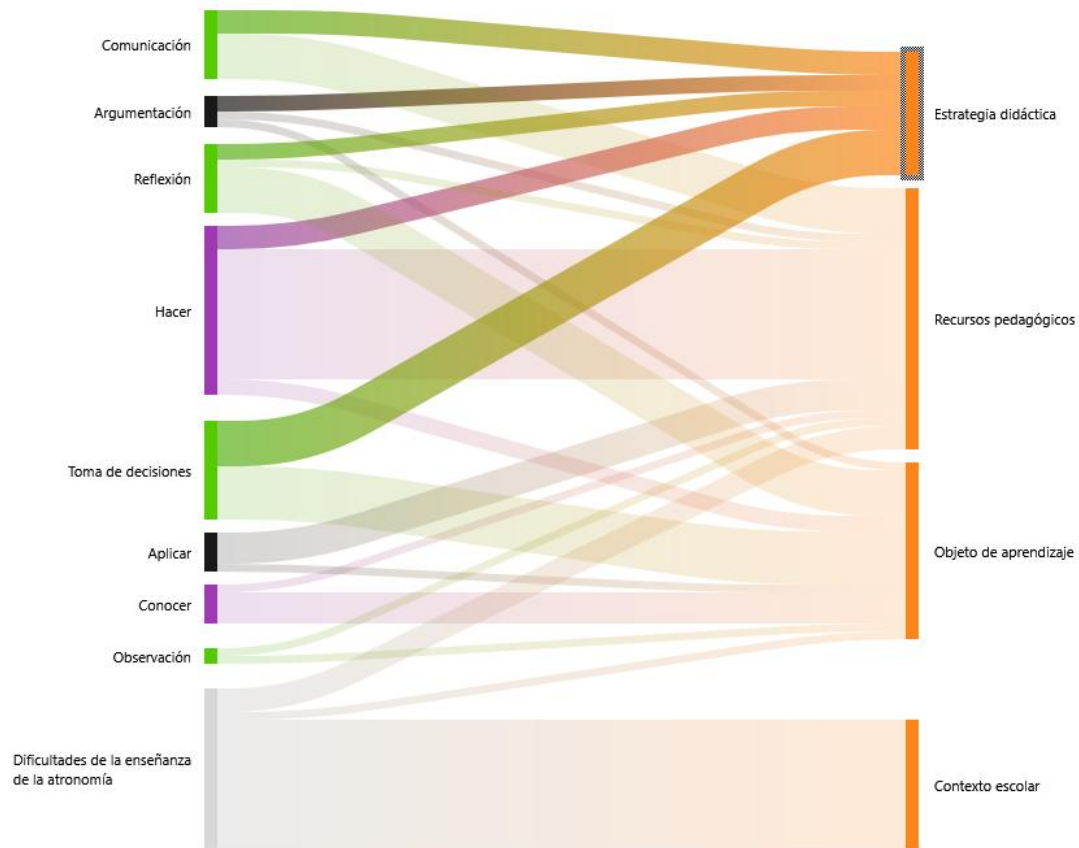
Fuente: Elaboración propia, exportado del programa ATLAS.ti.

Con respecto a la categoría pensamiento crítico la enseñanza de la astronomía genera unos procesos reflexivos, de argumentación y comunicación que conllevan a la toma de decisiones. Como se observa en el diagrama de Sankey y tabla de coocurrencias (Figura 18 y 19) la toma de decisiones está muy asociada a la estrategia didáctica respondiendo a los objetivos de aprendizaje. Por ejemplo, el aprendizaje experiencial, el ABP y el ABR posibilitan que los estudiantes tomen decisiones para cumplir los objetivos del proyecto, el reto o la experiencia, ya que se emplean datos satelitales reales que proporcionan información precisa.

En general, aunque la información geoespacial parezca algo ajeno, de hecho, ayuda a resolver problemas de la vida cotidiana. Así mismo, los estudiantes que aplican los conocimientos científicos a situaciones reales comprenden la utilidad de lo aprendido, lo que a su vez contribuye a los procesos de alfabetización científica en la escuela. Vincular los temas con la vida diaria de los estudiantes con lo aprendido es un avance importante, ya que fomenta una comprensión profunda y aplicada de los conceptos científicos (Viafara Ortiz, 2024).

Además, para que un estudiante pueda comunicar eficazmente sus conocimientos, es fundamental que haya desarrollado previamente habilidades de reflexión y argumentación, consideradas habilidades clave para el fortalecimiento del pensamiento crítico. Por ello, la implementación de mediaciones pedagógicas comunicativas como debates, ferias de ciencia y rutinas de pensamiento, entre otros, resulta crucial para promover el desarrollo de este pensamiento, que constituye un objetivo central en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias naturales y otros campos de conocimiento como lo es la astronomía (Tamayo Alzate, 2020).

Figura 18. Diagrama de Sankey. Coocurrencias en la didáctica de la astronomía.



Fuente: Elaboración propia, exportado del programa ATLAS.ti.

En el diagrama de Sankey de la **Figura 18** se muestran las superposiciones de subcategorías dentro de las categorías principales: esas subcategorías van a ser claves para generar la propuesta didáctica que desarrolle pensamiento crítico.

Figura 19. *Tabla de coocurrencias pensamiento crítico.*

	● ◆ Comuni... ③ 14	● ◆ Observa... ③ 4	● ◆ Reflexión ③ 25	● ◆ Toma de... ③ 50	
● ◆ Aplicar ③ 12	3	1		1	
● ◆ Argument... ③ 24	1	1		1	
● ◆ Estrategia... ③ 92	3		2	6	
● ◆ Hacer ③ 32	4	1	1	1	
● ◆ Objeto de... ③ 147		1	6	7	
● ◆ Recursos p... ③ 85	6	1	1		

Fuente: Elaboración propia, exportado del programa ATLAS.ti.

En relación con los objetivos de aprendizaje de la astronomía escolar, la **Figura 19** muestra coincidencias que demuestran que las estrategias didácticas acercan a los estudiantes a procesos de reflexión y toma de decisiones, elementos constitutivos del pensamiento crítico. Asimismo, los recursos pedagógicos empleados incorporan un componente comunicativo, reflexivo y observacional, característico de este tipo de pensamiento. La frecuencia de aparición de categorías como “toma de decisiones” (50 citas), “reflexión” (25 citas) y “comunicación” (14 citas), indica también el desarrollo del pensamiento crítico y la Alfabetización Científica.

5.2 Fase 2. Elaboración y evaluación de la propuesta didáctica.

5.2.1 Preguntas de reflexión docentes y estudiantes.

Una vez identificados los elementos principales de la didáctica de la astronomía se elaboraron unas preguntas de reflexión para conocer y describir el concepto de los estudiantes y docentes que son los actores principales que interactúan en el aula de clase para apropiarse del conocimiento astronómico.

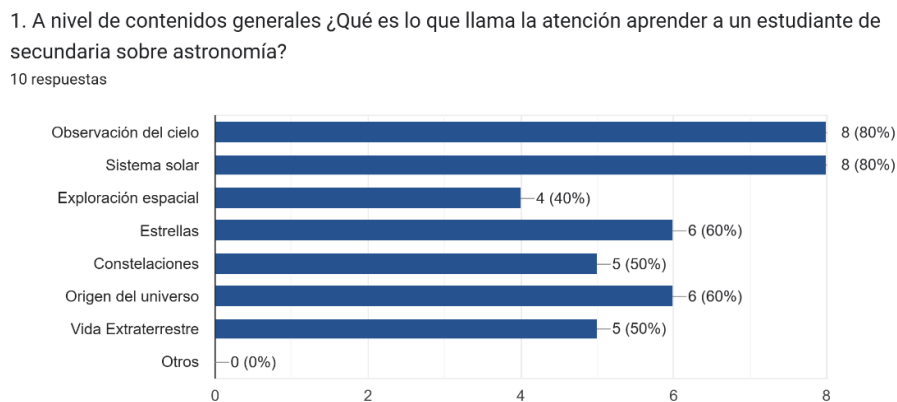
A continuación, se describen los resultados:

5.2.1.1 Cuestionario de docentes.

A partir de la información recopilada en el cuestionario para los docentes (Anexo 6) se encuentran las siguientes tendencias:

Con respecto a la primera pregunta, en la figura 20, se resalta que lo que llama la atención a los estudiantes aprender es: observar el cielo, el sistema solar, las estrellas y el origen del universo, constelaciones, vida extraterrestre, muy consecuente con las temáticas sugeridas desde los estándares curriculares del MEN, lo que sugiere que los docentes de los semilleros de astronomía parten de los temas curriculares y adicionan otros según el interés de los estudiantes.

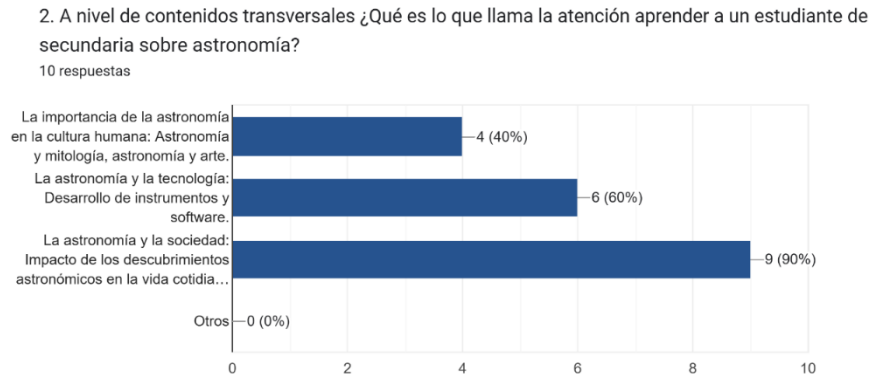
Figura 20. *Gráfico contenidos generales de astronomía que llaman la atención de los estudiantes de secundaria.*



Fuente: Elaboración propia fuente preguntas de reflexión de los docentes.

A nivel de contenidos transversales les llama la atención contenidos relacionados con la sociedad y el impacto de los descubrimientos en la vida cotidiana. (Figura 21), esto sugiere un trabajo interdisciplinar y de aplicación de actividades CTSA.

Figura 21. Gráfico contenidos transversales de astronomía que llaman la atención de los estudiantes de secundaria.



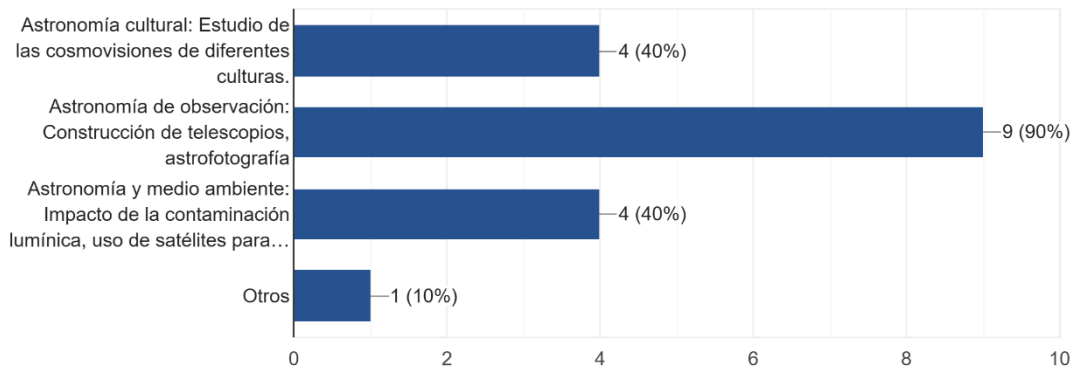
Fuente: Elaboración propia fuente preguntas de reflexión de los docentes.

La idea de que el trabajo práctico en astronomía mediado por la tecnología favorece el aprendizaje significativo (Acut, 2021) se evidencia en los intereses de los estudiantes que se descubrieron en el análisis: “astronomía de observación”, “construcción de telescopios” y “astrofotografía” (**Figura 22**).

Figura 22. Gráfico contenidos de astronomía según los intereses de los estudiantes de secundaria.

3. A nivel de contenidos según los intereses de los estudiantes ¿Qué es lo que llama la atención aprender a un estudiante de secundaria sobre astronomía?

10 respuestas



Fuente: Elaboración propia fuente preguntas de reflexión de los docentes.

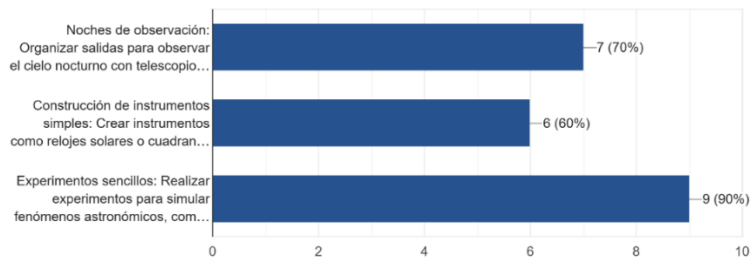
Como se observa en la **Figura 23**, el trabajo práctico se complementa con mediaciones pedagógicas de observación y con la integración de la tecnología lo cual genera un mayor impacto en los estudiantes. Los experimentos, las simulaciones, el uso de aplicaciones móviles, videos y la observación del cielo conectan las teorías con una realidad visible y tangible, lo cual fortalece las habilidades científicas y propicia los aprendizajes significativos. También se observa que la elaboración de maquetas y participar de un proyecto de investigación tienen un impacto positivo en los estudiantes porque permite aplicar los conocimientos para resolver un problema o explicar un fenómeno.

(OECD, 2019)

Figura 23. *Métodos y recursos a nivel de observación, uso de tecnología y actividades prácticas de mayor impacto en la enseñanza de la astronomía en la escuela secundaria.*

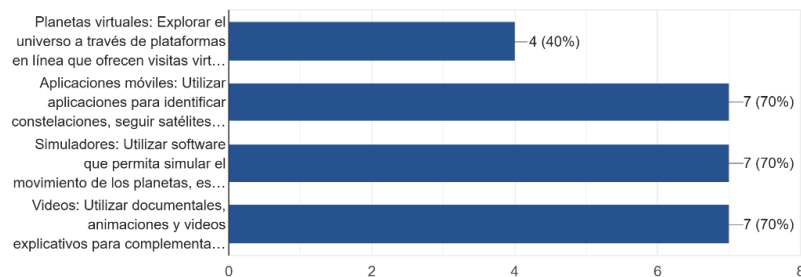
4. ¿Qué métodos y recursos pedagógicos a nivel de observación directa han tenido mayor impacto para la enseñanza de la astronomía en la escuela secundaria?

10 respuestas

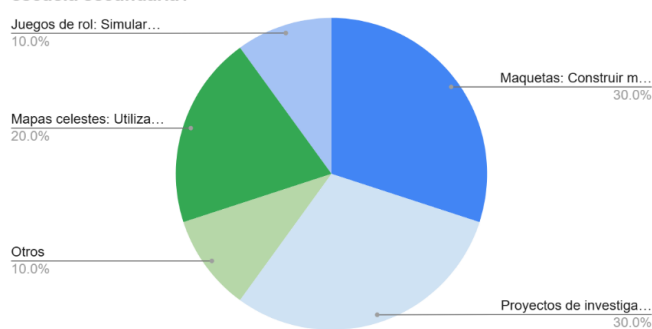


5. ¿Qué métodos y recursos pedagógicos a nivel de uso de tecnología han tenido mayor impacto para la enseñanza de la astronomía en la escuela secundaria?

10 respuestas



6. ¿Qué métodos y recursos pedagógicos a nivel de actividades prácticas han tenido mayor impacto para la enseñanza de la astronomía en la escuela secundaria?



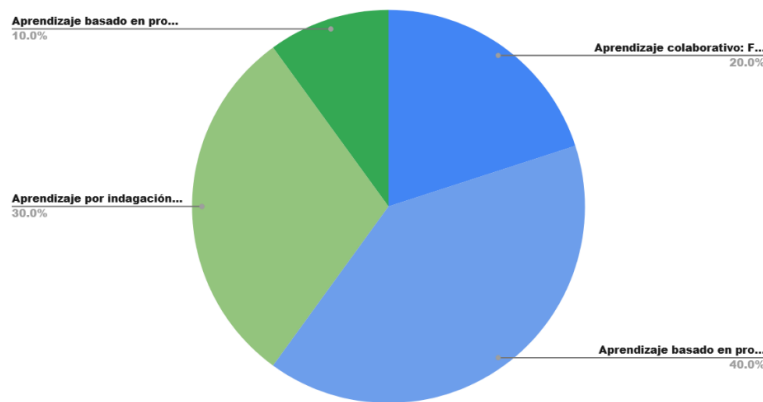
Fuente: Elaboración propia fuente preguntas de reflexión de los docentes.

Con respecto a las estrategias didácticas como se observa en la figura 23, se destacan: el aprendizaje basado en proyectos (ABP) y en indagación (ABI), la conexión con

otros campos de conocimiento (enfoque interdisciplinar) y actividades prácticas como las visitas a planetarios, la participación en clubes o semilleros de investigación y la observación. Estas estrategias favorecen el desarrollo de pensamiento crítico y la AC (Valderrama, et al., 2024).

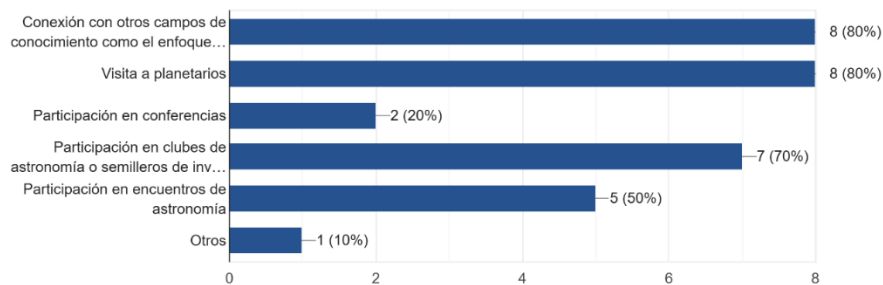
Figura 24. Estrategias didácticas que han tenido impacto en la enseñanza de la astronomía en la escuela secundaria.

7. ¿Qué métodos y recursos pedagógicos a nivel de pedagogías activas han tenido mayor impacto para la enseñanza de la astronomía en la escuela secundaria?



8. ¿Qué otros métodos y recursos pedagógicos han tenido mayor impacto para la enseñanza de la astronomía en la escuela secundaria?

10 respuestas



Fuente: Elaboración propia fuente preguntas de reflexión de los docentes.

5.2.1.2 Cuestionario de estudiantes.

Ahora desde la perspectiva de los estudiantes encontramos que en los contenidos generales se destaca el origen del universo, la observación del cielo, la exploración espacial, las estrellas y los agujeros negros. Les llama la atención la relación de la astronomía y la mitología, el arte y el impacto de los descubrimientos, el medio ambiente y la astrofotografía. (Ver figura 25).

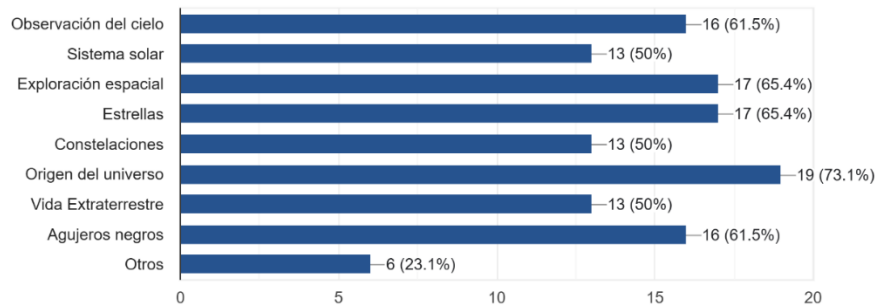
El observar el cielo los conecta con la realidad local y como lo plantea Giordano (2021) al observar el cielo desde diferentes lugares del mundo el estudiante descubre que la interpretación de los acontecimientos locales le da una visión de lo que ocurre en la tierra en su totalidad.

El medio ambiente, el arte, la mitología y la astrofotografía son temas de interés de los estudiantes porque son cercanos a sus modos de ver e interactuar con el mundo.

Figura 25. *Contenidos sobre astronomía que a los estudiantes les llama la atención aprender.*

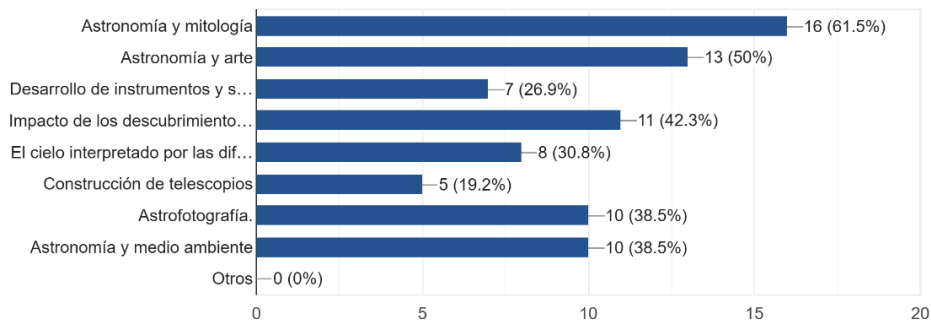
1. Selecciona los contenidos generales que le llaman la atención aprender sobre astronomía:

26 respuestas



2. Con respecto a la astronomía y la relación con la cultura humana que contenido le gustaría aprender:

26 respuestas



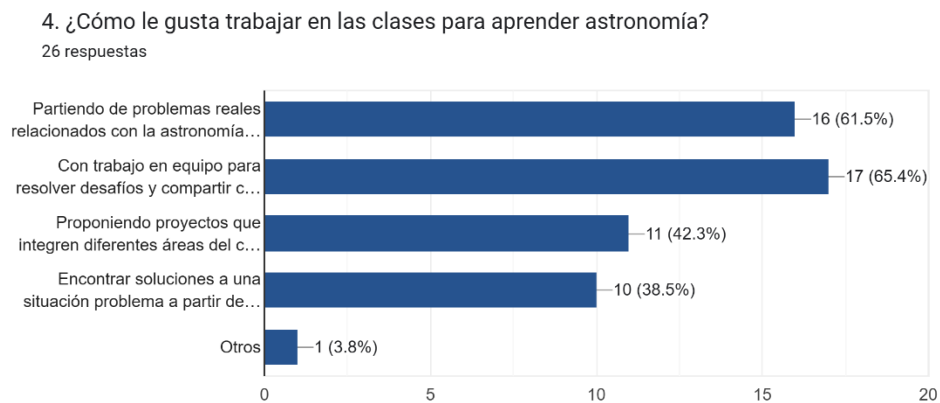
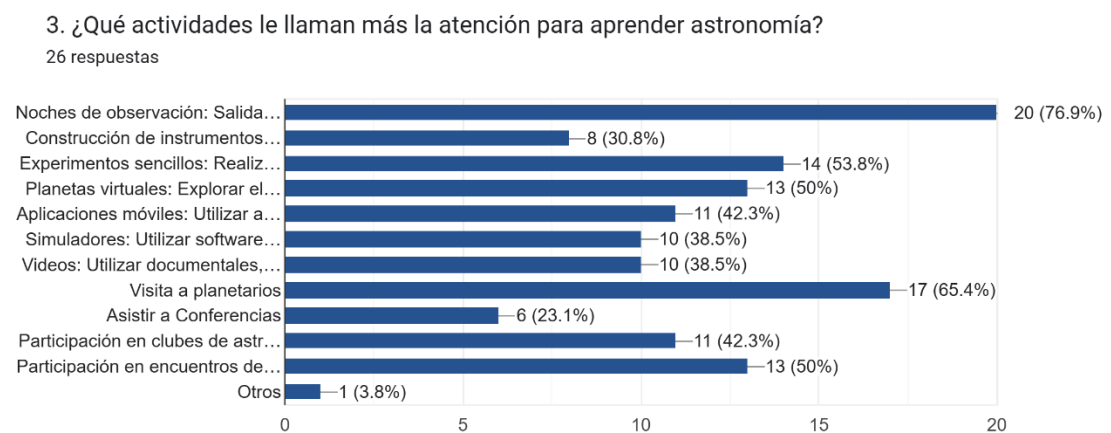
Fuente: Elaboración propia fuente preguntas de reflexión de los estudiantes.

Con respecto a los métodos y recursos (figura 26) los estudiantes prefieren, actividades prácticas de observación, visita a planetarios, realizar experimentos sencillos y participar en encuentros. Les gusta trabajar en equipo, partir de problemas reales y el trabajo desde diferentes áreas del conocimiento.

El aprendizaje práctico busca involucrar a los estudiantes de manera activa en su propio proceso de aprendizaje, y el trabajo colaborativo e interdisciplinar desarrolla

habilidades de pensamiento crítico, lo que les permite analizar información, resolver problemas y tomar decisiones informadas. Además, este enfoque fomenta el desarrollo de ciudadanos socialmente responsables, que son conscientes de su papel en la sociedad y se comprometen a contribuir positivamente Balastegui (2020).

Figura 26. *Actividades y métodos que prefieren los estudiantes para aprender astronomía.*



Fuente: Elaboración propia fuente preguntas de reflexión de los estudiantes.

A partir de la información suministrada por los instrumentos aplicados podemos establecer algunas comparaciones:

En la **Tabla 10**, lo que se resalta con azul más oscuro son las estrategias que se presentan con mayor frecuencia en los instrumentos para cada grupo poblacional. Se observan algunas coincidencias, por ejemplo: el trabajo interdisciplinar sobresale en el análisis documental, la opinión de los expertos, los docentes y los estudiantes. Los docentes relatan que hay mejores resultados con el ABP pero los estudiantes prefieren el aprendizaje basado en problemas (ABp). Para explicar esta discrepancia se debe tener en cuenta que para los estudiantes el trabajo por problemas implica competición para resolver la situación y eso los motiva. Entre tanto, el trabajo por proyectos tiene una organización establecida en el aula y es menos atractivo.

También observamos que estrategias mediadas por la tecnología, la experimentación, la gamificación y la socialización del aprendizaje se encuentran entre las actividades preferidas por los actores del proceso didáctico que participaron en esta investigación. Todas estas forman parte de las estrategias pedagógicas activas, idóneas para desarrollar habilidades esenciales en los estudiantes del siglo XXI, como la resolución de problemas, el pensamiento crítico y la toma de decisiones informadas (OECD, 2019).

Tabla 10. *Preferencias estrategias didácticas desde los diferentes actores del proceso de enseñanza y aprendizaje de la astronomía.*

Estrategias didácticas	Análisis documental	Expertos y divulgadores	Docentes	Estudiantes
Aprendizaje Basado en proyectos (ABP)	X	X	X	X
Rutina de pensamiento		X	X	
Aprendizaje Basado en problemas (ABp)	X	X	X	X
Trabajo interdisciplinar STEM	X	X	X	X
Aprendizaje Basado en retos (ABR)	X	X	X	X
Gamificación	X	X	X	X
Elaborar modelos	X	X	X	X

Estrategias didácticas	Análisis documental	Expertos y divulgadores	Docentes	Estudiantes
Aprendizaje por indagación.	X	X	X	
Observaciones		X	X	X
Experimentación	X	X	X	X
Visita a planetarios.		X	X	X
Uso de simuladores y páginas web.	X	X	X	X
Socializar lo aprendido.	X	X	X	X

Fuente: Elaboración propia fuente instrumentos de la investigación.

Los hallazgos de la **Tabla 10** permiten identificar las estrategias didácticas que generan interés mayor en los estudiantes y que han posibilitado aprendizajes significativos, y se evidencia que no son las mismas más sugeridas por expertos y divulgadores científicos.

Estos resultados sugieren que, si bien los docentes emplean con frecuencia el ABP, el trabajo interdisciplinar STEM y el aprendizaje por indagación, también están abiertos a utilizar una variedad de estrategias en el aula, como el ABp, la gamificación, las actividades prácticas, las visitas a los planetarios, el uso de simuladores, para adaptarse a los diferentes estilos de aprendizaje y diversidad en el grupo de estudiantes. Esto refleja su intención de transformar sus prácticas tradicionales para generar aprendizajes significativos.

A continuación, se va a realizar la triangulación de instrumentos por estamentos para los elementos didácticos y a partir del análisis ir construyendo la propuesta didáctica que desarrolle habilidades de pensamiento crítico en los estudiantes de secundaria.

En primer lugar, se resumen las variables que influyen en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la astronomía desde diferentes puntos de vista de los participantes en la investigación Teniendo en cuenta algunos elementos claves del contexto de aprendizaje como son: El contexto físico, que es el lugar y los recursos con los que se lleva a cabo el

proceso formativo, el contexto humano que son los actores que intervienen, el contexto pedagógico que son los modelos, enfoques, métodos e interacciones en el proceso de enseñanza y aprendizaje, como lo muestra la tabla 10.

Tabla 11. Variables que influyen en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la astronomía.

Variable Instrumento	Contexto físico	Contexto Humano	Contexto pedagógico
Matriz documental	Material didáctico innovador. Uso de herramientas tecnológicas. Uso de datos reales.	Interés de los estudiantes.	Pedagogías activas. Trabajo colaborativo. Enfoque STEM.
Entrevistas a expertos	Ambiente de aprendizaje especializado. Trabajar en cuestiones cotidianas.	Formación continua de los docentes. Grupo poblacional. Interés de los estudiantes. Motivación de los docentes. Interacciones de los actores educativos. Significancia para la experiencia del estudiante.	Trabajo interdisciplinar y multidisciplinar. Horas efectivas para la enseñanza de la astronomía en la escuela. Adaptar y actualizar los currículos. Trabajo práctico donde prime la observación local del cielo.
Docentes	Los equipos, elementos o los materiales con que se dispongan. Recursos digitales.	Apoyo institucional. Interacción entre el ambiente natural o el ambiente en que vive el estudiante. Motivación del estudiante y disposición de los estudiantes a salir del aula. Formación docente.	Tiempo para prácticas observacionales. Desarrollo del pensamiento crítico. Trabajo interdisciplinar. Horas currículo de ciencias. Nivel de conocimiento: presaberes y preconceptos.
Estudiantes	Nos ayuda en otras materias. Mayor conocimiento del universo.	Conocimientos previos. Nos ayuda a preparar temas de la universidad.	Compartir tiempos entre materias y pues quizás sea mejor profundizar las demás materias. Ayuda a resolver problemas como la contaminación lumínica.

Fuente: Elaboración propia fuente instrumentos de la investigación.

De acuerdo con las variables que intervienen en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la astronomía en la escuela desde los diferentes puntos de vista de los participantes se evidencian algunos puntos en común como el trabajo interdisciplinar, el trabajo práctico, la formación continua de los docentes, el interés de los estudiantes, etc. que serán los elementos prioritarios de la propuesta didáctica.

Según el grupo de docentes el conocimiento astronómico desarrolla habilidades en los estudiantes para analizar fenómenos científicos, culturales y sociales, reflexionar sobre desafíos globales, argumentar desde evidencias científicas y expresar ideas con claridad y argumentos sólidos, empoderándolos en la toma de decisiones informadas.

Además, fortalece habilidades como el pensamiento crítico, resolución de problemas y la integración de diferentes disciplinas permite a los estudiantes tener diferentes perspectivas de la situación problema, del contenido temático, del proyecto. Reforzando habilidades científicas como: formular preguntas, diseñar experimentos, analizar datos, así como la comprensión de teorías diversas aportando a la alfabetización científica escolar.

Para el grupo de estudiantes el aprendizaje de la astronomía puede tener un impacto positivo al ampliar el conocimiento y despertar el interés en temas diversos. Algunas teorías científicas relacionadas con la astronomía que se ven en clase incluyen el Big Bang, las constelaciones, los agujeros negros, la relatividad de Einstein y la formación del sistema solar. La astronomía ha permitido tomar decisiones como sociedad en cuanto a temas como la contaminación lumínica y la importancia de cuidar nuestro planeta. Algunos conocimientos astronómicos han sido fundamentales para tomar decisiones prácticas, como el uso de las estrellas en la navegación y la influencia de los ciclos lunares en la agricultura.

Fenómenos como el solsticio de verano, la contaminación lumínica y teorías como la relatividad de Einstein y el *Big Bang* son ejemplos de conocimientos astronómicos relevantes.

Así mismo, es prioritario considerar la visión de los expertos entrevistados con respecto a la enseñanza de la astronomía a partir de un resumen de sus aportes que darán peso a la propuesta didáctica.

A continuación, se presentan los resúmenes de las entrevistas:

La enseñanza se ve influenciada por el entorno de aprendizaje y las interacciones sociales. Es fundamental que la escuela proporcione conocimientos teóricos, conceptuales y metodológicos para resolver problemas científicos, y en esa medida el conocimiento astronómico multidisciplinario fomenta el desarrollo de habilidades científicas. Aplicar este conocimiento en la vida diaria permite tomar decisiones informadas y estimula el pensamiento crítico. La astronomía facilita la comunicación efectiva de ideas, genera interés y promueve el diálogo en diversos campos de conocimiento, además de ser un punto de partida para el aprendizaje y la curiosidad, potenciando habilidades científicas e interconectando áreas de estudio. La investigación en astronomía abarca disciplinas multidisciplinarias como la astrobiología y los estudios ambientales (Divulgador 2).

Los conocimientos astronómicos que llaman la atención de los niños y jóvenes dependen de factores como la edad, el nivel educativo y el interés. La didáctica de las ciencias es crucial en la enseñanza de la astronomía, adaptándola a las preferencias de los estudiantes. Aunque la astronomía no se enseña ampliamente en Colombia, aprenderla puede desarrollar habilidades importantes en los estudiantes. La astronomía fomenta el pensamiento crítico y la exploración, despertando interés por la ciencia. Las actividades

prácticas en astronomía pueden emocionar a los estudiantes y mejorar su comprensión. La interacción entre docentes y estudiantes es fundamental para transmitir emociones y fomentar el aprendizaje significativo (Divulgador 1).

El experto dos destaca la importancia de enseñar astronomía desde la experiencia del estudiante, promoviendo habilidades y actitudes, así como la enseñanza interdisciplinaria que combina conceptos de química, geología y física. Se resalta la necesidad de contrarrestar creencias pseudocientíficas con conocimientos científicos y se proponen estrategias didácticas como la observación y experimentación. Se enfatiza en la motivación del docente y los estudiantes, así como en la relevancia de la astronomía para el desarrollo tecnológico y el pensamiento crítico. Se sugiere que la alfabetización científica en Colombia podría empezar con la astronomía y se destaca la importancia de adaptar la enseñanza a la cultura y el contexto del país (Experto 2).

Para enseñar astronomía, se recomienda usar estrategias variadas, recursos pedagógicos como experimentación, proyectos y promover el pensamiento crítico. La argumentación basada en conocimiento y la investigación son clave, al igual que desarrollar la capacidad de imaginar conceptos. La didáctica de la astronomía busca la integración de conceptos científicos y pedagógicos para mejorar la enseñanza en el aula. Incorporar la dinámica de la astronomía puede enriquecer el aprendizaje, promoviendo la relación entre el hombre y el universo. (Experto 3)

Es fundamental fortalecer los conocimientos de física y matemáticas para abordar la astronomía en secundaria. Se recomienda anclar los conceptos en la historia, promover un interés genuino en la materia y enseñar la evolución de las ideas astronómicas. Es importante fomentar el pensamiento crítico y la construcción de conocimiento científico,

así como conectar la astronomía con la vida cotidiana y la alfabetización científica. Los educadores en astronomía deben tener conocimientos tanto en la disciplina como en enseñanza, adaptándose a diferentes grupos poblacionales y comunicando de manera efectiva. Aprender a enseñar puede profundizar el conocimiento personal y lograr una mejor comprensión de los temas científicos. (Experto 4)

El aprendizaje de la astronomía debe centrarse en conceptos útiles para la vida diaria, comenzando por observaciones simples desde casa. Es importante abordar la epistemología y el sistema de referencia en la formación docente, complementando con herramientas como Stellarium. Los docentes deben guiar a los estudiantes en la construcción de descripciones precisas de los fenómenos astronómicos. La astronomía puede ayudar a resolver problemas cotidianos y desarrollar el pensamiento crítico. Es necesario superar concepciones erróneas arraigadas en adultos para mejorar la enseñanza de la astronomía. Las propuestas educativas deben conectar la astronomía con la experiencia directa de las personas y fomentar la reflexión y argumentación. Se destaca la importancia de trabajar en la comprensión de modelos astronómicos antes de explorar interpretaciones culturales. La divulgación de la astronomía debe ser más cercana a la realidad cotidiana para generar interés y aprendizaje. (Experto 5)

Se destaca la importancia de enamorar a los estudiantes de la astronomía y la ciencia desde la secundaria, compartiendo estrategias como charlas con científicos y fomentar la experimentación. Es prioritario crear un ambiente dinámico en el aula centrado en la astronomía como herramienta multidisciplinaria, motivando el pensamiento crítico y la curiosidad para enfrentar los desafíos del futuro. Hay que motivar a los estudiantes hacia

el éxito y se destaca la relevancia de la astronomía para ampliar horizontes y despertar la curiosidad. (Experto 7)

Ahora bien, con respecto a la subcategoría “Conocer” que reúne los contenidos temáticos, en la tabla 11 se resume las apreciaciones de los estudiantes, docentes y expertos:

Tabla 12. *Contenidos propuestos para la enseñanza de la astronomía.*

	Estudiantes	Docentes	Expertos
Contenidos generales	Observación del cielo. Sistema Solar. Estrellas. Exploración espacial. Constelaciones. Origen del Universo. Vida extraterrestre. Agujeros negros. Colonización de planetas. Lo que hay más allá de las galaxias.	Observación del cielo. Sistema Solar. Estrellas. Origen del Universo. Exploración espacial. Constelaciones. Vida extraterrestre	Observación del cielo. Sistema Solar. Rotación de la Tierra. Trayectoria del sol, la luna y las estrellas. Estaciones del año Husos horarios. Constelaciones. Cuestiones del universo y de las teorías actuales. Grandes científicos que aportaron al desarrollo de la astronomía.
Contenidos transversales	La astronomía y la sociedad. La astronomía y la tecnología. Astronomía y cultura.	Astronomía y cultura. La astronomía y la tecnología. La astronomía y la sociedad.	Cosmovisiones. Sistema de referencia. Espectroscopia. Mitologías de os pueblos precolombinos. Determinar los tiempos de cosecha, los tiempos de lluvias y el cuidado de los recursos naturales.
Contenidos según los intereses de los estudiantes.	Construcción de telescopios. Astrofotografía. Astronomía y medio ambiente.	Astronomía de observación: Construcción de telescopios, astrofotografía Astronomía y medio ambiente:	Agujeros negros Materia oscura Viajes en el tiempo, Agujeros de gusano. Cohetes. Zonas de habitabilidad planetaria.

	Impacto de la contaminación lumínica, uso de satélites. Astronomía cultural: Estudio de las cosmovisiones de diferentes culturas.	Adaptación y mitigación del cambio climático. Ufología. Carta celeste.
--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------

Fuente: Elaboración propia a partir de los instrumentos de investigación.

Para finalizar, hay que tener en cuenta que entre las principales dificultades para la enseñanza de la astronomía (**Tabla 13**) se encuentra la formación docente, esto se debe a dos factores, primero no existe la asignatura de Astronomía para los estudiantes de bachillerato, por consiguiente las universidades que forman maestros no tiene la licenciatura en astronomía y tampoco materias afines en las licenciaturas de ciencias naturales y sociales que son los encargados según los estándares del MEN de orientar algunos temas de Astronomía en secundaria (González Triana, 2024).

Tabla 13. *Dificultades de la enseñanza y aprendizaje de la astronomía.*

Grupo poblacional	Contexto escolar	Contexto pedagógico
Estudiantes	Falta de interés de algunos estudiantes. Inasistencia. Falta de interés y apoyo de las directivas. La falta de motivación de otros profes.	Falta de salidas pedagógicas. Relación de los temas con otras materias. Poco tiempo para el trabajo en astronomía.
Docentes	Formación docente. Apoyo de los colegios para tener herramientas.	Falta de trabajo interdisciplinar. Currículos desactualizados.
Expertos	Formación docente. Modelos como mediadores de teoría y realidad. Habilidades visuales espaciales. Acceso a la noche para realizar observaciones. Falta de desarrollo de pensamiento científico.	Desconocimiento del tema. Sistema de referencia. Lo que aparece en los libros escolares, Concepciones alternativas erróneas. Renovar las mallas curriculares para integrar otras estrategias y temáticas para la enseñanza. La baja carga horaria.

Fuente: Elaboración propia fuente instrumentos de la investigación.

Por lo tanto, los docentes que enseñan contenido en astronomía se forman por vías de formación académica en posgrados, y en formaciones alternativas como las redes de maestros como:

Red de Astronomía de Colombia (RAC): Es una organización sin ánimo de lucro que promueve el estudio y la divulgación de la astronomía para todo tipo de público. Está integrado por grupos universitarios, asociaciones de astronomía, planetarios, observatorios y grupos de instituciones educativas de todo el país. La RAC ofrece talleres para maestros, eventos y recursos educativos para la enseñanza de la astronomía.

Oficina de astronomía para la educación (OAE): Es una iniciativa de la Unión Astronómica Internacional (IAU) cuyo principal objetivo es mejorar la enseñanza de la astronomía en todo el mundo. Esto se logra a través de diversas acciones y programas dirigidos a docentes, estudiantes y al público en general.

Congresos de enseñanza de la astronomía: Es el evento más importante en Colombia dedicado a la enseñanza de estas disciplinas. Reúne a docentes de todos los niveles educativos, investigadores y expertos en didáctica de la física y la astronomía. El CNEFA (Congreso Nacional de la Enseñanza de la Física y la Astronomía) ofrece conferencias, talleres, ponencias y espacios de discusión sobre las últimas tendencias y metodologías en la enseñanza de estas ciencias.

Planetarios distritales: El Programa Planetario para Profes, que orienta el Planetario de Bogotá, es una oportunidad para la transformación del Aula y de la Escuela, convirtiéndose así en espacios de formación para estudiantes y maestros, pues en ellos se replantean las formas de relacionarse, apuntando a vínculos horizontales y colaborativos que permiten que tanto unos como otros, sean sujetos productores de conocimiento. En un

Semillero de Ciencias o Astronomía, todos sus integrantes se forman en una cultura investigadora que involucra intereses y necesidades de su entorno más inmediato, conectados con los desarrollos de pensamiento y los aportes de la Ciencia y de la Cultura.

Como lo propone López, (2022) es prioritario que los docentes encargados de orientar la enseñanza de la astronomía estén en continua capacitación porque debido a que en el colegio y la universidad no tuvieron la oportunidad de acercarse a este conocimiento en ocasiones se evidencia poco manejo de los temas.

Adicional a esto existe poco apoyo institucional por lo que no es una asignatura que este en los planes curriculares en Colombia, por lo tanto, los recursos son limitados y en la mayoría de los casos son los docentes los que elaboran materiales didácticos para el trabajo en el aula.

Así pues, los gobiernos y las instituciones educativas deben dar la importancia que se merece a la investigación científica como una herramienta fundamental para que los estudiantes desarrollen habilidades de pensamiento crítico y resolución de problemas. Esto implica que deben asegurarse de que los docentes reciban la capacitación y los recursos adecuados para que puedan llevar a cabo proyectos de investigación en el aula de manera efectiva (OECD, 2019).

Con todo este marco de referencia de los elementos fundamentales del proceso didáctico, desde los principales actores del proceso educativo y siendo conscientes de algunas dificultades como se mencionó anteriormente en la tabla 12 se establece el camino para elaborar la propuesta didáctica para la enseñanza de astronomía en secundaria que desarrolle pensamiento crítico y aporte a la alfabetización científica escolar y que hacen parte del objetivo 2 y 3 de esta investigación doctoral.

5.3 Fundamentación de la Propuesta Didáctica.

Como parte de los compromisos de la investigación se diseñó una propuesta didáctica que integra los elementos didácticos destacados en los resultados. Considera tanto los atributos propios de la enseñanza de la astronomía como las particularidades del grupo de estudiantes de secundaria al que va dirigida.

Para pensar en una propuesta didáctica además de tener en cuenta las características de los estudiantes y de la astronomía como ciencia hay que partir de los contextos de aplicación (Camino N. , 2018), porque cada individuo trae sus propias experiencias con los fenómenos astronómicos y lo que se proponga debe comenzar por describir estos fenómenos desde la posición del observador (Galperin & Raviolo, 2017).

A su vez, como resultado de cruzar los marcos teóricos, las perspectivas de los expertos y los hallazgos obtenidos en el trabajo de campo, resulta recomendable adoptar pedagogías activas centradas en el estudiante. Estas metodologías, al respetar las particularidades individuales en el proceso de aprendizaje y la interacción, propician un entorno educativo más inclusivo y dinámico, partiendo de los intereses de los estudiantes, estimulan el pensamiento creativo y fomentan la autonomía en la toma de decisiones, promoviendo así un desarrollo integral (Santos, 2022). En consecuencia, este enfoque favorece la construcción de aprendizajes significativos, fortalece el pensamiento crítico y potencia la alfabetización científica.

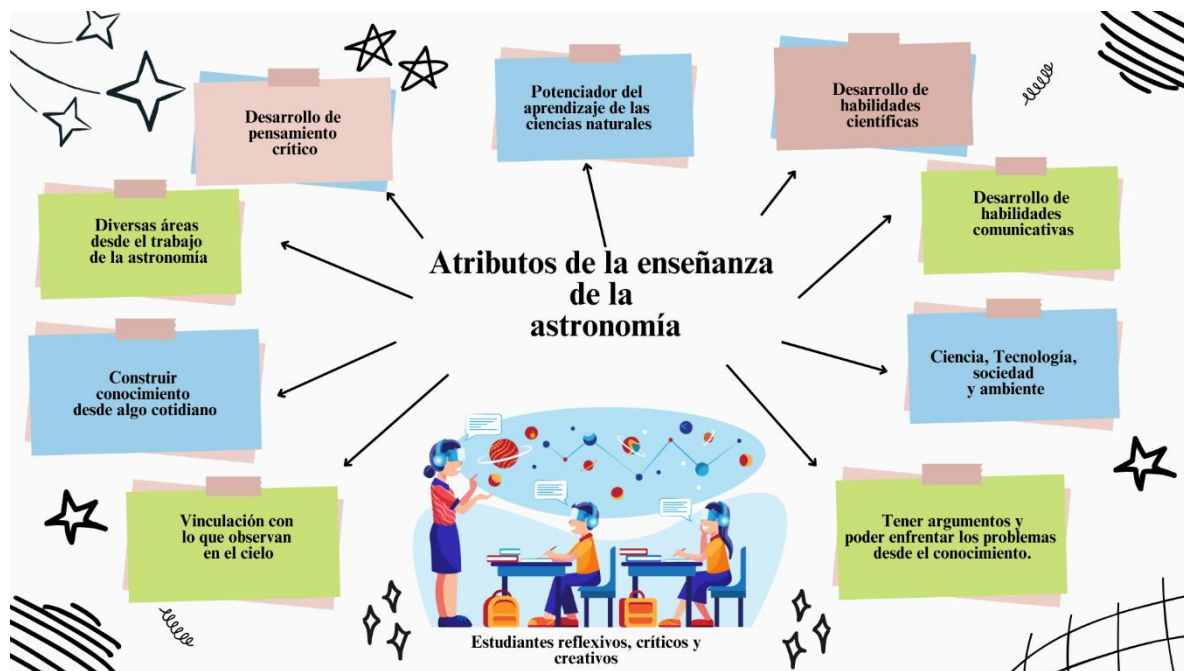
Para esta propuesta se tendrá en cuenta los siguientes elementos, atributos de la enseñanza de la astronomía, contexto escolar, estrategias didácticas, mediaciones

pedagógicas y campos temáticos de referencia, derivado de la apuesta metodológica y los hallazgos de la investigación.

5.3.1 Atributos de la enseñanza de la astronomía en la secundaria.

Los atributos provienen de los aprendizajes que se logran desde la enseñanza de la astronomía, que se esperaría que aporten a la formación de estudiantes reflexivos, críticos y creativos con habilidades importantes para enfrentar los desafíos del siglo XXI.

Figura 27. Atributos de la enseñanza de la astronomía.



Fuente: Elaboración propia fuente instrumentos de la investigación.

La **Figura 27** muestra los atributos de la enseñanza de la astronomía, esta enseñanza parte de construir conocimiento científico a partir de la observación de fenómenos cotidianos que se profundizan mediante la integración de otros campos del saber. El objetivo es desarrollar en los estudiantes de secundaria habilidades argumentativas, comunicativas y de resolución de problemas, además de potenciar el pensamiento

científico, crítico y creativo a partir de situaciones problema, con relaciones CTSA y en un trabajo interdisciplinar, lo cual es deseable en un contexto de diversidad cultural y social.

Estos hallazgos concuerdan con lo planteado por Camino (2016), Giordano (2021), Tamayo (2020) la enseñanza de la astronomía promueve el desarrollo de habilidades de pensamiento científico y crítico, la comprensión de la naturaleza de la ciencia, la conexión de la astronomía con otras áreas del conocimiento y con aplicación a la vida cotidiana.

A su vez, como la propuesta está dirigida a estudiantes de secundaria y según la página de *Stanford Medicine Children's Health* el desarrollo cognitivo de los adolescentes presenta los siguientes tópicos.

- Capacidad de análisis y reflexión sobre los temas que estudian.
- Habilidades académicas de comunicación, manejo de la tecnología y producir e intercambiar conocimientos.
- Interés por aprender cosas nuevas y profundizar en temas que les interesan.
- Desarrollan su capacidad de comprender ideas abstractas y simbólicas, son creativos y proactivos.
- Les interesa su desarrollo social y en sentirse valorados por su grupo, les gusta trabajar en equipo.
- Experimentan cambios emocionales y corporales relacionados con la edad.

(Stanford School of Medicine, 2025)

Las características antes mencionadas junto a los ritmos, estilos de aprendizaje y la diversidad sociocultural de los estudiantes es fundamental teniendo en cuenta los cambios constantes en las generaciones de jóvenes que están relacionadas con las transformaciones mundiales y donde los intercambios culturales son un proceso emergente en la educación,

dado principalmente desde finales del siglo XX, cuando los movimientos de derechos humanos, el reconocimiento de la diversidad cultural y la globalización impulsaron la necesidad de modelos educativos más inclusivos.

Como lo plantean Sarzosa Barrera & Sigcho Quinaluiza (2024), para favorecer el desarrollo integral de los estudiantes el docente debe idear estrategias metodológicas que tengan en cuenta la diversidad de ritmos y estilos de aprendizaje. Por su parte, Guzmán Marín (2018) indica que la educación contemporánea debe adaptarse a la diversidad social y cultural, permitiendo que los estudiantes desarrollen un sentido de identidad propio y se conviertan en agentes de cambio en sus comunidades, sin perder de vista su papel como ciudadanos del mundo.

Ahora, teniendo como base los atributos de la enseñanza de la astronomía y las características de los estudiantes, hay que reflexionar en los contextos de aplicación en el aula de clase, ya que son muy importantes porque influyen en la forma en que los estudiantes aprenden y en el significado que les dan a los campos temáticos. Incluye el ambiente físico del aula, el contexto pedagógico que integra las mediaciones y las estrategias didácticas; y el contexto humano que son las interacciones entre los estudiantes, docentes y directivos de la institución.

5.3.2 Contextos

El contexto escolar según el ministerio de educación nacional de Colombia (MEN) se concibe como un conjunto de factores que influyen en el proceso de enseñanza y aprendizaje. Estos factores se organizan en diferentes componentes, los actores de la comunidad educativa, el currículo, el ambiente escolar, y el contexto sociocultural y se interrelacionan entre sí. Para la propuesta se organizarán en tres componentes como se

observa en la **Tabla 14**, que darán cuenta del contexto específico para la enseñanza de la astronomía.

Tabla 14. *Contextos referentes en la propuesta didáctica.*

Componente físico	Componente Humano	Componente pedagógico
Material didáctico innovador.	Grupo poblacional diverso.	Trabajo interdisciplinar y multidisciplinar.
Apropiación de herramientas tecnológicas.	Formación continua de los docentes.	Adaptar y actualizar los currículos.
Uso de datos reales.	Interés de los estudiantes.	
Ambiente de aprendizaje especializado.	Motivación de los docentes.	Trabajo práctico donde prime la observación local del cielo.
Trabajar en cuestiones cotidianas.	Interacciones de los actores educativos.	Desarrollo del pensamiento crítico.
Horas efectivas para la enseñanza de la astronomía en la escuela.	Significancia para la experiencia del estudiante.	Nivel de conocimiento: presaberes y preconceptos.
	Apoyo institucional.	Profundizar las demás materias.
	Interacción entre el ambiente natural o el ambiente en que vive el estudiante.	Trabajo con pedagogías activas.

Fuente: Elaboración propia fuente instrumentos de la investigación.

Con respecto al componente físico motiva mucho a los estudiantes si el aula de clase está ambientada con material didáctico propio de la astronomía. Las representaciones visuales juegan un papel crucial, ya que permiten a los estudiantes visualizar conceptos abstractos y fenómenos complejos de una manera más concreta y significativa: en la actualidad los estudiantes son altamente sensibles a estímulos visuales, lo cual facilita los procesos de aprendizaje y constituye una motivación (Cardona, 2022). De acuerdo con lo expresado en la entrevista con uno de los expertos consultados (ver Anexo 2. Guion entrevista a profundidad para expertos) resulta prioritario crear en el aula un ambiente dinámico centrado en la astronomía, que incluya ayudas visuales para motivar a los estudiantes a aprender y que despierte su curiosidad.

Estas representaciones pueden adoptar diversas formas, como fotografías de cuerpos celestes, constelaciones, galaxias, esquemas del sistema solar, fases de la luna, eclipses, modelos de los planetas, programas interactivos como Celestia

<https://celestiaproject.space/> y Stellarium <https://stellarium.org/>, que muestran el movimiento de los astros, páginas web con simulaciones, videos, documentales y animaciones con explicaciones de conceptos astronómicos.

En la actualidad la integración de la inteligencia artificial en la educación está transformando la manera en que se enseña y se aprende, se han encontrado diversos beneficios tanto para los docentes como los estudiantes. En el caso de los docentes para adaptar los contenidos y las actividades a las necesidades y el ritmo de cada estudiante, también para optimizar el tiempo en la preparación de materiales y evaluaciones, sin embargo, representa un reto contar con la formación adecuada para guiar los procesos de enseñanza en el aula; para los estudiantes resulta innovador y motivador ya que les ofrece diversas herramientas para su proceso educativo (Valencia Sánchez, 2024).

Por su parte, la apropiación de la tecnología permite profundizar el conocimiento de los contenidos de aprendizaje al apoyarse en la interacción digital, con datos reales que acerquen al estudiante a su realidad desde la cotidianidad. Incluso, la tecnología ayuda a superar obstáculos como que en las grandes ciudades hay contaminación lumínica y que en el colegio las observaciones nocturnas son poco probables.

Un ejemplo de ello son las imágenes del telescopio James Webb que entre sus observaciones ha mostrado las primeras galaxias y estrellas que se formaron cuando el universo tenía aproximadamente entre 500 y 700 millones de años después del *Big Bang* (Barraza Mendoza, 2024), esto ha permitido corroborar algunas teorías del origen del universo.

Con respecto al componente humano, este representa las interacciones entre los actores del proceso didáctico. La astronomía genera motivación en los estudiantes y

docentes y esto es favorable para los procesos de enseñanza en el aula. La curiosidad innata por el universo, la conexión con la ciencia ficción, la relevancia para la vida cotidiana, el desarrollo de habilidades de pensamiento científico y crítico, los desarrollos tecnológicos y las oportunidades de participación en clubes, semilleros y redes de enseñanza favorecen este interés. Carl Sagan y otros autores han destacado la importancia de la astronomía en la educación de los jóvenes, argumentando que esta ciencia puede inspirar a los estudiantes a seguir carreras con enfoque STEM y a convertirse en ciudadanos informados y comprometidos con el mundo que les rodea.

Además, aprovechando el interés que generan todos los campos temáticos tanto para estudiantes como docentes se convierte en un detonante del aprendizaje, permite fortalecer las habilidades científicas y desarrollar pensamiento crítico. Ambos actores interactúan con el conocimiento astronómico desde los intereses y genera mayor participación en debates públicos para la toma de decisiones.

Hay que destacar también que la astronomía permite al estudiante interactuar con su entorno y encontrar significados científicos y culturales en muchos fenómenos naturales. Esta interacción le posibilita tomar conciencia de lo pequeña que es la Tierra en comparación con la inmensidad del universo, pero también de sus características únicas, como la capacidad de albergar vida. Hasta donde sabemos, la Tierra es el único lugar con vida, lo que resalta la importancia de su cuidado.

Este aspecto es esencial para su formación como ciudadano global con la capacidad de comprender los desafíos globales y propender por un mundo equitativo y sostenible de la mano de la ciencia y la tecnología (Pérez, 2012).

Como lo destaca Adúriz-Bravo (2005) la ciencia es como una empresa social, es decir, como una actividad humana que se desarrolla en un contexto social y que está influenciada por factores sociales, económicos, políticos y ambientales. Esta visión implica que la enseñanza de las ciencias debe abordar las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad (CTSA), y formar a los estudiantes con la conciencia de los beneficios de los avances científicos y tecnológicos pero también que tomen una posición crítica para contribuir a la sostenibilidad y participar activamente en la sociedad, tomando decisiones informadas sobre temas científicos, tecnológicos y ambientales.

De acuerdo con lo anterior se puede decir que las metas de la enseñanza de la Astronomía son, que los estudiantes comprendan el universo y su lugar en él, desarrollen un pensamiento crítico que les permita analizar información, evaluar evidencias y aplicar el conocimiento en situaciones de la vida cotidiana. Además, se busca que relacionen sus conocimientos con las implicaciones de la ciencia en la sociedad, fomentando el trabajo en equipo y la curiosidad por la ciencia. En última instancia, se busca que los estudiantes comprendan la naturaleza de la ciencia como una construcción humana en constante evolución.

Con respecto al componente pedagógico el trabajo interdisciplinar y multidisciplinar es importante porque al profundizar desde diversos campos de conocimiento se obtienen diferentes perspectivas y de esta manera se puede para dar posibles soluciones a situaciones problema, retos o proyectos en el aula de clase. Para lograrlo hay que seguir avanzando en la adaptación de los planes de estudio para generar mallas curriculares integradas.

En este sentido, el campo de la astrobiología capta el interés de los estudiantes, ya que les permite explorar las características de la vida y reflexionar sobre los posibles lugares en el universo donde podrían existir seres vivos, considerando las condiciones de la Tierra. Además, fomenta el pensamiento crítico al proporcionar argumentos para el debate en el aula sobre la búsqueda de vida en el cosmos, lo que motiva a los estudiantes a interesarse por la ciencia. Asimismo, ofrece una perspectiva interdisciplinaria, integrando conocimientos de biología, química, física, astronomía y geología.

Tras analizar los contextos educativos, se procede a diseñar estrategias didácticas orientadas a alcanzar los logros propuestos. Para ello, resulta fundamental considerar la naturaleza de la astronomía dentro del currículo educativo, lo que hace recomendable la adopción de pedagogías activas. Estas metodologías representan herramientas esenciales en la enseñanza de las ciencias, ya que favorecen una comprensión profunda de los conceptos, incrementan el interés y la motivación, contribuyen a una formación integral y promueven una visión auténtica de la ciencia. En consecuencia, preparan a los estudiantes para desenvolverse como ciudadanos informados y competentes en el siglo XXI (Santos, 2022).

5.3.3 Selección de Estrategias didácticas

Las estrategias didácticas son planes de acción que los docentes utilizan para facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje. Estas estrategias incluyen una serie de actividades, métodos y recursos que se seleccionan y organizan cuidadosamente para lograr los objetivos de aprendizaje deseados.

Para seleccionar las estrategias didácticas adecuadas es importante tener claro el objetivo de aprendizaje, las características del grupo de estudiantes, el contexto general del colegio y las mediaciones pedagógicas que se tienen a disposición.

Tomando como base los hallazgos de la investigación se sugieren las siguientes estrategias:

Aprendizaje basado en proyectos (ABP): Es una estrategia pedagógica donde los estudiantes se involucran activamente en la creación de proyectos para desarrollar conocimientos y habilidades de pensamiento científico, esto se logra a través de la resolución de problemas prácticos y la elaboración de productos concretos, para que los estudiantes construyen su propio aprendizaje de manera significativa (Gallego, 2024).

Esta estrategia se centra en los estudiantes, quienes participan activamente en la toma de decisiones y en la gestión de sus propios proyectos fomentando su autonomía, responsabilidad, colaboración, pensamiento crítico, resolución de problemas, comunicación y creatividad, habilidades fundamentales para el siglo XXI (OECD, 2019).

Así pues, el desarrollo de proyectos permite a los estudiantes construir estrategias heurísticas, como mentefactos y modelos, para solucionar problemas, genera aprendizajes significativos para la vida y fomenta el desarrollo de habilidades científicas y de pensamiento crítico.

Los grandes avances científicos en astronomía se han realizado con trabajo por proyectos en general realizados de manera colaborativa, siendo una característica propia del trabajo en ciencias. Por ejemplo, el Telescopio Espacial James Webb, fue un proyecto internacional en el que participaron la NASA, la Agencia Espacial Europea y la Agencia Espacial Canadiense (Andrews, 2025), este telescopio ha revolucionado la astronomía al permitirnos ver el universo con una claridad sin precedentes. Del mismo modo en el aula de clase se puede generar aprendizajes significativos elaborando pequeños proyectos en torno al conocimiento astronómico.

Por ejemplo, en una institución educativa de Brasil se implementó el ABP y los estudiantes elaboraron modelos para explicar las Fases de la Luna y Estaciones del Año, mostrando evidencias de participación colectiva y una formación integral reflexiva con aprendizajes significativos (Santos M. S., 2024).

El ABP en la enseñanza de la astronomía presenta los siguientes beneficios:

Conexión con la realidad: La astronomía maneja conceptos abstractos, difíciles de comprender para algunos estudiantes, y El ABP permite conectar los conceptos astronómicos con situaciones y problemas del mundo real, lo que genera aprendizajes significativos.

Desarrollo de habilidades: Fomenta el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico, la resolución de problemas, la investigación, la colaboración y la comunicación.

Aprendizaje activo: Promueve un aprendizaje activo y participativo, donde los estudiantes se involucran en la exploración, el descubrimiento y la construcción de su propio conocimiento. Esto puede aumentar su interés y motivación por la astronomía.

Comprensión profunda: Al investigar y trabajar en proyectos, los estudiantes pueden profundizar su comprensión de los conceptos astronómicos y desarrollar una visión más completa de la ciencia.

¿Cómo aplicar el ABP en la enseñanza de la astronomía?

Identificar un problema o desafío: El primer paso es identificar un problema o desafío relacionado con la astronomía que sea relevante e interesante para los estudiantes. Por ejemplo, se podría investigar sobre el impacto del cambio climático en la observación de estrellas, la viabilidad de la colonización de Marte o la búsqueda de vida extraterrestre, el posible impacto de un meteorito.

Formar equipos: Los estudiantes pueden trabajar en equipos para abordar el problema o desafío. Esto fomenta el aprendizaje colaborativo.

Investigación: Los estudiantes investigan el problema o desafío utilizando diversas fuentes de información, como libros, artículos, internet, entrevistas con expertos, etc.

Diseño y desarrollo: Los estudiantes diseñan y desarrollan un proyecto para abordar el problema o desafío. Esto puede incluir la creación de modelos, experimentos, presentaciones, informes, etc.

Presentación y reflexión: Los estudiantes presentan sus proyectos a la clase y reflexionan sobre lo que han aprendido. Esto les permite compartir sus conocimientos y recibir retroalimentación de sus compañeros y del docente.

Aprendizaje basado en problemas (ABp): Es un método de aprendizaje que inicia con un problema real o simulado, en la que un grupo de estudiantes se reúne para buscarle solución, adquiriendo nuevos conocimientos e integrándolos a los preconceptos de manera significativa, utiliza situaciones problema como catalizadores del aprendizaje, fomentando la participación y el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico y resolución de problemas (Morales & Landa, 2004).

En su obra “Cosmos”, Carl Sagan (2006) muestra que el conocimiento astronómico ha logrado resolver muchos problemas que afectan a la humanidad como:

- El desarrollo de calendarios basados en los movimientos del Sol y las estrellas que permitió a las civilizaciones antiguas determinar con precisión cuándo plantar y cosechar, optimizando la producción agrícola y evitando hambrunas.

- El uso de la posición de las estrellas y el Sol para la navegación permitió a los marineros trazar rutas más precisas y seguras, facilitando el comercio y la exploración de nuevos territorios.
- A través de la observación y el estudio, la astronomía ha revelado la naturaleza de los planetas, las estrellas y las galaxias, proporcionando una comprensión científica del universo y nuestro lugar en él. Esto ha contribuido a disipar mitos y temores, y ha fomentado una visión más racional del mundo.
- La investigación astronómica ha impulsado el desarrollo de tecnologías como telescopios, satélites y sistemas de comunicación, que han tenido aplicaciones en diversos campos como la medicina, la comunicación y la exploración espacial.
- El estudio de los cuerpos celestes y sus movimientos ha permitido a los científicos desarrollar modelos para predecir este tipo de eventos, lo que permite tomar medidas preventivas y reducir su impacto.

Esta estrategia de trabajo en el aula es de las que más les llama la atención a los estudiantes de secundaria según los hallazgos de la investigación (ver **Figura 26**); esto se debe a que les permite un trabajo en grupo y de esta manera se potencian las habilidades de cada estudiante y les produce satisfacción poder dar soluciones a los problemas que se les propone en la clase.

Trabajo interdisciplinar: La astronomía integra diversas disciplinas como la física, química, geología, biología, matemáticas, sociales, etc. Permite a los estudiantes observar el universo, la galaxia, el sistema solar, el planeta tierra de manera amplia y profunda al

trabajar de manera concadenada generando aprendizajes desde diferentes puntos de vista, fomentando el desarrollo de habilidades científicas y críticas.

El enfoque STEM por ejemplo incluye metodologías activas con un trabajo que integra varios campos del conocimiento y se centra en la solución de problemas de la vida con una metodología por proyectos. Al integrar las cuatro disciplinas, los estudiantes pueden desarrollar una comprensión más profunda y aplicada de los conceptos astronómicos, así como habilidades valiosas para su futuro.

El trabajo integrado desde varios campos de conocimiento les facilita a los estudiantes, comprender los problemas o desarrollo de proyectos desde varias perspectivas; aprenden a cuestionar, analizar y evaluar la información de manera más profunda; estimula el pensamiento crítico al comparar y contrastar diferentes enfoques y teorías, lo que les permite desarrollar una postura propia y argumentada; promueve la generación de ideas originales al combinar conocimientos y habilidades de diferentes disciplinas; fomenta el pensamiento creativo al encontrar soluciones innovadoras a problemas complejos, promueve el trabajo colaborativo, el desarrollo de habilidades de comunicación al expresar sus ideas de manera clara y efectiva, así como a escuchar y valorar las opiniones de los demás.

Aprendizaje basado en retos (ABR): Es una estrategia pedagógica que se centra en plantear a los estudiantes desafíos auténticos y relevantes que los motivan a investigar, colaborar y aplicar sus conocimientos para encontrar soluciones creativas. Combina el trabajo colaborativo por proyectos y por problemas. Implica un proceso de aprendizaje activo y colaborativo en el que los estudiantes se enfrentan a situaciones complejas y multifacéticas que requieren la integración de diversos campos de conocimiento. Estos

desafíos suelen estar relacionados con problemas del mundo real, lo que aumenta el interés y la motivación de los estudiantes.

Presenta como beneficios: Desarrollo de habilidades de pensamiento crítico y resolución de problemas, fomento de la curiosidad y el interés por la ciencia, promoción del aprendizaje activo y significativo, mejora de la colaboración y la comunicación y conexión de la ciencia con el mundo real.

Algunos ejemplos de retos en astronomía

¿Cómo podemos proteger a la Tierra de los asteroides? Este reto puede llevar a los estudiantes a investigar sobre los asteroides, su trayectoria, los riesgos que representan y las posibles soluciones para desviarlos o destruirlos.

¿Es posible la vida en otros planetas? Este reto puede llevar a los estudiantes a investigar sobre las condiciones necesarias para la vida, los exoplanetas, la búsqueda de vida extraterrestre y los métodos para detectarla.

¿Cómo podemos comunicar con civilizaciones extraterrestres? Este reto puede llevar a los estudiantes a investigar sobre la comunicación interestelar, los diferentes métodos propuestos, los desafíos que implica y la posibilidad de que exista vida inteligente en el universo.

¿Cuál es el futuro de la exploración espacial? Este reto puede llevar a los estudiantes a investigar sobre las misiones espaciales actuales y futuras, los desafíos tecnológicos y económicos que implica la exploración espacial, y los beneficios que puede aportar a la humanidad.

Este tipo de aprendizaje se centra en desafíos específicos que pueden ser abordados en un tiempo más corto y es importante que los retos sean desafiantes pero alcanzables de

acuerdo al nivel de escolaridad y que los estudiantes tengan acceso a los recursos necesario para lograr cumplir con el reto.

Aprendizaje por indagación: indagación desde las prácticas científicas. La Enseñanza Basada en la Investigación (EBI), también conocida como indagación, es una metodología pedagógica efectiva que sumerge a los estudiantes en la construcción activa de su propio conocimiento. A través de un proceso continuo de cuestionamiento, exploración experimental y reflexión crítica, los estudiantes no solo aprenden sobre ciencia, sino que también se preparan para participar activamente en el mundo que les rodea. Este enfoque educativo integral fomenta el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico, resolución de problemas y comunicación, lo que permite a los estudiantes comprender y aplicar los conceptos científicos de manera significativa (Zurita, 2024).

Esta estrategia por sus características promueve la formación de estudiantes que cuestionan y argumentan a partir del conocimiento científico y de esta manera participan activamente en sus entornos.

Por su parte los semilleros escolares son un espacio para el aprendizaje de la astronomía, promueven la investigación porque los estudiantes aprenden a plantear problemas, buscar información, analizar datos y comunicar resultados de manera efectiva.

Así pues, las estrategias didácticas con pedagogías activas se pueden combinar, dependiendo el objetivo de aprendizaje y el contexto para favorecer procesos de aprendizajes significativos, y se apoyan con las mediaciones pedagógicas en el proceso didáctico.

5.3.4 Mediaciones pedagógicas:

Teniendo en cuenta las características de la astronomía como ciencia, es importante idear procesos de mediación didáctica para transformar el conocimiento científico en conocimiento escolar (Camino N. E., 2012).

En un sentido las mediaciones pedagógicas se refieren a las condiciones heurísticas que permiten a los estudiantes construir su propio conocimiento. Se hace una reflexión de lo que se encuentra disponible en el contexto escolar para la práctica docente.

Para la enseñanza de la astronomía, los materiales didácticos desempeñan un papel fundamental. Debido a la complejidad de algunos campos temáticos y las escalas de tiempo, de tamaño. Para ello los docentes se apoyan en modelos, presentaciones temáticas, videos, talleres, cuestionarios escritos, simulaciones y páginas web especializadas en educación, entre otros; y a través de la transposición didáctica, se adapta el conocimiento científico a una forma más comprensible para los estudiantes, considerando su nivel de desarrollo cognitivo y las condiciones del contexto escolar.

El resultado de la trasposición didáctica se conoce como Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC) que es la adaptación que hace el docente de un tema para su enseñanza, influenciado por las ideas y creencias sobre cómo se aprende y se enseña (Ibáñez & Villasana, 2020).

Como lo indican Galperin, Álvarez, & Santa Ana (2022) los individuos construyen modelos mentales como representaciones cognitivas para comprender un fenómeno, resolver un problema, realizar inferencias o razonar consecuencias mediante la manipulación de dicho modelo. En esta medida en astronomía por la complejidad de

algunos fenómenos es indispensable para la ciencia escolar el uso de material didáctico adaptado a la población objeto de la enseñanza.

Las mediaciones pedagógicas dependen directamente del contexto escolar y la estrategia didáctica a implementar, para la astronomía tienen una característica práctica de hacer y aplicar. Deben ser flexibles y variadas para asegurar que los estudiantes tengan la posibilidad de mostrar según sus habilidades lo que han aprendido. Además, teniendo en cuenta que las nuevas generaciones han desarrollado nuevas maneras de aprender inmersos con la mediación tecnológica que hace parte de su vida cotidiana, es prioritario que esté presente en el aula de clase.

A partir de los hallazgos de la investigación, en la **Figura 28**, se mencionan las mediaciones pedagógicas de acuerdo con las apreciaciones de los estudiantes, docentes, expertos y documentos. Las mediaciones pedagógicas responden a pedagogías activas, principalmente se encuentran actividades prácticas de observación, experimentación que fortalecen habilidades científicas, la participación en clubes y encuentros les permite interactuar con otros estudiantes e intercambiar experiencias, desarrollando habilidades comunicativas, de argumentación y de pensamiento crítico. Adicional se encuentran también las que se desarrollan con la tecnología, la elaboración de modelos y el apoyo de herramientas multidisciplinarias como la gamificación, las actividades artísticas como obras de teatro, astrofotografía y las estrategias STEM.

Figura 28. Mediaciones pedagógicas.



Fuente: Elaboración propia fuente instrumentos de la investigación.

Del resultado entre la interacción de las mediaciones pedagógicas, los estudiantes, los docentes y un saber específico como la astronomía, resultan aprendizajes significativos y el desarrollo de habilidades fundamentales.

5.3.5 Campos temáticos de referencia.

Los campos temáticos en astronomía para el trabajo con estudiantes de secundaria están inmersos dentro de los campos de conocimiento de las ciencias sociales y las ciencias naturales, desde los estándares del ministerio de educación nacional de Colombia, sin embargo, hay otros temas que de acuerdo con los intereses de los estudiantes y los docentes

se ajustan a otros campos de conocimiento como la tecnología, las matemáticas, las artes, humanidades y se orientan con un trabajo interdisciplinar.

En la **Figura 29**. Campos temáticos para estudiantes de secundaria. **Figura 29** se organizan los contenidos temáticos y se destacan los transversales que surgen de problemáticas globales y los que tienen un mayor grado de complejidad que corresponden a los intereses de los estudiantes, estos abordan los contenidos generales pero con un mayor grado de profundidad. Para ello no se trabajan de manera aislada en astronomía sino de manera interdisciplinar y desde el planteamiento de situaciones problema.

Para la enseñanza de la astronomía estos campos temáticos se pueden transversalizar desde las mallas curriculares.

Figura 29. Campos temáticos para estudiantes de secundaria.



Fuente: Elaboración propia fuente instrumentos de la investigación.

Por ejemplo, en una institución educativa de Bogotá en el centro de profundización de ciencias naturales para el grado noveno se hizo ajustes a los planes de asignaturas y se creó un módulo de trabajo integrado entre las áreas de ciencias naturales, tecnología, matemáticas y artes, escogiendo como eje central algunas temáticas de astronomía; esto generó un abordaje de contenidos con profundidad como los efectos de la contaminación lumínica en los seres vivos y en el disfrute del cielo nocturno. El proceso ayudó a fortalecer habilidades de pensamiento científico y crítico en los estudiantes, permitiendo a los estudiantes la apropiación de los conocimientos científicos, impulsando la creatividad, el trabajo práctico y el discurso científico (González & Serrato, 2023).

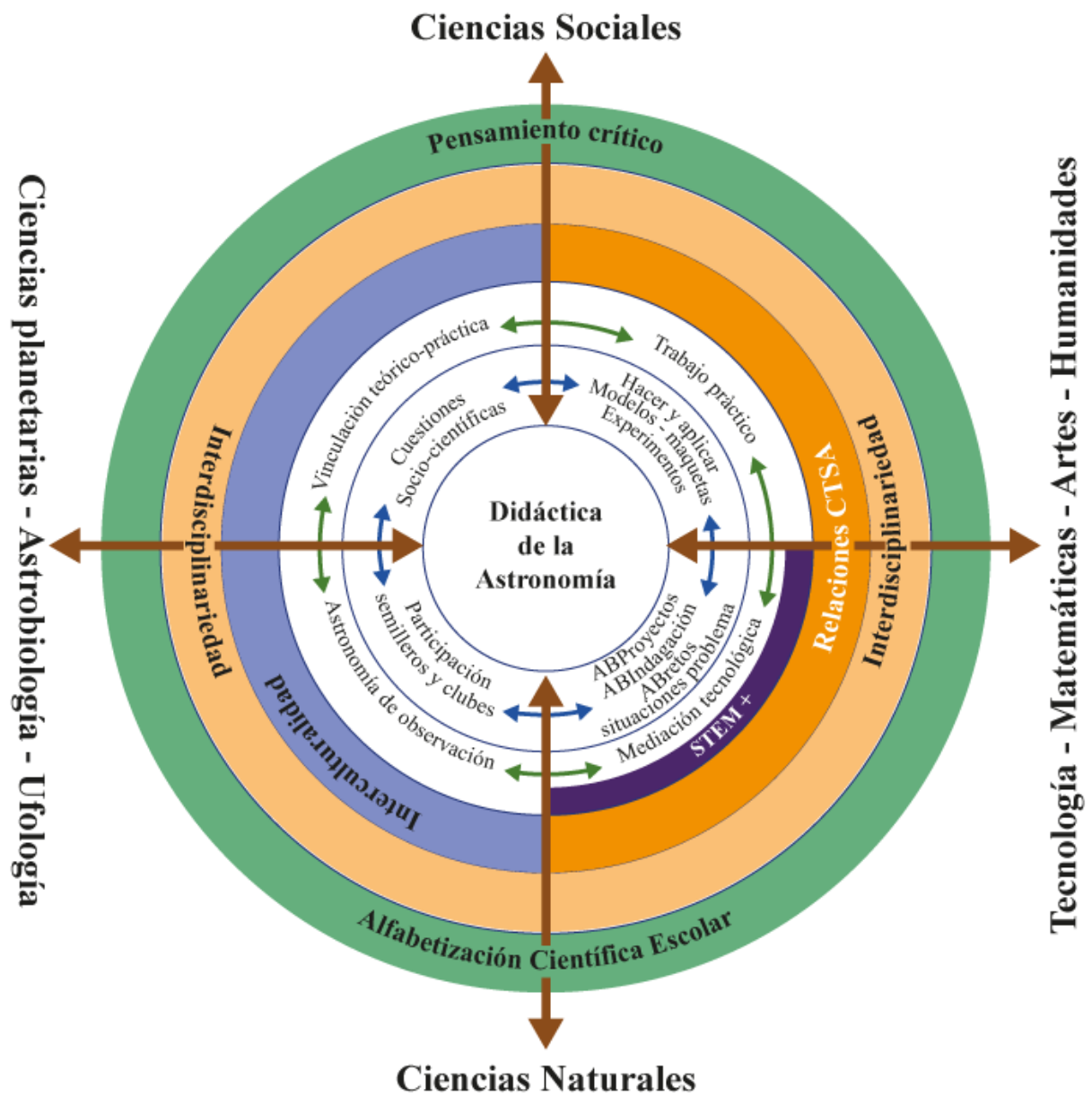
Esto demuestra que al articular varios campos de conocimiento se genera apropiación de conocimiento desde la solución de problemas actuales que aquejan a la humanidad.

Esta propuesta didáctica tiene estos componentes a partir de los elementos claves para la enseñanza de las ciencias naturales buscando encontrar las particularidades para la enseñanza y aprendizaje de la astronomía desde la visión de los expertos, el contacto de los estudiantes con el conocimiento astronómico y analizando las prácticas de aula que han mostrado alcances en el desarrollo de habilidades de pensamiento científico y crítico aportando a la alfabetización científica escolar.

El papel activo y participativo de los estudiantes es fundamental, aprovechando su interés innato por el universo. El docente, por su parte, integra diversas estrategias y mediaciones pedagógicas para orientar el proceso de enseñanza, considerando factores en el contexto escolar que permitan a los estudiantes aplicar el conocimiento en situaciones cotidianas y contribuir a la solución de problemas en sus entornos.

Como resumen de la propuesta didáctica planteada se describe en la **Figura 30** los elementos didácticos para la enseñanza de la astronomía, sus interrelaciones en los campos de conocimiento, las estrategias y mediaciones pedagógicas sugeridas y las habilidades desarrolladas. No solo vista como un área de conocimiento aislado sino articulada con diferentes campos de conocimiento, que convergen y se nutren mutuamente para favorecer la construcción de conocimiento con una perspectiva práctica y de aplicación y de esta manera promoviendo habilidades de pensamiento científico y crítico que aportan a la alfabetización científica escolar.

Figura 30. Esquema de la propuesta didáctica.



Fuente: elaboración propia.

En la **Figura 30** se ilustra la complejidad intrínseca de enseñar astronomía como disciplina científica. El esquema se construyó a partir de lo planteado en la **Figura 7** y se enriqueció con todos los elementos didácticos que surgieron durante el proceso investigativo de esta disertación doctoral. Este proceso no se limita a su contenido propio,

sino que integra dinámicamente diversos campos del saber que se entrelazan y enriquecen mutuamente. Tal articulación promueve un aprendizaje significativo, donde la teoría encuentra su expresión en prácticas aplicadas. Al vincular conceptos abstractos con experiencias concretas, se fomenta el desarrollo de habilidades analíticas y críticas fundamentales, esenciales para fortalecer la alfabetización científica en contextos escolares. Este enfoque no solo amplía el horizonte académico de los estudiantes, sino que también les permite interpretar y cuestionar la realidad con rigor y profundidad.

A continuación, se realiza el análisis de las fortalezas y debilidades de la propuesta didáctica con respecto al desarrollo del pensamiento crítico y aportes a la alfabetización científica escolar.

5.3.6 *Evaluación de la propuesta didáctica:*

En la siguiente tabla se muestran los alcances y limitaciones de la propuesta didáctica para la enseñanza de astronomía en estudiantes de secundaria con respecto a la alfabetización científica y desarrollo de pensamiento crítico.

Tabla 15 *Alcances y limitaciones de la propuesta*

Atributo	Alcance	Limitación
Relaciona la ciencia, la tecnología, la sociedad y el ambiente (CTSA).	Promueve el análisis crítico de los problemas socio científicos. Interconexión entre campos de conocimiento. Desarrollo de habilidades para debatir, argumentar y proponer soluciones a problemas complejos. Muestra como la ciencia y la tecnología generan soluciones a los desafíos del mundo real.	Los docentes necesitan una formación sólida en CTSA para poder abordar estos temas de manera efectiva. Puede requerir recursos adicionales, como materiales didácticos actualizados, acceso a internet y visitas a centros de investigación. La naturaleza interdisciplinaria requiere de un tiempo mayor para su enseñanza. Subjetividad en la forma como se abordan las situaciones problema.

Observaciones astronómicas.	<p>Conocer el cielo local para ubicarse en el mundo. Cuestiona concepciones y fomenta el pensamiento crítico. Favorece el manejo de instrumentos y software especializado.</p>	<p>La contaminación lumínica en las grandes ciudades. Falta de formación docente. Puede requerir recursos tecnológicos o instrumentos de observación.</p>
Vinculación de la teoría con la práctica.	<p>Acerca el conocimiento científico y su aplicación en la vida cotidiana. Fomenta habilidades de investigación.</p>	<p>Fenómenos astronómicos cuya complejidad dificulta tanto su explicación como su demostración práctica.</p>
Situaciones problema.	<p>Fomenta habilidades de investigación. Fomenta pensamiento crítico para resolver la pregunta.</p>	<p>Las situaciones problema deben tener una posible solución porque de lo contrario podría generar desinterés.</p>
Trabajo interdisciplinar.	<p>Desarrolla habilidades científicas y de pensamiento crítico. Provee una visión desde diferentes campos de conocimiento. Genera aprendizajes con mayor profundidad. Fomenta el trabajo en grupo y colaborativo.</p>	<p>Interés para desarrollar el trabajo por parte de los docentes. Apoyo institucional para favorecer los espacios de trabajo interdisciplinar.</p>
Pedagogías activas.	<p>Favorece el interés y motivación por aprender. La resolución de problemas, el trabajo práctico y el análisis de datos fomentan el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico y científico. Promueve el trabajo en equipo, la comunicación, la cooperación y el intercambio de ideas. Permiten adaptar las actividades a las necesidades de los estudiantes.</p>	<p>Puede requerir recursos y tiempo adicional. Se requiere formación por parte de los docentes. La evaluación requiere tener en cuenta procesos de participación, colaboración y desarrollo de habilidades.</p>

Como se observa en la **Tabla 15**, los elementos didácticos de la enseñanza de la astronomía fomentan el pensamiento crítico; esto se debe a que las pedagogías activas, centradas en el estudiante, le brindan la oportunidad de construir su propio aprendizaje. A partir de sus intereses y mediante el trabajo interdisciplinario, el estudiante desarrolla una comprensión amplia y profunda de la astronomía, reconociendo su relevancia en la vida cotidiana y apoyándose de ella para la resolución de problemas y la toma de decisiones.

Por su parte, al apropiarse un conocimiento de la ciencia mediante la práctica y la aplicación, el estudiante encuentra mayor sentido a su formación escolar, favorece el trabajo en equipo, la colaboración, la comunicación y las habilidades investigativas. Todo ello promueve la alfabetización científica no sólo a nivel conceptual, sino de hacer y aplicar, desarrollando habilidades científicas y de pensamiento crítico.

La propuesta didáctica fue enviada a cuatro expertos, dos nacionales y dos internacionales para que la revisaran e hicieran sus aportes. A continuación, se indica la retroalimentación de tres expertos:

1. Presentar un ejemplo de su aplicación en el aula con los elementos didácticos de la propuesta.
2. Tener en cuenta la apropiación social transformadora dentro del marco del derecho a la cultura de carácter científico y astronómico.
3. Agregar a la fundamentación didáctica el componente evaluativo.

Teniendo en cuenta los aportes de los expertos se adicionan sus sugerencias para tener una mejor comprensión de aplicabilidad de la propuesta en el aula y se generan dos esquemas de ejemplo que se elaboran a continuación.

Tabla 16 *Ejemplo de implementación de la propuesta en el aula*

Aspectos de la implementación en el aula	Elementos de la propuesta didáctica
<p>Objetivos. Tener en cuenta los atributos de la enseñanza de la astronomía. El objetivo es desarrollar en los estudiantes de secundaria habilidades argumentativas, comunicativas y de resolución de problemas, además de potenciar el pensamiento científico, crítico y creativo a partir de situaciones problema, con relaciones CTSA y en un trabajo interdisciplinar, lo cual es deseable en un contexto de diversidad cultural y social.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar habilidades de pensamiento científico, crítico, creativo. • Desarrollar habilidades comunicativas. • Establecer relaciones CTSA. • Observar el cielo para vincularlo con los fenómenos locales. • Argumentar para enfrentar problemas a partir del conocimiento. • Construir conocimiento desde fenómenos cotidianos.
<p>Grupo de estudiantes. Secundaria.</p>	<p>Tener en cuenta las características del grupo poblacional, los estilos de aprendizaje y la diversidad sociocultural.</p>
<p>Contenidos</p>	<p>Contenidos temáticos transversales que surgen de problemáticas globales, contenidos según los intereses de los estudiantes, estos abordan los contenidos generales desde los estándares del MEN, pero con un mayor grado de profundidad. Integración curricular de diferentes campos de conocimiento desde el planteamiento de situaciones problema o trabajo por proyectos.</p>
<p>Criterios pedagógicos Estrategias y mediaciones pedagógicas</p>	<p>Actividades prácticas de observación y experimentación. Elaboración de modelos. Pedagogías activas como ABP, ABR, ABp, Trabajo interdisciplinar Enfoque STEM + Relaciones CTSA</p>
<p>Recursos</p>	<p>Material didáctico adaptado a la edad escolar. Modelos astronómicos Simulaciones y aplicaciones del celular Charlas con científicos Participación en eventos y clubes de astronomía.</p>
<p>Evaluación</p>	<p>Formativa desde el contexto interdisciplinar evidenciando los logros con respecto a los objetivos. Es importante buscar los espacios de encuentro para hacer el proceso de reflexión colectiva.</p>

Fuente: Análisis de los expertos

Tabla 17 *Ejemplo de integración curricular de la propuesta*

Objetivo	Biología	Matemáticas	Artes	Física-Química
Desarrollar habilidades de pensamiento científico, crítico y creativo.	¿Por qué hay vida en el planeta tierra? ¿Habrá vida fuera del planeta tierra?	¿Cuántas tierras caben en cada planeta del sistema solar?	¿Cómo será un modelo a escala de los planetas en bolitas de papel?	¿Qué hace que los astros al observarlos tengan diferentes colores?
Observar el cielo para vincularlo con los fenómenos locales.	Origen de las emociones en las historias de constelaciones.	Figuras geométricas en las constelaciones.	Representación historia de constelaciones.	Clasificación de las estrellas según su color, brillo y tamaño.
Argumentar para enfrentar problemas a partir del conocimiento	Efectos de la contaminación lumínica para los ciclos de sueño. Efecto en los animales que son atraídos por las luces.	Comparar los niveles de contaminación lumínica según las escalas.	Elaborar modelos de contaminación lumínica y los colores.	Efecto en la producción de hormonas del sueño y la luz intensa de los celulares.

Fuente: Análisis de los expertos

La fundamentación didáctica para la enseñanza de la astronomía es la base para diversas propuestas didácticas desde la integración curricular en los diferentes grados de secundaria desde campos temáticos, situaciones problemas o explicación de fenómenos astronómicos locales.

Desde el rol de docente se establece como reto plantear las clases de manera interdisciplinar en colaboración con otros docentes reconociendo los procesos interculturales que facilitan la apropiación de conocimiento, donde la astronomía se convierte en el medio para fomentar habilidades de pensamiento crítico, científico y creativo.

Las redes de docentes son una estrategia importante para compartir conocimiento e información de actividades, cualificar las prácticas de aula y un medio de divulgación de los aportes al campo de conocimiento de didáctica de la astronomía.

6 Recomendaciones y contribuciones

En este capítulo se identifican algunas contribuciones que el presente proyecto de investigación doctoral pretende aportar de forma general a la línea de investigación pedagogía y didáctica del Doctorado en Educación de la Universidad Santo Tomás de Colombia.

6.1 Aportes a la Línea de Investigación

Este trabajo de investigación contribuye a la didáctica de las ciencias naturales ya que ofrece un análisis de los elementos didácticos en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la astronomía desde las prácticas de aula, y de esta manera identifica esos elementos claves para la enseñanza de la ciencia escolar y a su vez impacte en las prácticas de aula de otros docentes.

Se espera que los resultados generen una reflexión sobre la forma como se está llevando la ciencia escolar en los colegios, las oportunidades que la enseñanza de la astronomía brinda para motivar a los estudiantes y fortalecer habilidades científicas y de pensamiento crítico y las posibilidades de transformar los planes de estudio para lograr aprendizajes significativos.

La propuesta didáctica aporta elementos claves que dan la posibilidad para implementar la enseñanza y aprendizaje de la astronomía en los estudiantes de secundaria de manera transversal a los currículos actuales, pero a su vez abre el camino para transformar los planes de estudio y las practicas tradicionales en el aula.

A su vez, se pone en evidencia que los elementos de la propuesta didáctica de la astronomía desarrollan habilidades de pensamiento científico, crítico y mejora el nivel de la alfabetización científica escolar.

A continuación, se enumeran las recomendaciones que surgen de la fundamentación de la propuesta didáctica.

6.1.1 Enfoque Metodológico y Estrategias Didácticas

6.1.1.1 Implementación de Pedagogías Activas:

Se recomienda adoptar metodologías como el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), Aprendizaje Basado en Problemas (ABp) y Aprendizaje Basado en Retos (ABR), ya que permiten un aprendizaje significativo y promueven el pensamiento crítico.

6.1.1.2 Trabajo Interdisciplinar:

Integrar la astronomía con otras disciplinas como matemáticas, física, biología, historia y tecnología. Esto permite a los estudiantes comprender la ciencia desde una perspectiva global y fomenta la resolución de problemas reales.

6.1.1.3 Uso de la Indagación Científica:

Promover el aprendizaje basado en la investigación (ABI) para que los estudiantes formulen preguntas, diseñen experimentos y analicen datos reales, fomentando así el pensamiento científico y crítico.

6.1.1.4 Integración del Enfoque STEM:

Diseñar actividades didácticas que incorporen la relación Ciencia-Tecnología-Sociedad-Ambiente (CTSA) para desarrollar habilidades técnicas y científicas necesarias para el siglo XXI.

6.1.2 Mediaciones Pedagógicas y Recursos Didácticos

6.1.2.1 Incorporación de Tecnología Educativa:

Utilizar herramientas como simuladores astronómicos (Stellarium, Celestia), bases de datos satelitales y recursos de realidad aumentada para fortalecer la comprensión de los fenómenos astronómicos.

6.1.2.2 Uso de Material Didáctico Innovador:

Diseñar modelos físicos, maquetas interactivas y representaciones visuales que faciliten la comprensión de conceptos abstractos en astronomía.

6.1.2.3 Fomento de la Observación Directa:

Organizar actividades de observación astronómica, visitas a planetarios y clubes de astronomía para fortalecer la conexión entre teoría y práctica.

6.1.2.4 Gamificación y Estrategias Lúdicas:

Incorporar juegos de rol, simulaciones y retos interactivos para generar mayor interés y compromiso en el aprendizaje de la astronomía.

6.1.3 Desarrollo del Pensamiento Crítico y Alfabetización Científica

6.1.3.1 Planteamiento de Situaciones Problema:

Proponer preguntas que motiven la reflexión crítica y permitan la argumentación informada sobre fenómenos astronómicos y su impacto en la sociedad.

6.1.3.2 Fomento del Debate y la Argumentación Científica:

Desarrollar actividades en las que los estudiantes formulen hipótesis, debatan sobre teorías astronómicas y analicen datos con un enfoque crítico.

6.1.3.3 Promoción de la Escritura Científica:

Incentivar la redacción de informes, artículos y reflexiones basadas en la investigación astronómica para fortalecer la alfabetización científica.

Como lo plantean (Tamayo et al, 2015) en las clases el proceso de argumentación a través de las prácticas discursivas de los estudiantes y la escritura de textos científicos es fundamental para el desarrollo de pensamiento crítico en la enseñanza de las ciencias

6.1.3.4 Promoción del cuidado del medio ambiente:

En el contexto de la enseñanza de la astronomía y el desarrollo de habilidades de pensamiento científico, el ODS 12 podría relacionarse de varias maneras:

Conciencia sobre el uso de recursos: Al explorar la vastedad del universo y la finitud de los recursos terrestres, se puede generar una mayor conciencia sobre la importancia de utilizar los recursos de manera responsable.

Análisis crítico de datos y modelos: El desarrollo del pensamiento científico implica la capacidad de analizar críticamente datos sobre el consumo de recursos, la generación de residuos y el impacto ambiental de diferentes actividades, lo cual es fundamental para comprender y abordar el ODS 12.

Innovación y soluciones sostenibles: Fomentar la curiosidad y la resolución de problemas a través de la astronomía puede inspirar a futuros científicos e ingenieros a desarrollar tecnologías y soluciones más sostenibles para la producción y el consumo.

Educación para la sostenibilidad: La enseñanza de la astronomía puede integrarse en un marco más amplio de educación para la sostenibilidad, ayudando a los estudiantes a comprender la interconexión de los desafíos globales como el cambio climático, incluyendo la producción y el consumo responsables.

6.1.4 Fortalecimiento del Contexto Educativo

6.1.4.1 Formación Continua para Docentes:

Crear programas de capacitación y actualización en didáctica de la astronomía para fortalecer el rol del docente como mediador del conocimiento.

6.1.4.2 Apoyo Institucional e Infraestructura:

Promover la inversión en laboratorios, telescopios y espacios de aprendizaje que favorezcan la enseñanza de la astronomía en secundaria.

6.1.4.3 Vinculación con Redes y Comunidades Científicas:

Fomentar la participación en redes de maestros, congresos de enseñanza de la astronomía y colaboraciones con instituciones especializadas.

7 Conclusiones

En este capítulo se presentan las conclusiones de la investigación, relacionadas con la didáctica de la astronomía para la alfabetización científica escolar y para el desarrollo de pensamiento crítico en estudiantes de secundaria. La presente tesis doctoral planteó como objetivo principal: *“Formular una propuesta para la didáctica de la astronomía que potencie el pensamiento crítico articulado con la alfabetización científica escolar para los estudiantes de secundaria”*. Para alcanzarlo, el proceso puso a dialogar la teoría con la visión de los expertos y los hallazgos desde los actores del proceso didáctico en el aula que son los estudiantes y docentes. De este modo se buscó responder a la pregunta orientadora *“¿Qué aspectos de la didáctica de la astronomía promueven el pensamiento crítico en estudiantes de secundaria y aportan a la alfabetización científica escolar?”* y por ello se llevó a cabo la revisión de las prácticas de aula para identificar los elementos didácticos principales que intervienen en la enseñanza de la astronomía.

7.1 Los elementos didácticos propios de la astronomía

La enseñanza de la astronomía se caracteriza por su potencial para el desarrollo de habilidades científicas, su fomento del pensamiento crítico y su poder para conectar el conocimiento con la vida cotidiana. Para lograr desarrollar esos potenciales es esencial utilizar estrategias didácticas innovadoras, y mediaciones pedagógicas que sigan el camino del “conocer, hacer y aplicar”. Son estas las que permiten capitalizar la motivación de los estudiantes por los temas relacionados con astronomía, gracias a lo cual se logra una comprensión profunda de los conceptos científicos.

En efecto, en el ámbito de las Ciencias Naturales escolares, la enseñanza de la astronomía es un *vehículo* para cultivar la curiosidad, la exploración y el cuestionamiento;

sus temas impulsan a los estudiantes a analizar, interpretar y explicar el universo que los rodea. Una de las razones para ello es el contexto interdisciplinar, ya que la astronomía integra diversos campos del saber: las artes, las humanidades, las matemáticas, la tecnología, la física, la biología, la informática y las ciencias sociales. Se identificó que el trabajo interdisciplinar es una estrategia clave en la enseñanza de la astronomía.

La astronomía transversaliza los mencionados saberes: ya no sólo se trata de enriquecer la comprensión de los fenómenos celestes, sino de potenciar la construcción de aprendizajes significativos a partir de diferentes puntos de apoyo del conocimiento, incluyendo la mediación de la tecnología, para finalmente generar aprendizajes verdaderamente significativos, inscritos en un *campo holístico* de conocimiento, con el uso de datos reales y la elaboración de modelos didácticos interactivos. Es decir, un estudiante puede vislumbrar soluciones para cuidar e incluso defender el planeta de amenazas externas, o avanzar creativamente en ideas sobre la exploración espacial en colaboración con personas de otras culturas... Esa es la virtud de este fructífero campo de trabajo docente.

7.2 La Alfabetización Científica Escolar

La astronomía puede contribuir a mejorar los niveles de alfabetización científica porque permite aplicar los conocimientos en temas de medio ambiente, turismo, cultura y sociología, por nombrar los principales. Esto se evidencia en el ámbito escolar en las ferias de la ciencia, las olimpiadas STEM y los encuentros de astronomía. Cuando los estudiantes aplican lo aprendido pueden conectar la teoría con la práctica, desarrollar habilidades de pensamiento científico, mejorar su cultura científica y tomar decisiones informadas sobre temas relevantes para sus vidas. Por lo mismo, el conocimiento astronómico desarrolla

habilidades en los estudiantes para analizar fenómenos científicos, culturales y sociales, reflexionar sobre desafíos globales, argumentar desde evidencias científicas y expresar ideas con claridad y argumentos sólidos, empoderándolos en la toma de decisiones informadas.

He aquí un recuento de los criterios que se plantearon para formular la propuesta pedagógica, a saber: que las estrategias didácticas para la enseñanza de la astronomía permitan a los estudiantes tomar decisiones; que los recursos utilizados —es decir, la implementación de las mediaciones pedagógicas— sean en su mayoría del hacer y aplicar, lo cual mejorará los niveles de alfabetización científica; que el objeto de aprendizaje fortalezca el pensamiento científico y crítico; y finalmente, el reconocer que siempre existirán dificultades para generar contextos diferentes para la enseñanza de la astronomía, dadas las limitaciones existentes. Pero el horizonte de alcance de la propuesta siempre será que los estudiantes de secundaria puedan construir su propio conocimiento científico y verse a sí mismos como ciudadanos críticos y analíticos.

Los resultados también reflejan que la motivación de los estudiantes aumenta significativamente cuando se emplean metodologías activas, con actividades de observación, uso de simuladores, participación en clubes de astronomía y exploración de problemáticas contemporáneas como la búsqueda de exoplanetas o la exploración espacial, ya mencionada. Estas prácticas no solo fomentan la curiosidad científica, sino que también fortalecen la cultura científica y el desarrollo de competencias STEM en los estudiantes.

7.3 La dimensión institucional

Pese a que el objetivo ya mencionado es claro, no se puede lograr sin el apoyo institucional, que es indispensable para que se den los espacios para el trabajo entre los docentes y en las horas de clase, y para que se permita hacer la debida actualización a la malla curricular y obtener los recursos físicos necesarios para la implementación de la enseñanza de la astronomía en el aula de clase. Además, se requiere una mayor integración de la astronomía en los currículos escolares, incorporando metodologías activas que favorezcan el aprendizaje significativo y la participación activa de los estudiantes en procesos investigativos.

¿Por qué es importante realizar una actualización en los planes de estudio de las ciencias naturales y sociales? Para que esos planes favorezcan adecuadamente la comprensión profunda y las interrelaciones entre la ciencia, la tecnología, la sociedad y el medio ambiente se debe ir más allá de la simple memorización de datos científicos. Es necesario integrar diversos saberes, como se mencionó en el apartado anterior, abordando campos temáticos alrededor de situaciones problema en el contexto político, ambiental, cultural, social y científico, así como las implicaciones éticas de la investigación científica y la influencia de la ciencia en la toma de decisiones en los ámbitos mencionados. Implementar esta clase de estructuras pedagógicas implica que se construyan mallas curriculares integradas que faciliten el trabajo en el aula y la profundización de los campos temáticos.

Por ejemplo, la implementación de la dimensión ambiental en los currículos en Colombia es primordial en el ámbito escolar, ya sea a través de iniciativas

interdisciplinarios, la creación de semilleros de investigación, o dentro de las clases de Ciencias Naturales y Educación Ambiental (Tuay-Sigua y otros, 2023).

Teniendo en cuenta lo anterior, y dado que en la actualidad los planes de estudio están organizados por asignaturas y unidades temáticas, hay que empezar a transitar en la transformación de mallas curriculares, creando actividades que inicien la labor académica desde situaciones problema que sigan los intereses de los estudiantes, o desde campos temáticos integradores que favorezcan el trabajo colaborativo. Esto casi que por sí mismo va a impactar en el pensamiento crítico y la alfabetización científica escolar al permitir la toma de decisiones de manera informada. Reiterando, el conocimiento astronómico tiene la versatilidad de poderse abordar pedagógicamente desde varios campos de conocimiento facilitando la integración en casi cualquier plan de estudios.

¿Qué aspectos se pueden y deben priorizar en el momento de reorganizar las mallas curriculares? Los resultados muestran que a los estudiantes les interesan los campos temáticos relacionados con la sociedad, con el impacto de los descubrimientos científicos en la vida cotidiana, y los desarrollos tecnológicos alrededor de la astronomía. Naturalmente, la observación del cielo para el conocimiento del sistema solar es un tema siempre atractivo; por demás, a los estudiantes los motiva el trabajo práctico mediado por la tecnología, la realización de experimentos, el uso de aplicaciones móviles para conocer el cielo y los videos de divulgación con temas relevantes para ellos.

7.4 Formación docente

Por su parte, los docentes que orientan procesos de enseñanza en astronomía y que apoyan su trabajo en el aula con pedagogías activas y mediaciones pedagógicas

innovadoras están reflejando la intención de transformar sus prácticas tradicionales para generar aprendizajes significativos. En la investigación se identificó que la formación continua es un factor determinante para la implementación efectiva de la enseñanza de la astronomía. La falta de capacitación específica y la ausencia de asignaturas exclusivas de astronomía en los currículos educativos representan barreras para el desarrollo de estrategias didácticas innovadoras. Sin embargo, la participación en redes de educadores, talleres de formación y el acceso a recursos digitales se destacan como alternativas clave para fortalecer las prácticas docentes en este campo.

Por ello, es esencial que los docentes continúen en sus procesos de formación para robustecer lo conceptual y didáctico, integrándose a las redes de maestros y los cursos de los planetarios para mejorar la didáctica de la astronomía en el aula, además emplear los recursos digitales en páginas oficiales donde se encuentran talleres, unidades didácticas, experiencias de aula y también compartir sus experiencias en congresos y publicaciones. Esto permite que los estudiantes construyan su propio conocimiento científico, lo que a su vez fomenta una comprensión más profunda de las ciencias y contribuye a la formación de ciudadanos críticos y analíticos (Tuay et al., 2024)

7.5 El desarrollo de pensamiento crítico

Así pues, los hallazgos de esta investigación permiten concluir que la enseñanza de la astronomía en la educación secundaria, cuando se implementa mediante estrategias didácticas activas y contextualizadas, tiene un impacto positivo en el desarrollo del pensamiento crítico y la alfabetización científica de los estudiantes. Esto se logra a partir de la observación, el trabajo práctico, el análisis, la argumentación y la comunicación. Así lo

demuestran los hallazgos de la investigación, desde la perspectiva de docentes y estudiantes, y al observar los aprendizajes significativos que se presentaron al implementar como eje articulador la astronomía en el aula de clase.

La triangulación de información proveniente de las entrevistas a estudiantes, docentes, expertos, así como el análisis documental previo, evidenciaron que las estrategias como el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), el Aprendizaje Basado en Indagación (ABI) y el Aprendizaje Basado en Retos (ABR) fomentan habilidades de argumentación, resolución de problemas y toma de decisiones informadas.

- **Aprendizaje Basado en la Indagación (ABI):** Esta estrategia fortalece las habilidades científicas al plantear preguntas problematizadoras, como el calentamiento global o los viajes a la luna, que impulsan a los estudiantes a planificar, experimentar, observar y reflexionar. El uso de datos reales de satélite, seleccionados según el interés de los estudiantes, fomenta aprendizajes significativos.
- **Trabajo interdisciplinar:** Permite profundizar en los conceptos científicos al abordarlos desde diferentes perspectivas.
- **Trabajo colaborativo y socialización:** La interacción con pares en clubes o centros de interés en astronomía, por ejemplo, desarrolla el pensamiento científico, la creatividad, la autonomía y la responsabilidad.
- **Aprendizaje Basado en Problemas y proyectos (ABP):** Esta metodología desarrolla habilidades científicas y el manejo de tecnologías para generar soluciones a problemas del entorno.

- **Actividades con relaciones ciencia, tecnología, sociedad y ambiente (CTSA):** permiten un proceso reflexivo de algunos conceptos y fenómenos científicos que inciden en la sociedad a partir de situaciones problema, apropiando herramientas tecnológicas, cuestionando las pseudociencias y debatiendo temas de interés.

Finalmente, es necesario reconocer que, en el campo de las Ciencias Naturales, el plan de estudios se ha modernizado para abarcar elementos del enfoque CTSA, buscando que los estudiantes no solo adquieran conocimientos científicos y técnicos, sino que también desarrollen una visión crítica de cómo la ciencia y la tecnología se entrelazan con la sociedad. Esto implica incorporar temas como el impacto ambiental de la tecnología, las consideraciones éticas en la investigación científica y la influencia de la ciencia en la toma de decisiones políticas y sociales (Ministerio de Educación de Chile, 2023). Por tanto, la propuesta didáctica resultante de esta investigación se fundamenta en el uso de estrategias innovadoras que favorecen la alfabetización científica escolar y el pensamiento crítico. La implementación de estas estrategias en el aula no solo contribuirá a la formación de ciudadanos con mayor cultura científica, sino que también permitirá fortalecer el desarrollo de habilidades necesarias para enfrentar los desafíos del siglo XXI.

Se recomienda continuar desarrollando investigaciones que propongan y desarrollen propuestas didácticas para la enseñanza de la astronomía aplicadas en el aula para complementar sus características y como aporta al desarrollo de pensamiento crítico y la alfabetización científica en los estudiantes de secundaria.

En este sentido, el enfoque STEM se presenta como una estrategia pedagógica eficaz para la enseñanza de la astronomía escolar, ya que desarrolla habilidades de

pensamiento científico y crítico, y promueve la alfabetización científica en diversos contextos de aplicación. Por tal razón, resulta importante continuar explorando esta línea en trabajos futuros.

7.6 Desarrollo de habilidades investigativas

La enseñanza de la astronomía en la escuela no solo introduce a los estudiantes a los fascinantes misterios del universo, sino que también cultiva un conjunto esencial de habilidades investigativas que son transferibles a otras disciplinas científicas y a la vida cotidiana, fomentando una mentalidad inquisitiva y un enfoque basado en la evidencia para comprender el mundo que les rodea.

A continuación, se enumeran algunas de ellas:

Formulación de preguntas e hipótesis: La inmensidad y los misterios del universo naturalmente despiertan la curiosidad y fomentan la formulación de preguntas significativas sobre el origen de los cuerpos celestes, los fenómenos cósmicos y la posibilidad de vida en otros lugares. Los estudiantes aprenden a transformar su curiosidad en preguntas investigables y a proponer posibles respuestas o hipótesis basadas en la información disponible.

Observación sistemática y recopilación de datos: La astronomía introduce a los estudiantes en la importancia de la observación cuidadosa y sistemática. Ya sea observando el cielo nocturno a simple vista, utilizando telescopios sencillos o analizando datos astronómicos reales (imágenes, espectros), aprenden a registrar información de manera precisa y organizada.

Análisis e interpretación de datos: Los datos astronómicos, a menudo complejos y multidisciplinarios, requieren habilidades de análisis e interpretación. Los estudiantes

aprenden a identificar patrones, extraer conclusiones y relacionar los datos con los conceptos teóricos. Esto puede incluir el análisis de la evolución de las fases lunares, la interpretación de gráficos de luminosidad estelar o la identificación de galaxias en imágenes.

Búsqueda y evaluación de información: La astronomía es un campo en constante evolución, con nuevos descubrimientos y teorías emergiendo regularmente. Los estudiantes desarrollan habilidades para buscar información relevante en diversas fuentes (libros, artículos científicos, sitios web especializados), evaluar la credibilidad de estas fuentes y sintetizar la información para construir su comprensión.

Modelización y simulación: Muchos fenómenos astronómicos se comprenden mejor a través de modelos y simulaciones. La enseñanza de la astronomía puede involucrar la creación y el uso de modelos a escala del sistema solar, simulaciones por computadora de movimientos planetarios o la visualización de conceptos abstractos como la gravedad y la curvatura del espacio-tiempo. Esto fomenta la comprensión conceptual y la capacidad de representar fenómenos complejos.

Razonamiento lógico y pensamiento crítico: La astronomía desafía las concepciones intuitivas y requiere un razonamiento lógico para comprender fenómenos que ocurren a escalas de tiempo y distancia vastísimas. Los estudiantes aprenden a evaluar argumentos, identificar falacias y construir explicaciones coherentes basadas en la evidencia.

Comunicación científica: Compartir descubrimientos y hallazgos es una parte esencial del proceso científico. La enseñanza de la astronomía brinda oportunidades para que los estudiantes comuniquen sus ideas, resultados de observaciones y conclusiones de

manera clara y concisa, tanto oralmente como por escrito, utilizando un lenguaje científico apropiado.

Resolución de problemas: La astronomía presenta una variedad de problemas desafiantes, desde la predicción de eventos astronómicos hasta la interpretación de datos anómalos. Los estudiantes desarrollan habilidades para abordar estos problemas de manera sistemática, aplicando sus conocimientos y habilidades investigativas.

7.7 Beneficios de la enseñanza de la astronomía en la educación secundaria

Acceder al conocimiento astronómico a través de una relación interdisciplinar basada en preguntas o situaciones problema, permite a los estudiantes desarrollar pensamiento creativo, científico y crítico para abordar desafíos cercanos a su realidad cotidiana y contribuir a los retos globales desde su contexto local y regional.

Se genera una apropiación cultural y científica de los fenómenos celestes locales, así como el fortalecimiento de habilidades científicas mediante temas de interés que permitan vislumbrar posibles soluciones a problemas globales.

Es fundamental que las personas se aproximen al conocimiento científico valorando las condiciones únicas del planeta Tierra que posibilitan la subsistencia humana, condiciones que hasta el momento no se han encontrado en otros lugares de nuestro sistema solar y de esta manera generar acciones para su cuidado.

La enseñanza de la astronomía en la educación secundaria en Colombia ofrece una amplia gama de beneficios que impactan positivamente a los estudiantes, la sociedad y el desarrollo del país.

7.7.1 *Desarrollo del Pensamiento Científico y Crítico:*

Fomenta la curiosidad y la formulación de preguntas: El universo, con sus misterios y fenómenos, naturalmente despierta la curiosidad de los jóvenes, impulsándolos a cuestionar y buscar respuestas.

Fortalece habilidades investigativas: La astronomía introduce a los estudiantes en la observación, la recopilación y el análisis de datos, la formulación de hipótesis, la búsqueda y evaluación de información, el modelado y la comunicación científica.

Promueve el razonamiento lógico y el pensamiento crítico: Comprender conceptos astronómicos a menudo desafía la intuición y requiere un análisis lógico y la evaluación de evidencias.

Desarrolla la capacidad de resolución de problemas: La astronomía presenta problemas complejos que requieren la aplicación de conocimientos y habilidades para encontrar soluciones.

7.7.2 *Alfabetización Científica y Apropiación Cultural:*

Aumenta la comprensión del mundo natural: La astronomía proporciona un contexto amplio para entender las leyes de la física, la química y otras ciencias naturales, así como la relación de la Tierra con el universo.

Fomenta la valoración del planeta Tierra: Al estudiar otros cuerpos celestes, los estudiantes comprenden mejor las condiciones únicas que hacen posible la vida en nuestro planeta y la importancia de su cuidado.

Promueve la apropiación cultural y científica de los fenómenos celestes locales: Conocer el cielo visible desde Colombia y las tradiciones asociadas enriquece la comprensión cultural y científica del entorno.

Contribuye a la alfabetización científica: La astronomía ayuda a los estudiantes a comprender la naturaleza de la ciencia, su impacto en la sociedad y la importancia de la evidencia en la construcción del conocimiento.

7.7.3 Inspiración y Vocación Científica:

Despierta el interés por la ciencia y la tecnología: La fascinación por el espacio puede ser una puerta de entrada para que los jóvenes se interesen por carreras STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas).

Potencia futuras vocaciones científicas: Al exponer a los estudiantes a la astronomía, se pueden inspirar a seguir carreras en este campo o en otras áreas científicas y tecnológicas, contribuyendo al desarrollo científico del país.

7.7.4 Conexiones Interdisciplinarias y Relevancia Social:

Facilita la comprensión de conceptos de diversas áreas: La astronomía se relaciona con matemáticas, física, geografía, historia, filosofía e incluso arte, promoviendo un aprendizaje más integral.

Permite abordar problemas globales desde una perspectiva local: El estudio de la contaminación lumínica o el cambio climático en otros planetas puede generar conciencia sobre problemas terrestres.

Fomenta el uso de la tecnología: La astronomía moderna depende en gran medida de la tecnología para la observación, el análisis y la simulación, lo que puede despertar el interés por la tecnología en los estudiantes.

En el contexto colombiano, la enseñanza de la astronomía puede, además:

Disminuir la brecha entre las ciencias espaciales y la sociedad: Acercar estos temas a los estudiantes desde temprana edad puede generar una mayor conciencia y participación en el desarrollo espacial del país.

Aprovechar el potencial de los cielos colombianos para la observación: Colombia, por su ubicación geográfica, ofrece cielos privilegiados para la astronomía.

Los colombianos ganarían mirando el cielo entre otros aspectos: Apropiación cultural y científica de los fenómenos celestes locales.

8 Referencias bibliográficas

- Acut, D. P. (2021). Utilization of stellarium-based activity: its effectiveness to the academic performance of Grade 11 STEM strand students. *In Journal of Physics: Conference Series, 1835*(1), 012182. Obtenido de <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1835/1/012082>
- Adams, T. (2018). REFLEXÕES SOBRE MEDIAÇÕES PEDAGÓGICAS, TRABALHO E TECNOLOGIAS. *Cadernos de Pesquisa, 25*(1), 179-193. doi:<http://dx.doi.org/10.18764/2178-2229v25n1p179-193>
- Adúriz-Bravo, A. (2005). ¿ Qué naturaleza de la ciencia hemos de saber los profesores deficiencias? Una cuestión actual de la investigación didáctica. *Tecné, Episteme y Didaxis, 23-33*. Obtenido de <https://portaleducared.telefonicaed.pe/wp-content/uploads/2021/08/130077622-8.pdf>
- Adúriz-Bravo, A. (2005). *Una introducción a la naturaleza de la ciencia: La epistemología en la enseñanza de las ciencias naturales*. Buenos Aires: Fonde de cultura económica . Obtenido de <https://redined.educacion.gob.es/xmlui/handle/11162/61554>
- Álvarez, M., Galperin, D., & Prieto, L. (Mayo de 2019). *Repositorio Institucional digital. Universidad Nacional de Rio negro*. Obtenido de V Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales.: <https://rid.unrn.edu.ar/handle/20.500.12049/3526>
- Andrews, R. (2025). *El asteroide 2024 YR4 podría chocar contra la Tierra, pero los científicos tienen un plan*. Recuperado el 15 de Febrero de 2025, de National

Geographic: <https://www.nationalgeographic.com/ciencia/2025/02/el-asteroide-2024-yr4-podria-chocar-contra-la-tierra-pero-los-cientificos-tienen-un-plan>

Aragón Rodelo, L. A. (2023). Entorno social vivencial de los estudiantes y la contextualización de los contenidos para el aprendizaje de la Química. *Revista Latinoamericana Ogmios*, 3(7), 1-13. doi:<https://doi.org/10.53595/rlo.v3.i7.059>

Archila, P. A. (2014). Argumentación y educación en ciencias: vínculos con la alfabetización y la cultura científica. *Enseñanza de las ciencias y cultura: múltiples aproximaciones*, 103-121. Obtenido de https://die.udistrital.edu.co/publicaciones/capitulos_de_libro/argumentacion_y_educacion_en_ciencias_vinculos_con_la

Arias de Greiff, J. (1987). *MINCIENCIAS*. Recuperado el 18 de 01 de 2023, de <http://repositorio.colciencias.gov.co:8080/handle/11146/1263>

ATLAS.ti Scientific Software Development GmbH. (2023). Atlas.ti.com. Obtenido de Atlas.ti.com: https://atlasti.com/guides/qualitative-research-guide-part-2?_gl=1*9xsc60*_up*MQ..*_gs*MQ..&gclid=Cj0KCCQiA-5a9BhCBARIsACwMkJ7-hpwvsifLUSBQqrHJObLuII00TQAYvJBoFnqnztKtZkbz5T76YwMaArPNEALw_wcB

Aznar, J. F. (2012). La taxonomía de Bloom y la aplicación del conocimiento: las clases de problemas en la asignatura de Zoología de la Universidad de Valencia. *In Congreso Internacional de Innovación Docente Universitaria en Historia Natural (1º. 2012. Sevilla)*. Obtenido de <https://idus.us.es/handle/11441/38737>

- Balastegui, M. P. (Septiembre de 2020). *Universidad de Cadiz*. Recuperado el 20 de Febrero de 2024, de <https://rodin.uca.es/handle/10498/23824>
- Balcazar Nava, B. P., Gonzalez, N., Gurrolea, G., & Moysen, A. (2015). *Investigación Cualitativa*. Universidad Autónoma del estado Mexico. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.11799/21589>
- Ballesteros, V., & Gallego, A. (2022). De la alfabetización científica a la comprensión pública de la ciencia. *Trilogía Ciencia Tecnología Sociedad, 14*(26). Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S2145-77782022000100400&script=sci_arttext
- Baquero Soler, A. (2019). *repositorio.unal.edu.co*. Obtenido de Propuesta didáctica para la enseñanza de la astronomía general en la escuela: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/69771>
- Barraza Mendoza, L. (2024). *repositorio.unicordoba.edu.co*. Obtenido de Repositorio institucional Universidad de Córdoba: <https://repositorio.unicordoba.edu.co/handle/ucordoba/8704>
- Benavides, M. O.-R. (2005). Métodos en investigación cualitativa: triangulación. *Revista Colombiana de Psiquiatría, 34*(1), 118-124. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-74502005000100008#:~:text=Dentro%20del%20marco%20de%20una,grupos%20focales%20o%20talleres%20investigativos).
- Benavides, M., & Gómez Restrepo, C. (2005). Métodos en investigación cualitativa: triangulación. *Revista colombiana de psiquiatría, 34*(1), 118-124. Obtenido de

<http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0034->

[74502005000100008&script=sci_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0034-74502005000100008&script=sci_arttext)

Benítez, J. (7 de Enero de 2021). En Colombia las ciencias del espacio están desconectadas de la sociedad. *El tiempo*, pág. 1. Recuperado el 5 de 12 de 2022, de <https://blogs.eltiempo.com/ambiente-urbano/2021/01/07/en-colombia-las-ciencias-del-espacio-estan-desconectadas-de-la-sociedad/>

Bisquerra Alzina, R. (2009). *Metodología de la investigación educativa* (Sexta ed.). La muralla. Obtenido de <https://ideice.gob.do/documentacion/publicaciones-msg-set-id-1-art-p1-166-metodologia-de-la-investigacion-educativa>

Bisquerra Alzina, R. (2022). *Metodología de la investigación educativa* (Sexta ed.). Editorial La Muralla. Obtenido de <https://ideice.gob.do/documentacion/publicaciones-msg-set-id-3-art-p1-166-metodologia-de-la-investigacion-educativa>

Cabero, J. &. (2013). La aplicación del juicio de experto como técnica de evaluación de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC). *Revista de tecnología de información y comunicación en educación.*, 7(2), 11-22. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Julio-Ponce/publication/272686564_Reingenier%27ia_de_una_Ontolog%27ia_de_Estilos_de_Aprendizaje_para_la_Creacion_de_Objetos_de_Aprendizaje/links/5643a8a308ae9f9c13e05f3a/Reingenieria-de-una-Ontologia-de-Estilos-de-Apre

Cabrera, F. C. (2005). Categorización y triangulación como procesos de validación del conocimiento en investigación cualitativa. *Theoria*, 14(1), 61-71. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/299/29900107.pdf>

- Camino, N. (2011). La didáctica de la Astronomía como campo de investigación e innovación educativas. *I Simpósio Nacional de Educação Em Astronomia—Rio de Janeiro*, 1-13. Obtenido de https://sab-astro.org.br/wp-content/uploads/2017/03/SNEA2011_Palestra_Camino.pdf
- Camino, N. (2018). Reflexiones sobre la enseñanza de la astronomía. *Góndola, enseñanza y aprendizaje de las ciencias*, 13(2), 193-194. Obtenido de <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/GDLA/article/view/13679>
- Camino, N. E. (2012). Aprender astronomía jugando en una plaza. Universidad de Federal de São Carlos. Departamento de Metodologia de Ensino; Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia; 14; 12-2012; 39-56. ri.conicet.gov.ar/. doi:<https://doi.org/10.37156/RELEA/2012.14.039>
- Camino, N. E. (Noviembre de 2021). Reflexiones sobre lo que damos por hecho en la Enseñanza de la Astronomía (y de las Ciencias Naturales). *CONICET*. (U. N. Fuego, & U. Surcolombiana, Edits.) Recuperado el 19 de Febrero de 2024, de <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/190001>
- Camino, N., Nardi, R., Pedreros, R., García, E., & Castiblanco, O. (2016). Retos de la Enseñanza de la Astronomía en Latinoamérica. *Revista Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las ciencias*, 11(1), 5-6. Obtenido de https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/106614/CONICET_Digital_Nro.48b7fb78-853e-4954-956f-44d09b40ae49_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Campuzano-López, J. G.-C.-L. (2021). Dispositivos móviles y su influencia en el aprendizaje de la Matemática. *Dominio De Las Ciencias*, 7(1), 663-684. doi:<https://doi.org/10.23857/dc.v7i1.1669>

Cardona, C. J. (2022). Aprendizaje visual. *Revista Reforma Siglo XXI*, 29(112), 27-30.

Obtenido de <https://reforma.uanl.mx/index.php/revista/article/view/14/10>

Carreño Díaz, A. J. (2020). La naturaleza de la ciencia que se enseña desde la práctica reflexiva de los profesores de ciencias. *repositorio.pedagogica.edu.co/*. Obtenido de <http://repositorio.pedagogica.edu.co/handle/20.500.12209/12567>

Chamizo, J. A. (2017). Sobre la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Iberoamericana De Educación*, 74(1), 23-40.

doi:<https://doi.org/10.35362/rie741624>

Chavarro, D. V. (2017). Los Objetivos de Desarrollo Sostenible en Colombia y el aporte de la ciencia, la tecnología y la innovación. *Colciencias. Documento de trabajo No. 1*.

Obtenido de https://minciencias.gov.co/sites/default/files/ctei_y_ods_-_documento_de_trabajo.pdf

Colciencias. (2019). *Misión de Sabios Colombia*. Bogotá: Colciencias.

https://minciencias.gov.co/sites/default/files/libro_mision_de_sabios_digital_1_2_0.pdf

Coronado Warne, Y., Esmeral Pérez, E., & Flórez Nisperuza, E. (2020). Alfabetización científica 'del hogar al aula', estrategia didáctica integradora en las ciencias. *Revista Electrónica EDUCyT, Vol. Extra.*, 1381-1393. Recuperado el 20 de Febrero de 2024, de <https://repositorio.unicordoba.edu.co/entities/publication/b98a1498-2441-4c4c-a74d-8c0a5da4ddce>

Coronado, R. I. (2022). Tensiones inter-paradigmáticas en la formación docente en Chile: la transposición didáctica y el conocimiento didáctico del contenido. *Encuentros:*

Revista de Ciencias Humanas, Teoría Social y Pensamiento Crítico, 16, 232-245.

Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8563182>

Costa, A. M. (2021). Scientific Literacy: The Conceptual Framework Prevailing over the First Decade of the Twenty-First Century. *Revista Colombiana de Educación*(81), 195-228. doi:<https://doi.org/10.17227/rce.num81-10293>

Couso, D. J.-L. (2020). *Enseñando ciencia con ciencia*. FECYT & Fundación Lilly.

Madrid: Penguin Random House. Obtenido de <https://ddd.uab.cat/record/220343>

Creswell, J. (2014). *Research design : qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (3 ed.). Los Angeles: SAGE. Obtenido de https://repositorio.ciem.ucr.ac.cr/bitstream/123456789/501/1/Qualitative%20inquiry%20%26%20research%20design.%20design%20_%20Choosing%20among%20five%20approaches.%20%281%29.pdf

Cristóbal-Aragón, E. &. (2018). La enseñanza de las ciencias en un contexto bilingüe: propuesta para la enseñanza de contenidos de astronomía para primer ciclo de primaria. *Revista de Enseñanza de la Física*, 30(2), 31-47. Obtenido de <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/22734>

de Assumpção, K. (2024). a teoría de Norwood Russell Hanson sobre la interpretación presente en la descripción observacional de la experiencia visual. *Prometeica*(31), 142-152. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=10121386>

Donato Morales, J. (2020). *Formación del pensamiento crítico en contextos escolares. Caso Club de Astrociencias Colegio Cundinamarca*. Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad Pedagógica Nacional: <http://hdl.handle.net/20.500.12209/13128>

- Elkana, Y. (1983). La ciencia como sistema cultural: una aproximación antropológica. *Boletín Sociedad Colombiana de Epistemología*, III(10-11), 65-80. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/87290147/La-Ciencia-Como-Sistema-Cultural>
- Erasmus+ Key Action 2 Programme. (2020). *CONCEPT FOR ASTRONOMY EDUCATION PROGRAM*. Bratislava : EXPOL PEDAGOGIKA Ltd. .
- Escobar, S. M. (2023). Estrategias que desbloquean la alfabetización científica en el aula. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(1), 2288-2296. doi:https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.4591
- Espinosa Rojas, D. (2023). Investigaciones escolares por parte de estudiantes de sexto a octavo de bachillerato en el marco de la alfabetización científica en la institución educativa la presentación, Medellín-Colombia. *Revista Pertinencia Académica*, 6(3), 72-82. doi:<https://doi.org/10.5281/zenodo.7583121>
- Etikan, I., Musa, S., & Alkassim, R. (2016). Comparison of Convenience Sampling and Purposive Sampling . *Journal of Theory and Review*, 1-4.
- Faneite, S. F. (2023). La enseñanza contextualizada para el aprendizaje de las Ciencias Naturales. *Revista de la Universidad del Zulia*, 14(40), 103-126. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9004064>
- Ferreira, M. d. (2021). Ensino de astronomia: uma abordagem didática a partir da Teoria da Relatividade Geral. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 43. doi:<https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2021-0157>
- Figuroa Cahnspeyer, M. (2022). Aprendizajes, evaluación y aseguramiento de la calidad. . En M. d. Educación, *Educación en Colombia: un sistema con más oportunidades y mayor equidad: avances, legados y futuros de la educación* (págs. 121-139).

- Medellín: Editorial EAFIT. Recuperado el Marzo de 2023, de <https://www.colombiaaprende.edu.co/recurso-coleccion/libro-educacion-en-colombia>
- Fonseca-Factos, A. &.G. (2022). Enfoque STEM y aprendizaje basado en proyectos para la enseñanza de la física en educación secundaria. *Novasinerгия [online]*, 5(2), 90-105. doi:<https://doi.org/10.37135/ns.01.10.06>
- Furman, M. (2016). Educar mentes curiosas: la formación del pensamiento científico y tecnológico en la infancia: documento básico, XI Foro Latinoamericano de Educación. *Repositorio Ministerio de educación Peru*. Obtenido de <http://repositorio.minedu.gob.pe/handle/20.500.12799/4776>
- Furman, M. (2020). *Aprender Ciencias en las escuelas primarias de América Latina: ¿dónde estamos y cómo podemos mejorar*. Obtenido de UNESCO: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375199>
- Gallego Joya, L. (2024). Semillero de investigación en ciencia y tecnología Moralba. *MLS Inclusion and Society Journal*, 4(1), 4-19. doi:<https://doi.org/10.56047/mlsisj.v4i2>
- Galperin, D. I. (2011). Propuestas didácticas para la enseñanza de la Astronomía. En Ciencias Naturales. Líneas de acción didáctica y perspectivas epistemológicas. *Novedades Educativas*. Obtenido de <https://www.academica.org/diegogalperin/6>
- Galperin, D., & Raviolo, A. (2017). Análisis de imágenes relacionadas con día/noche, estaciones y fases lunares en textos de enseñanza primaria. *Revista electrónica de investigación en educación en ciencias*, 12(1), 1-11. Obtenido de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1850-66662017000100001&script=sci_arttext

Galperin, D., Álvarez, M., & Santa Ana, M. (2022). ¿Cómo se mueve la Luna en el cielo?

Evaluación de una secuencia para la construcción de un modelo alternativo para la explicación de las fases lunares. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 6(2), 33-51. doi:<https://doi.org/10.17979/arec.2022.6.2.9054>

Galperin, D., Heredia, L., & Prieto, L. (2018). *Repositorio institucional Digital*.

Universidad Nacional de Rio Negro. Recuperado el 19 de Enero de 2024, de Concepciones de docentes sobre las causas de los fenómenos astronómicos cotidianos.: <https://rid.unrn.edu.ar/handle/20.500.12049/3780>

García Carmona, A., & Guerrero Márquez, I. (2020). La energía y su impacto

socioambiental en la prensa digital: temáticas y potencialidades didácticas para una educación CTS. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 17(3), 3301.

doi:http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2020.v17.i3.3301

García Fernández, B. P.-G. (2022). Alfabetización científica, CTSA y pensamiento crítico.

Conceptualización y aplicaciones en el ámbito educativo. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 6(2), 17-31. doi.: <https://doi.org/10.17979/arec.2022.6.2.9046>

García Fuentes, O. R. (2023). El enfoque educativo STEAM: una revisión de la literatura.

Revista complutense de educación, 34(1), 191-202.

doi:<https://dx.doi.org/10.5209/rced.77261>

García Sánchez, A. (2021). *Roderic*. Obtenido de Estudio de la relación entre la creencia en

las pseudociencias y la alfabetización científica del alumnado de Bachillerato:

<https://roderic.uv.es/handle/10550/81568>

- García, L. M. (2022). Llamado a la implementación de la Ley 2120 de 2021 contra la comida chatarra en los tiempos del COVID-19 en Colombia. *Biomédica*, 42(2), 14-18. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-41572022000600014
- García-Carmona, A. (2023). Scientific Thinking and Critical Thinking in Science Education . *Science & Education*. doi:<https://doi.org/10.1007/s11191-023-00460-5>
- Gil, D., & Vilches, A. (2001). Una alfabetización científica para el siglo XXI: obstáculos y propuestas de actuación. *Revista Investigación en la Escuela*, 43, 27-31. Obtenido de <https://idus.us.es/handle/11441/60304>
- 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*, 16(2), 272-293. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8082674>
- Giraldo Cano, A. M. (2013). *Repositorio Universidad Nacional*. Obtenido de Semillero de astronomía: un acercamiento a la ciencia y la investigación en la IE Yermo y Parres de la ciudad de Medellín: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/20866>
- Gómez, M. C. (2014). Análisis bibliométrico y de contenido. Dos metodologías complementarias para el análisis de la revista colombiana Educación y Cultura. *Revista de investigaciones*, 14(23), 14-31. doi:<https://doi.org/10.22383/ri.v14i1.5>
- Goñi, J. O. (2016). ¿ Por qué aprender en red?: El debate sobre las finalidades de la educación en la nueva ecología del aprendizaje. *In Pedagogía red: una educación para tiempos de Internet*, 13-36. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6713837>

González Molina, H. Z. (2014). *Repositorio Institucional UPN*. Obtenido de Los clubes de ciencias en el desarrollo de competencias científicas para la vida:

<http://repository.pedagogica.edu.co/handle/20.500.12209/1847>

González Monteagudo, J. (2001). El paradigma interpretativo en la investigación social y educativa: nuevas respuestas para viejos interrogantes. *Cuestiones Pedagógicas*.

Revista De Ciencias De La Educación, 227-246. doi:<https://doi.org/10.12795/CP>

González Triana, Y. R. (2024). Formación de docentes en astronomía para mejorar el pensamiento científico y crítico en los estudiantes. *Tecné, Episteme Y Didaxis: TED*,, 55, 940-944. Obtenido de

<https://revistas.upn.edu.co/index.php/TED/article/view/21028>

González, Y., & Serrato, L. (2023). Enfoque educativo STEM en la enseñanza de la biología y la astronomía. II congreso reddi creo en... “la investigación e innovación para educar mejor” <https://reddi.net/wp-content/uploads/2023/07/RESUMEN-CREO-2023.pdf>.

Goya, A., & Reis Bueno, C. (2024). Promover una visión científica de la astronomía.

Revista Latinoamericana De Educación En Astronomía, 1(38), 146–175.

<https://doi.org/10.14244/RELEA/2024.38.146-175>

Guzmán Marín, F. (2018). Los Retos de la Educación Intercultural en el Siglo XXI. *Revista latinoamericana de educación inclusiva.*, 12(1), 199-212.

doi:<https://dx.doi.org/10.4067/S0718-73782018000100199>

Health, S. M. (2025). *Stanfordchildrens.org*. Recuperado el 5 de Febrero de 2025, de

Stanford Medicine Children's Health:

<https://www.stanfordchildrens.org/es/topic/default?id=cognitive-development-in-adolescence-90-P04694>

Helmy et al. (2020). The COVID-19 Pandemic: A Comprehensive Review of Taxonomy, Genetics, Epidemiology, Diagnosis, Treatment, and Control. *Journal of Clinical Medicine*, 1-29.

Hernández, H. G. (2023). La astronomía como estrategia interdisciplinaria para fortalecer la gestión académica en la Institución Educativa San Antonio de Prado. *RHS: Revista Humanismo y Sociedad*, 11(1), 3. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8869786>

Ibáñez, R., & Villasana, P. (2020). Aproximación crítica al conocimiento didáctico del contenido en educación superior y sus posibilidades de estudio. *Revista Espacios*, 41(18), 21-28. Obtenido de <http://www.localharvest.tuobra.revistaespacios.com/a20v41n18/a20v41n18p21.pdf>

ICFES. (4 de 2022). *icfesinteractivo.gov.co*. Obtenido de <https://www.icfesinteractivo.gov.co/resultados-saber2016-web/pages/publicacionResultados/agregados/saber11/agregadosEstablecimiento.jsf#No-back-button>

Izquierdo Aymerich, M. &.-B. (2021). Contribuciones de Giere a la reflexión sobre la educación científica. *revista del Instituto de Estudios de la Ciencia y la Tecnología*, 10(1), 75-87. Obtenido de <http://digital.casalini.it/10.14201/art20211017587>

Kokotsaki, D. M. (2016). Project-based learning: A review of the literature. *Improving schools*, 19(3), 266-277. doi:<https://doi.org/10.1177/1365480216659733>

- Lanciano, N. A.-G. (2019). Research, innovation, scientific literacy and inclusion in astronomy. *Proceedings of the International Astronomical Union*, 79-82.
doi:<https://doi.org/10.1017/S1743921321000417>
- Lapasta, L. G. (2024). Los proyectos socio-científicos como potenciadores del pensamiento crítico, la argumentación y las competencias comunicativas en estudiantes de educación secundaria. *Memoria académica FAHCE Universidad nacional de la plata*, 1-41. Obtenido de <https://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/proyectos/py.1203/py.1203.pdf>
- Leal, J. R. (2022). ensino de Astronomia na promoção da alfabetização científica. Sao Paulo. Obtenido de https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/14/14134/tde-07032023-212151/publico/Dissertacao_Jose_Roberto_Rodrigues_Leal_Versao_Corrigida.pdf
- León, F. R. (2014). Sobre el pensamiento reflexivo, también llamado pensamiento crítico. *Propósitos y representaciones*, 2(1), 161-214.
doi:<https://doi.org/10.20511/pyr2014.v2n1.56>
- Limón Rugerio, M. (25 de 04 de 2019). *Observatorio - Instituto para el Futuro de la Educación*. Obtenido de Tecnológico de Monterrey: <https://observatorio.tec.mx/por-que-ensinar-astronomia-deberia-ser-una-prioridad-en-la-educacion/>
- López, N. D. (2022). Fortaleciendo el aprendizaje de conceptos básicos de la astronomía en docentes en formación a través de una secuencia didáctica potenciada por la observación diurna y simulaciones tridimensionales. *Investigações em Ensino de Ciências*, 27(1), 137. Obtenido de

<https://www.proquest.com/openview/198c44ac577b6bb439ad385c37c0e7ae/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2032603>

López-Rojas, I. (2024). Propuesta de Unidad Didáctica: La Tierra en el Universo.

recuperado de: <https://crea.ujaen.es/items/f5f5ca02-b04b-4c95-bbbe-4064e5415860>

Maggio, M. (2018). Habilidades del siglo XXI. Cuando el futuro es hoy. *XIII Foro*

Latinoamericano de Educación 2018. Obtenido de

<https://ade.edugem.gob.mx/handle/acervodigitaledu/36398>

Marcelino, A. G. (2024). A promoção da alfabetização científica a partir de uma unidade

didática sobre a ida do homem à lua (Master's thesis, Pontificia Universidade Católica do Rio Grande do Sul). recuperado de

[https://repositorio.pucrs.br/dspace/bitstream/10923/26073/1/000508095-](https://repositorio.pucrs.br/dspace/bitstream/10923/26073/1/000508095-Texto%2Bcompleto-0.pdf)

[Texto%2Bcompleto-0.pdf](https://repositorio.pucrs.br/dspace/bitstream/10923/26073/1/000508095-Texto%2Bcompleto-0.pdf)

Martínez Miguélez, M. (2006). Validez y confiabilidad en la metodología cualitativa.

Paradigma, 27(2), 7-33. Obtenido de

https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1011-22512006000200002

Martínez Trujillo, N. E. (2020). *La investigación cualitativa, una mirada desde las ciencias*

sociales y humanas. Bogotá. Obtenido de

<https://repositoryinst.uniguajira.edu.co/handle/uniguajira/742>

Martínez, R. I. (2019). La Astronomía y su enseñanza en la Educación Básica y Media.

Revista Científica(Numero especial 2019), 226-233. Obtenido de

<http://revistas.udistrital.edu.co:8080/index.php/revcie/article/view/14494>

Maz-Machado, A. J.-F.-R. (2016). La producción científica colombiana en SciELO: un

análisis bibliométrico. *Revista Interamericana de bibliotecología*, 39(2), 111-119.

Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-09762016000200111

Membriela, P. (2007). Sobre la deseable relación entre comprensión pública de la ciencia y alfabetización científica. *Tecné, Episteme y Didaxis, TED(22)*, 107-112. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=614265308007>

Meneses, J., & Gotschlich, S. (2025). ¿Cómo exploramos y evaluamos la habitabilidad en otros planetas?: una propuesta didáctica interdisciplinar para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Chilena De Educación Científica*, 26(1), 19–22. Recuperado a partir de <https://revistas.umce.cl/index.php/RChEC/article/view/3091>

MEN. (7 de Junio de 1998). *Lineamientos Curriculares Ciencias Naturales*. Recuperado el 29 de Abril de 2023, de https://www.mineduacion.gov.co/1780/articles-339975_recurso_5.pdf

MEN. (Mayo de 2006). *Ministerio de Educacion Nacional*. Obtenido de https://www.mineduacion.gov.co/1780/articles-340021_recurso_1.pdf

MEN. (2016). *Colombiaaprende*. Obtenido de Derechos básicos de aprendizaje en Ciencias Naturales: https://www.colombiaaprende.edu.co/sites/default/files/files_public/2022-06/DBA_C.Naturales-min.pdf

Miller, J. (1983). Alfabetización científica: una revisión conceptual y empírica. *Dedalo*, 112(2), 29-48. Obtenido de https://www.jstor.org/stable/20024855?searchText=&searchUri=&ab_segments=&searchKey=&refreqid=fastly-default%3A2096d29af53b8a295fa2a24d11f52c5e&seq=8

Ministerio de Educación de Chile. (2023). *curriculumnacional.cl*. Obtenido de

https://www.curriculumnacional.cl/614/articles-334788_recurso_pdf.pdf

Montes Cogollo, S. E. (2021). *Universidad Autónoma de Manizales*. Recuperado el 20 de

Febrero de 2024, de

https://repositorio.autonoma.edu.co/bitstream/11182/1259/1/Aporte_habilidades_in_dagaci%c3%b3n_planteamiento_problemas.pdf

Monteza, D. (2021). Estrategias didácticas para el pensamiento creativo en estudiantes de

secundaria: una revisión sistemática. *Revista Innova Educación*, 4(1), 120-134.

doi:<https://doi.org/10.35622/j.rie.2022.01.009>

Morales, P. A. (2012). *Elaboración de material didáctico*. (1 ed.). Red Tercer Milenio.

Obtenido de

https://dspace.itsjapon.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/721/1/Elaboracion_materi_al_didactico.pdf

Morales, P., & Landa, V. (2004). Aprendizaje basado en problemas. (U. d. Chile, Ed.)

Theoria, 13(1), 145-157. Obtenido de

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=29901314>

Morán, M. (18 de 12 de 2024). *Objetivo 4: Garantizar una educación inclusiva, equitativa*

y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para

todos. Obtenido de Objetivos de Desarrollo Sostenible:

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/education/>

Naciones Unidas. (18 de 12 de 2024). *Objetivo 4: Garantizar una educación inclusiva,*

equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la

vida para todos. Obtenido de Objetivos de Desarrollo Sostenible:

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/education/>

Network for Astronomy School Education. (16 de 06 de 2021). *Astrosecundaria - Material*

Complementario. Obtenido de Network for Astronomy School Education:

http://sac.csic.es/astrosecundaria/complementario/es/actividades/tierra_luna/shape.pdf

Núñez, D. M. & Gonzalez, Y.R. (2019). Enseñando y jugando se aprende mejor la

Astronomía. *Revista Científica*, 1, 218-225. Obtenido de

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7021327>

OCDE. (2022). *OECD.org*. Recuperado el 11 de 02 de 2025, de

<https://www.oecd.org/en/topics/science-literacy.html>

OECD. (2019). *OECD*. Recuperado el 5 de Diciembre de 2022, de PISA:

https://www.oecd.org/pisa/publications/PISA2018_CN_COL_ESP.pdf

OECD. (04 de 12 de 2023). *PISA 2022 RESULTS: FACTSHEETS*. Obtenido de PISA 2022

Results (Volume I and II) - Country Notes: Colombia:

https://www.oecd.org/en/publications/pisa-2022-results-volume-i-and-ii-country-notes_ed6fbcc5-en/colombia_dd5f34d9-en.html

Oliveira, L. D. (2016). Effectiveness of teaching strategies on the development of critical

thinking in undergraduate nursing students: a meta-analysis. *Revista da Escola de*

Enfermagem da USP, 50(2), 355-364. doi:[https://doi.org/10.1590/S0080-](https://doi.org/10.1590/S0080-623420160000200023)

[623420160000200023](https://doi.org/10.1590/S0080-623420160000200023)

Ozaeta, M. J.-R. (2021). Pensamiento crítico en la escuela una revisión de literatura.

Indagare, 9, 5-23. doi:<https://doi.org/10.35707/indagare/901>

- Palomar Fons, R. &. (2015). Evaluación de una propuesta para la enseñanza y el aprendizaje de la astronomía en secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 33(2), 91-111. Obtenido de <https://roderic.uv.es/handle/10550/45900>
- Patiño Gutiérrez, L. V. (2022). *Universidad del Valle*. Obtenido de <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/entities/publication/91eac735-de4e-4cd6-9c77-3abf12faa9d7>
- Perales Palacios, F. J. (2020). Ciencia-Tecnología-Sociedad vs. STEM: ¿evolución, revolución o disyunción? *Ápice. Revista de Educación Científica*, 4(1), 1-15. doi:<https://doi.org/10.17979/arec.2020.4.1.5826>
- Pérez, T. A. (2012). Marshall McLuhan, las redes sociales y la aldea global. *Revista educación y tecnología*, 2, 8-21. Obtenido de Dialnet-
MarshallMcLuhanLasRedesSocialesYLaAldeaGlobal-4502543.pdf
- Porras-Contreras, Y. A.-M.-S. (2024). Relevancia de la educación científica en contextos colombianos. *Educación en ciencias y matemáticas: contextos, desafíos y oportunidades. Cátedra 13*, 102-120. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12209/19575>
- Prado de la Guardia, E. (2021). *ITM*. Recuperado el 20 de Febrero de 2024, de <https://repositorio.itm.edu.co/handle/20.500.12622/5195>
- Rabanales Loyola, F. &. (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. Obtenido de https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07052021000200247&script=sci_arttext&tlng=pt

- Ramírez, J. E.-A. (2020). ¿Qué imaginarios tienen los niños sobre los cuerpos dentro y fuera del sistema solar y sus efectos en la Tierra? *Scientia et Technica*, 25(2), 306-320. Obtenido de <https://ojs2.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/24447>
- Restrepo, J. J. (2024). ¿Clasificación estelar? Una propuesta de Gamificación para la construcción del Diagrama de Hertzsprung-Russell.. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12209/20588>.
- Rodríguez, R. (2024). Los significados de la observación solar: análisis basado en la relación con el saber. Repositorio Universidad distrital. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/11349/41841>
- Romero, N. A. (2007). Modelo didáctico para la enseñanzade la educación ambiental en la Educación superior venezolana. *Revista de Pedagogía*, 28(83), 443-476. Obtenido de https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-97922007000300005
- Ron, A. M. (31 de Agosto de 2022). *B B C News Mundo*. Recuperado el 28 de Febrero de 2024, de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-62514220>
- Sadurni, J. (19 de Abril de 2022). *Historia National Geographic*. Recuperado el 28 de Febrero de 2024, de https://historia.nationalgeographic.com.es/a/carl-sagan-astronomo-que-nos-hizo-amar-universo_15025
- Sagan, C. (1995). *Un punto azul pálido: Una visión del futuro humano en el espacio*. Planeta. Obtenido de <https://astronomia4to.wordpress.com/wp-content/uploads/2012/03/un-punto-azul-pc3a1lido.pdf>

- Sagan, C. (2006). *Cosmos*. Ediciones Universitat Barcelona. Obtenido de https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=tdIyo1Z5TSMC&oi=fnd&pg=PA19&dq=cosmos+carl+sagan+&ots=NpYWTnH7of&sig=py7rDA_aQKB5CPm3VVA5Wih2cQQ#v=onepage&q=cosmos%20carl%20sagan&f=false
- Sanders, M. E. (2008). STEM, STEM education, STEMmania. . *The Technology Teacher*, 68(4), 20-26. Recuperado el 11 de 02 de 2025, de <https://vtechworks.lib.vt.edu/server/api/core/bitstreams/b5f37b87-c914-4e5a-8abc-f9b491dc2e36/content>
- Santos, M. S. (2024). Ensino de astronomia na educação básica usando aprendizagem baseada em projetos. *Cuadernos De Educación Y Desarrollo.*, 16(11), 1-16. doi:<https://doi.org/10.55905/cuadv16n11-105>
- Santos, O. B. (2022). Pedagogía activa: incidencia en los procesos de enseñanza y aprendizaje generados en contextos de educación superior. *Prohominum*, 4(1), 219-239. doi:<https://doi.org/10.47606/ACVEN/PH0112>
- Sarzosa Barrera , J., & Sigcho Quinaluiza , N. (2024). *Ritmos de aprendizaje y la motivación en la asignatura de matemática*. Pujilí: Universidad Técnica de Cotopaxi. Obtenido de Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC): <https://repositorio.utc.edu.ec/items/a5194508-7586-4606-b27f-a88d47a35875>
- Sasseron, L., & de Carvalho, A. (Diciembre de 2008). Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. *Investigações em ensino de ciências*, 13(3), 333-352. Obtenido de <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/445>

- Sequeira Salazar , R., & Rojas Mora, E. (abril de 2024). Mediación pedagógica en la UNED. Evolución del concepto y cambios en la carrera Enseñanza de la Matemática. *Repertorio Científico*, 27, 192-209. Obtenido de <https://revistas.uned.ac.cr/index.php/repertorio/article/download/5283/7425/25499>
- Shigunov Neto, A., & Langhi, R. (2021). A formação de professores em astronomia: uma análise do banco de teses e dissertações sobre educação em astronomia. *Góndola, enseñanza y aprendizaje de las ciencias*, 19(1), 510-521. Obtenido de <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2018JSE....19...90N/abstract>
- Solbes Matarredona, J. F.-S.-S. (2018). Influencia de la formación y la investigación didáctica del profesorado de ciencias sobre su práctica docente. *Enseñanza de las ciencias*, 36(1), 25-44. Obtenido de <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/335272/426105>
- Solbes, J. &. (2013). Dificultades en el aprendizaje de la astronomía en secundaria. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 35, 01-12. Obtenido de <https://www.scielo.br/j/rbef/a/43MdJbM7JF4zS3RHgCxgwhk/abstract/?lang=es>
- Space Telescope Science Institute. (7 de July de 2022). *Spectroscopy 101 – Types of Spectra and Spectroscopy*. Obtenido de Webb Space Telescope: <https://webbtelescope.org/contents/articles/spectroscopy-101--types-of-spectra-and-spectroscopy>
- Stanford School of Medicine. (2025). *Desarrollo cognitivo en la adolescencia*. Obtenido de Stanford Medicine Children’s Health: <https://www.stanfordchildrens.org/es/topic/default?id=cognitive-development-in-adolescence-90-P04694>

- Tabares Gallego, S. J. (2020). La Astronomía como estrategia para una enseñanza interdisciplinar. Análisis de una propuesta didáctica para la cualificación de profesores en contexto no formal. *bibliotecadigital.udea.edu.co*. Obtenido de <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/30265>
- Tamayo Alzate, O. E. (2020). Hacia la construcción de un modelo de pensamiento crítico dominiospecífico. *Poiésis, 14*(26).
doi:<https://doi.org/10.19177/prppge.v14e262020347-363>
- Tamayo A., O. E., Zona, R., & Loaiza Z., Y. E. (2015). El pensamiento crítico en la educación. algunas categorías centrales en su estudio. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos (Colombia), 11*(2), 111-133.
- Tena, È. &. (2023). ¿Cómo sé que mi secuencia didáctica es de calidad? Propuesta de un marco de evaluación desde la perspectiva de Investigación Basada en Diseño. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 20*(2), 2801.
Obtenido de ¿Cómo sé que mi secuencia didáctica es de calidad? Propuesta de un marco de evaluación desde la perspectiva de Investigación Basada en Diseño:
<https://rodin.uca.es/handle/10498/28438>
- Torres Merchán, N. Y. (2015). *Universat D Valencia*. Recuperado el 19 de Febrero de 2024, de <https://roderic.uv.es/items/5d464e11-1531-469b-b423-365ffc4dd0efT>
- Tuay, R., Ibáñez, E., Adúriz-Bravo, A. (2024). La incidencia del pensamiento crítico en la enseñanza de las ciencias en secundaria. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias, 19*(3), 564-582. doi:<https://doi.org/10.14483/23464712.21496>

- Tuay-Sigua, RN, Pérez-Mesa, MR, y Porras-Contreras, YA (2023). Teachers' Ideas and Educational Experiences Regarding Urban Environmental Sustainability in Bogotá, Colombia. *Sustainability* , 15 (15), 11882. <https://doi.org/10.3390/su151511882>
- UDEA. (2020). *UDEA*. Recuperado el 18 de 01 de 2023, de Facultad de Ciencias exactas y naturales: <https://www.udea.edu.co/wps/portal/udea/web/inicio/unidades-academicas/ciencias-exactas-naturales/estudiar-facultad/pregrados/astronomia>
- UNESCO. (2021). *UNESCO*. Recuperado el 25 de Abril de 2023, de Caja de herramientas EDS para 2030: ámbitos de acción prioritarios: <https://es.unesco.org/themes/educacion-desarrollo-sostenible/herramientas/prioridades#paa2>
- UNESCO. (2022). Reimaginar juntos nuestros futuros: Un nuevo contrato social para la educación. *Perfiles Educativos*, 44(177), 200-212. Obtenido de https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000379381_spa
- Universidad El Bosque. (2025). *Dirección de Educación Continuada - Diplomado en Astronomía*. Obtenido de Universidad El Bosque: <https://www.unbosque.edu.co/educacion-continuada/diplomado/astronomia>
- Universidad Nacional de Colombia. (2024). *Maestría en ciencias – Astronomía – Facultad de Ciencias – Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá*. Obtenido de Universidad Nacional de Colombia: https://ciencias.bogota.unal.edu.co/estudiar_en_la_facultad/posgrados/maestrias/astronomia/

- Vain, P. D. (2012). El enfoque interpretativo en investigación educativa: algunas consideraciones teórico-metodológicas. *Revista de educación*, 4(4), 37-45. Obtenido de https://fh.mdp.edu.ar/revistas/index.php/r_educ/article/view/83/146
- Valderrama, A., Flórez, D., Merchán, N., & Villamizar, N. (11 de Noviembre de 2021). Enseñanza de la astronomía en Colombia: aportes y desafíos. *ecné, Episteme y Didaxis: TED(Extraordinario)*, 2538-2547. Obtenido de <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/15307/10097>
- 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. *Ed&TIC; Revista Internacional de Pedagogía e Innovación Educativa*, 4(2), 243-274. Obtenido de <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/243904>
- Valencia Sánchez, D. (2024). La Inteligencia Artificial en la enseñanza de la Biología y Geología. *Repositorio Documental Universidad de Valladolid*. Obtenido de [uvadoc.uva.es: https://uvadoc.uva.es/handle/10324/71211](https://uvadoc.uva.es/handle/10324/71211)
- Varela, T. V. (2021). La codificación y categorización en la teoría fundamentada, un método para el análisis de los datos cualitativos. *Investigación en educación médica*, 10(40), 97-104. doi:<https://doi.org/10.22201/fm.20075057e.2021.40.21367>
- Viafara Ortiz, R. C. (2024). Avanzando en la educación científica: propuestas basadas en la investigación del diseño para la alfabetización científica. *Universidad Tecnológica de Pereira*, 64-77. doi:<https://doi.org/10.22517/9789587229646>


- Vila, M. D. (Junio de 2010). El nacimiento de la astronomía antigua: Estabilizaciones y Desestabilizaciones culturales. *Gazeta de Antropología*, 26(2). Obtenido de <http://www.gazeta-antropologia.es/?p=1622>
- Villas, E. B. (2013). La triangulación múltiple como estrategia metodológica. *Reice. Revista iberoamericana sobre calidad, eficacia y cambio en educación*, 11(4), 5-24. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/551/55128238001.pdf>
- Williams Muller , E., Castro Galaviz , M., De la Cruz López , M., Nogales Pinillas , L., Roldán García , L., & Torres Carvalho, J. (2020). Uso de los teléfonos móviles en el aula de educación primaria . *Revista Electrónica De Conocimientos, Saberes Y Prácticas*, 32(2), 31–42. doi:<https://doi.org/10.5377/recsp.v3i2.10688>
- Yalakı, Y. (2016). Mejora de las competencias científico-tecnológicas-sociedad-ambiente de los estudiantes universitarios. *Revista internacional de educación progresista*, 12(1), 90-98. Obtenido de <https://dergipark.org.tr/en/pub/ijpe/issue/26318/277360>
- YÜZGEÇ, S. y. (2023). The Impact of STEM-Based Astronomy Activities on Secondary School Students' Attitudes towards STEM and Astronomy. *Eğitim Kuram ve Uygulama Araştırmaları Dergisi*, 9(1), 1-13. Obtenido de <https://dergipark.org.tr/en/pub/ekvad/issue/77078/1290178>
- Zadnik, D. R. (2021). Contribution of self-directed, naked-eye observations to students' conceptual understanding and attitudes towards astronomy. *PHYSICAL REVIEW PHYSICS EDUCATION RESEARCH*, 17, 010134/1-16. doi:<https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.17.010134>
- Zambrano, A., Ordóñez, C., & Agudelo, E. (2004). *Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales*. Bogotá: Ministerio de Educación Nacional.

Obtenido de https://www.mineduacion.gov.co/1780/articles-81033_archivo_pdf.pdf

Zurita, P. L. (2024). Enseñanza de las ciencias naturales a través de la indagación: Estrategias efectivas y resultados de aprendizaje en el aula. *Revista Social Fronteriza*, 4(3), 1-15. doi:[https://doi.org/10.59814/resofro.2024.4\(3\)307](https://doi.org/10.59814/resofro.2024.4(3)307)

9 Anexos

9.1 Anexo 1. Formato validación de instrumentos.

 UNIVERSIDAD SANTO TOMAS	UNIVERSIDAD SANTO TOMAS
	DOCTORADO EN EDUCACIÓN
VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS PARA PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN	

1. IDENTIFICACIÓN DEL EXPERTO.	
Nombre y apellidos	
Profesión:	
Lugar de Trabajo:	

2. DATOS SOBRE LA INVESTIGACIÓN.	
2.1 Título	“Didáctica de la astronomía para la alfabetización científica escolar y el desarrollo de pensamiento crítico en estudiantes de secundaria”
2.2 Problema de investigación:	¿Qué aspectos de la Didáctica de la astronomía promueven el pensamiento crítico en estudiantes de secundaria y aportan a la alfabetización científica escolar?
2.3 Objetivo General:	Formular una propuesta para la didáctica de la astronomía que potencie el pensamiento crítico articulado con la alfabetización científica escolar para los estudiantes de secundaria.
2.4 Objetivos Específicos:	1- Analizar las didácticas de la astronomía desde las buenas prácticas en educación secundaria. 2- Evaluar la propuesta para la Didáctica de la astronomía que fomenta pensamiento crítico en los estudiantes de secundaria. 3- Ejecutar un análisis de los alcances y limitaciones para la didáctica de la astronomía en la alfabetización científica escolar.

3. INSTRUMENTO A VALIDAR	
<p>1. Guion entrevista semiestructurada para investigadores en didáctica de la astronomía y divulgadores o aficionados en astronomía.</p> <p>Teniendo en cuenta que la experiencia docente y de investigación es fundamental en los procesos didácticos se realizará una entrevista a investigadores que han trabajado sobre la didáctica de la astronomía y divulgadores científicos o astrónomos aficionados. Con estas entrevistas se pretende extraer elementos didácticos claves para la enseñanza de la astronomía.</p>	

CATEGORÍA	SUB CATEGORÍA	PREGUNTA	INTENCIÓN
1. Didáctica de la astronomía	1.1. Objeto de aprendizaje	Desde su experiencia como docente investigador o divulgador científico: 1. ¿Qué es lo más relevante sobre astronomía que puede aprender un estudiante de secundaria?	Identificar los aprendizajes relevantes para los estudiantes sobre astronomía.
	1.2. Estrategia didáctica	2. ¿Cómo docente que estrategias didácticas recomienda para la enseñanza de la astronomía en la escuela secundaria?	Identificar estrategias didácticas para la enseñanza de la astronomía en estudiantes de secundaria.
	1.3. Recursos pedagógicos	3. ¿Qué métodos y recursos pedagógicos sugiere para la enseñanza de la astronomía en la escuela secundaria?	Identificar métodos y recursos pedagógicos para la enseñanza de la astronomía en estudiantes de secundaria.
	1.2. Contexto escolar	4. ¿En su concepto que variables influyen en la enseñanza y aprendizaje de la astronomía en la escuela secundaria?	Conocer las variables que influyen en la enseñanza y aprendizaje de la astronomía en la escuela secundaria.
2. Alfabetización científica	2.1. Conocer	5. ¿Desde su experiencia enseñando astronomía que conocimiento teórico, conceptual, metodológico es importante aprender en la escuela?	Identificar los conocimientos teóricos, conceptuales y metodológicos claves para la enseñanza de la astronomía en la escuela.
	2.2. Hacer	6. ¿Cómo en la práctica, el conocimiento astronómico permite resolver problemas científicos en la escuela?	Conocer en la práctica del conocimiento astronómico como permite resolver problemas científicos en la escuela.
	2.3. Aplicar	7. ¿Cómo se puede aplicar el conocimiento científico en la escuela para resolver problemas de la vida cotidiana?	Conocer la aplicación del conocimiento astronómico para resolver problemas de la vida cotidiana en la escuela.

3. Pensamiento crítico	3.1. Observación	8. ¿Cómo el conocimiento astronómico permite a los estudiantes tener diferentes puntos de vista?	Resaltar la importancia del conocimiento astronómico para darnos diferentes posibilidades de entendimiento de la ciencia.
	3.2 Reflexión	9. ¿Cómo el conocimiento astronómico permite a los estudiantes analizar las posibilidades de explicación de los fenómenos científicos, culturales y sociales alrededor de la astronomía?	Resaltar la importancia del conocimiento astronómico para dar explicaciones a fenómenos científicos, culturales y sociales.
	3.3 Argumentación	10. ¿Cómo el conocimiento astronómico permite a los estudiantes argumentar un punto de vista o una teoría desde las evidencias científicas?	Resaltar la importancia del conocimiento astronómico para argumentar un punto de vista o una teoría desde las evidencias científicas.
	3.4 Toma de decisiones	11. ¿Cómo el conocimiento astronómico permite a los estudiantes participar de las decisiones de la sociedad de manera informada con el conocimiento adquirido?	Resaltar la importancia del conocimiento astronómico para tomar decisiones que afecten la sociedad.
	3.5 Comunicación	12. ¿Cómo el conocimiento astronómico permite a los estudiantes expresar sus ideas con claridad y argumentos?	Identificar como el conocimiento astronómico permite a los estudiantes expresar sus ideas con claridad y argumentos.

REFLEXIÓN DEL EXPERTO:

De acuerdo con los criterios de valoración que a continuación se muestran, complete la escala que se presenta en la siguiente tabla, marcando el valor dentro de la sección que usted considere que se ajusta a cada ítem o pregunta.

CRITERIOS	Pertinencia del contenido de los enunciados.	Contextualización de las preguntas a la población escogida	Claridad de las preguntas.	Coherencia con los objetivos de investigación y sus categorías de análisis.
------------------	----------------------------------------------	------------------------------------------------------------	----------------------------	-----------------------------------------------------------------------------

ÍTEM	ESCALA				ANOTACIONES y RECOMENDACIONES PARA TENER EN CUENTA
	Esencial 1	Con modificación Entre 0.99 y 0.75	Rechazado Entre 0 y 0.74	Total CVR	
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					

9.2 Anexo 2. Guion entrevista a profundidad para expertos

Guion de la entrevista:

1. Desde su experiencia como docente investigador o divulgador científico ¿Qué es lo más relevante y que llama la atención aprender a un estudiante de secundaria sobre astronomía?
2. ¿Cómo docente que estrategias didácticas recomienda para la enseñanza de la astronomía en la escuela secundaria?
3. ¿Qué métodos y recursos pedagógicos sugiere para la enseñanza de la astronomía en la escuela secundaria?
4. ¿En su concepto que variables influyen en la enseñanza y aprendizaje de la astronomía en la escuela secundaria?
5. ¿Desde su experiencia enseñando astronomía que conocimiento teórico, conceptual, metodológico es importante aprender en la escuela?
6. ¿Cómo en la práctica, el conocimiento astronómico permite resolver problemas científicos en la escuela?
7. ¿Cómo se puede aplicar el conocimiento científico en la escuela para resolver problemas de la vida cotidiana?
8. ¿Cómo el conocimiento astronómico permite a los estudiantes tener diferentes puntos de vista?
9. ¿Cómo el conocimiento astronómico permite a los estudiantes analizar las posibilidades de explicación de los fenómenos científicos, culturales y sociales alrededor de la astronomía?
10. ¿Cómo el conocimiento astronómico permite a los estudiantes argumentar un punto de vista o una teoría desde las evidencias científicas?
11. ¿Cómo el conocimiento astronómico permite a los estudiantes participar de las decisiones de la sociedad de manera informada con el conocimiento adquirido?
12. ¿Cómo el conocimiento astronómico permite a los estudiantes expresar sus ideas con claridad y argumentos?

9.3 Anexo 3. Cuestionarios semiestructurados para docentes pertenecientes a semilleros de astronomía o grupos de investigación.

Preguntas de reflexión para docentes:

Teniendo en cuenta la experiencia en el aula de clase enseñando astronomía a partir de la formación en el planetario o la participación de seminarios se pretende conocer los elementos didácticos que han generado mayor apropiación del conocimiento astronómico.

Contestar las siguientes preguntas a través de un enlace que lleva a un cuestionario en Google Forms: <https://forms.gle/rzSF8FiCjdbssJfW7>

Desde su experiencia en el aula con estudiantes de secundaria, conteste cada pregunta seleccionando las opciones que considere que más se ajustan para esta población en el colegio con respecto a la enseñanza de la astronomía.

1. *¿Qué es lo que llama la atención aprender a un estudiante de secundaria sobre astronomía?*

Contenidos generales:

- a) Observación del cielo
- b) Sistema solar
- c) Exploración espacial
- d) Estrellas
- e) Constelaciones
- f) Origen del universo
- g) Vida extraterrestre
- h) Otros

Contenidos transversales:

- a) La importancia de la astronomía en la cultura humana: Astronomía y mitología, astronomía y arte.
- b) La astronomía y la tecnología: Desarrollo de instrumentos y software.
- c) La astronomía y la sociedad: Impacto de los descubrimientos astronómicos en la vida cotidiana.

Contenidos según los intereses de los estudiantes

- a) Astronomía cultural: Estudio de las cosmovisiones de diferentes culturas.
- b) Astronomía de observación: Construcción de telescopios, astrofotografía.
- c) Astronomía y medio ambiente: Impacto de la contaminación lumínica.

2. *¿Qué métodos y recursos pedagógicos han tenido mayor impacto para la enseñanza de la astronomía en la escuela secundaria?*

Actividades de observación directa

- a) Noches de observación: Organizar salidas para observar el cielo nocturno con telescopios o binoculares.
- b) Construcción de instrumentos simples: Crear instrumentos como relojes solares o cuadrantes para medir el paso del tiempo y la posición de los astros.
- c) Experimentos sencillos: Realizar experimentos para simular fenómenos astronómicos, como eclipses o las fases de la Luna.

Integración de la tecnología

- a) Planetas virtuales: Explorar el universo a través de plataformas en línea que ofrecen visitas virtuales a planetas y otros cuerpos celestes.
- b) Aplicaciones móviles: Utilizar aplicaciones para identificar constelaciones, seguir satélites o visualizar eventos astronómicos.
- c) Simuladores: Utilizar software que permita simular el movimiento de los planetas, estrellas y galaxias
- d) Videos: Utilizar documentales, animaciones y videos explicativos para complementar las clases.

Actividades prácticas

- a) Maquetas: Construir maquetas del sistema solar o de otros objetos celestes para visualizar sus tamaños y distancias a escala.
- b) Juegos de rol: Simular misiones espaciales o debates sobre temas astronómicos.

- c) Proyectos de investigación: Guiar a los estudiantes en la realización de proyectos de investigación sobre temas específicos de astronomía.
- d) Mapas celestes: Utilizar mapas celestes para identificar constelaciones y planetas.

Pedagogías activas

- a) Aprendizaje basado en problemas: Presentar problemas reales relacionados con la astronomía para que los estudiantes busquen soluciones.
- b) Aprendizaje colaborativo: Fomentar el trabajo en equipo para resolver desafíos y compartir conocimientos.
- c) Aprendizaje basado en proyectos: Proponer proyectos que integren diferentes áreas del conocimiento y permitan a los estudiantes aplicar sus habilidades.
- d) Aprendizaje por indagación: Encontrar soluciones a una situación problema a partir de un proceso de investigación

Otros:

- a) Conexión con otras áreas: Relacionar la astronomía con otras disciplinas
- b) Visita a planetarios
- c) Conferencias
- d) Participación en clubes de astronomía o semilleros de investigación
- e) Participación en encuentros de astronomía
- f) Otros

3. *¿Cómo docente que estrategias didácticas han funcionado mejor para la enseñanza de la astronomía en la escuela secundaria?*

- a) Actividades de observación directa
- b) Uso de tecnología
- c) Actividades prácticas
- d) Pedagogías activas
- e) Otros

4. ***¿Qué aspectos de la astronomía permite a los estudiantes mejorar su nivel de alfabetización científica escolar?***
 - a) Conociendo
 - b) Haciendo
 - c) Aplicando
 - d) Resolviendo problemas

5. ***¿Qué aspectos de la astronomía permite a los estudiantes fortalecer habilidades de pensamiento crítico?***
 - a) Plantear problemas
 - b) Evaluar críticamente
 - c) Resolver problemas
 - d) Analizar los métodos de recolección de información
 - e) Interpretar información
 - f) Argumentar datos y eventos astronómicos
 - g) Comunicar a otros miembros de la comunidad educativa.

9.4 Anexo 4. Cuestionarios semiestructurados para estudiantes pertenecientes a semilleros de astronomía.

Título de la investigación: Didáctica de la astronomía para la alfabetización científica escolar y desarrollo de pensamiento crítico en estudiantes de secundaria.

Gracias por participar en este proceso investigativo, sus aportes serán de gran ayuda para mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje de la astronomía en la escuela. Este cuestionario tiene como fin revisar la experiencia con el conocimiento astronómico de los estudiantes de secundaria.

Nombre del participante: _____

Fecha de Nacimiento: _____

Edad: _____

Institución Educativa: _____

Grado escolar: _____

Las preguntas 1 a la 4 son de selección múltiple, puede escoger varias opciones.

Preguntas de reflexión para estudiantes:

1. *Seleccione los contenidos generales que le llaman la atención aprender sobre astronomía:*

- a) Observación del cielo
- b) Sistema solar
- c) Exploración espacial
- d) Estrellas
- e) Constelaciones
- f) Origen del universo
- g) Vida extraterrestre
- h) Agujeros negros
- i) Otros: _____

2. *Con respecto a la astronomía y la relación con la cultura humana que contenido le gustaría aprender:*

- a) Astronomía y mitología
- b) Astronomía y arte.
- c) Desarrollo de instrumentos y software.
- d) Impacto de los descubrimientos astronómicos en la vida cotidiana.
- e) El cielo interpretado por las diferentes culturas.
- f) Construcción de telescopios
- g) Astrofotografía.
- h) Astronomía y medio ambiente.
- i) Otros: _____

3. *¿Qué actividades le llaman más la atención para aprender astronomía?*

- a) Noches de observación: Organizar salidas para observar el cielo nocturno con telescopios o binoculares, o a simple vista.
- b) Construcción de instrumentos simples: Crear instrumentos como relojes solares o cuadrantes para medir el paso del tiempo y la posición de los astros.
- c) Experimentos sencillos: Realizar experimentos para simular fenómenos astronómicos, como eclipses o las fases de la Luna.
- e) Planetas virtuales: Explorar el universo a través de plataformas en línea que ofrecen visitas virtuales a planetas y otros cuerpos celestes.

- f) Aplicaciones móviles: Utilizar aplicaciones para identificar constelaciones, seguir satélites o visualizar eventos astronómicos.
 - g) Simuladores: Utilizar software que permita simular el movimiento de los planetas, estrellas y galaxias
 - h) Videos: Utilizar documentales, animaciones y videos explicativos para complementar las clases.
4. *¿Qué actividades prácticas le llaman más la atención para aprender astronomía?*
- a) Maquetas: Construir maquetas del sistema solar o de otros objetos celestes para visualizar sus tamaños y distancias a escala.
 - b) Juegos de rol: Simular misiones espaciales o debates sobre temas astronómicos.
 - c) Proyectos de investigación: Realizar proyectos de investigación sobre temas específicos de astronomía.
 - d) Mapas celestes: Utilizar mapas celestes para identificar constelaciones y planetas.
5. *¿Cómo le gusta trabajar en las clases para aprender astronomía?*
- a) Partiendo de problemas reales relacionados con la astronomía para buscar soluciones.
 - b) Con trabajo en equipo para resolver desafíos y compartir conocimientos.
 - c) Proponiendo proyectos que integren diferentes áreas del conocimiento.
 - d) Encontrar soluciones a una situación problema a partir de un proceso de investigación.
6. *¿En qué otras actividades también aprenden astronomía?*
- a) Visita a planetarios
 - b) Asistir a Conferencias
 - c) Participación en clubes de astronomía o semilleros de investigación
 - d) Participación en encuentros de astronomía
 - e) Otros: _____
7. *¿En su concepto que puede afectar el aprendizaje de la astronomía en la escuela?*
8. *Mencione alguna teoría científica que pueda argumentar desde lo que conoce sobre astronomía.*
9. *Mencione algún conocimiento astronómico que haya permitido tomar decisiones como sociedad.*
10. *Teniendo en cuenta lo aprendido sobre astronomía explique algún fenómeno o teoría.*
-

9.5 Anexo 5. Consentimientos y asentimientos informados.

Asentimiento informado para participantes menores de 18 años

Título de la investigación: Didáctica de la astronomía para la alfabetización científica escolar y desarrollo de pensamiento crítico en estudiantes de secundaria.

Nombre del participante: _____

Fecha de Nacimiento: _____

Edad: _____

Institución Educativa: _____

Grado escolar: _____

Descripción de la investigación:

Es de mi interés invitarle a participar en esta investigación, que tiene como objetivo formular una propuesta para la didáctica de la astronomía que desarrolle pensamiento crítico y aporte en la alfabetización científica escolar para estudiantes de secundaria. Estará convocado/a participar de las actividades propuestas, aportar sus ideas de mejora, completar el cuestionario de preguntas, socializar su percepción sobre el proceso didáctico y al final evaluar la propuesta didáctica.

Nos reuniremos en un espacio acordado con la docente titular de Química, para realizar una sesión de trabajo y que darán cuenta del desarrollo de esta investigación. La sesión de trabajo será de dos horas de clase.

Así mismo, usted no incurrirá en ningún gasto económico, los materiales serán aportados por la docente. Cualquier tipo de pregunta la pueden realizar a la docente - investigadora: Yaneth Rosalba González Triana, al contacto 3133949894 o al correo electrónico yanethgonzalez@usantomas.edu.co

En la sesión de trabajo, le pediré que:

1. Escuche activamente las indicaciones sobre la actividad a trabajar.
2. Participe de manera voluntaria, siendo respetuoso/a con los tiempos asignados para este espacio.
3. Exponga sus ideas, reconociendo que usted contribuye al fortalecimiento de la propuesta para la didáctica de la astronomía.

Beneficios:

Los beneficios que se esperan al finalizar esta investigación son de carácter personal y comunitario, en donde se contempla que usted y la comunidad educativa participante aporten elementos que mejoren la didáctica de las ciencias naturales y la astronomía para el desarrollo del pensamiento crítico, además de ampliar los conocimientos en astronomía

Riesgos:

De acuerdo con las consideraciones éticas para estudios con seres humanos, la participación en esta investigación es de bajo riesgo. El estudio se centrará en evaluar la propuesta didáctica para la astronomía y

evidenciar si aporta al desarrollo del pensamiento crítico. Se implementará dos cuestionarios: un cuestionario que dará cuenta de algunas metodologías propias de la didáctica de la astronomía y otro que permitirá saber del desarrollo de algunas habilidades de pensamiento crítico y alfabetización científica escolar. Durante la participación, es posible que surjan momentos de confusión o cansancio; si esto ocurriera, usted tiene el derecho de pausar o retirarse del estudio en cualquier momento.

Almacenamiento de la información:

Su identidad será tratada de forma confidencial y será protegida durante y después de la realización del estudio de varias formas:

Su nombre y sus datos de identificación solamente serán registrados en el consentimiento informado que será archivado por la investigadora y únicamente la investigadora principal y el director de esta investigación tendrán acceso a esta información.

Tiempo:

La participación en esta investigación requiere de una sesión que se realizará según el horario acordado.

Derechos de los participantes

1. He leído y discutido la descripción de la investigación con la investigadora principal. He tenido la oportunidad de hacer todas las preguntas que surgieron respecto a los propósitos y procedimientos de la investigación.
2. Mi participación en esta investigación es voluntaria. Puedo renunciar a participar en cualquier momento, sin que se afecte mi nota en la clase de Química.
3. Puedo decidir en cuáles actividades no deseo participar
4. Si durante el curso del estudio surge nueva información que pueda cambiar mi disposición a participar en él, la investigadora me proporcionará esta información.
5. Cualquier información derivada del proyecto de investigación que me identifique personalmente, no será publicada sin mi consentimiento explícito.
6. Si en cualquier momento tengo preguntas, puedo contactar a la investigadora principal quien contestará mis preguntas. La información de contacto es:
Yaneth Rosalba González Triana
Celular 3133949894
Correo electrónico yanethgonzalez@usantotomas.edu.co
7. Si tengo preguntas sobre mis derechos en esta investigación, dudas, sugerencias o quejas que no hayan sido resueltas por la investigadora, puedo por escrito dirigir una carta al Rector, como máxima autoridad del Colegio Agustín Fernández, ubicado en la carrera 7 No. 155-20 o enviar un mensaje al correo electrónico coldiagustinfernan1@educacionbogota.edu.co.
8. Debo recibir copia de este documento.

Carta Asentimiento Informado

Yo (nombres y apellidos) _____
autorizo participar en esta investigación denominada “Didáctica de la astronomía para la alfabetización científica escolar y desarrollo de pensamiento crítico en estudiantes de secundaria”.

Marque su decisión a continuación:

- He decidido participar en el estudio
- He decidido NO participar en el estudio

En constancia de mi decisión, aquí escribo mi nombre completo:

Dirección de correo electrónico:

Fecha en la que diligencié este formulario

En caso de alguna emergencia, se pueden contactar con _____,
número de teléfono _____. o a _____, número
de teléfono _____.

Testigos:

Firma: _____

Nombre: _____

C.C. _____

Teléfono: _____

Firma: _____

Nombre: _____

C.C. _____

Teléfono: _____

***Consentimiento informado para participar en una investigación científica
Estudiante menor de edad con representación legal de padre de familia o acudiente.***

Título del proyecto: Didáctica de la astronomía para la alfabetización científica escolar y desarrollo de pensamiento crítico en estudiantes de secundaria.

Responsable: Yaneth Rosalba González Triana

Sede donde se realizará el estudio: Sede A Colegio Agustín Fernández IED - Bogotá D.C. -

Nombre del participante: _____,
identificado con C.C. No. _____.

Se está invitando a su hijo (a) a participar en una investigación científica. Antes de decidir si participar o no, debe conocer y comprender cada uno de los siguientes apartados. Este proceso se conoce como consentimiento informado. Siéntase con absoluta libertad para preguntar sobre cualquier aspecto que le ayude a aclarar sus dudas al respecto. Una vez que haya comprendido el estudio y si usted desea participar, entonces se le pedirá que firme esta forma de consentimiento, de la cual se le entregará una copia firmada con la respectiva fecha.

JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

Esta investigación se convierte en un aporte clave para determinar algunos elementos para la didáctica de la astronomía y en general de las ciencias naturales que podrían mejorar las prácticas de aula de los docentes.

OBJETIVO DEL ESTUDIO

Formular una propuesta para la didáctica de la astronomía que desarrolle pensamiento crítico y aporte en la alfabetización científica escolar para estudiantes de secundaria.

BENEFICIO DEL ESTUDIO

Los beneficios que se esperan al finalizar esta investigación son de carácter personal y comunitario, en donde se contempla que usted y la comunidad educativa participante aporte elementos que mejoren la didáctica de las ciencias naturales y la astronomía para el desarrollo del pensamiento crítico. Teniendo en cuenta que la astronomía motiva a los estudiantes en las clases permitirá también fortalecer habilidades de pensamiento científico y crítico, muy importantes para el desarrollo académico de los estudiantes.

RIESGOS DEL ESTUDIO

El estudio presenta un bajo riesgo debido a que se llevará a cabo dentro de la institución educativa y los estudiantes participaran de manera voluntaria para aportar sus precepciones frente al trabajo que se realizó en temas de astronomía.

Si surge algún accidente que sea de atención de urgencia médica, se tendrá a disposición la póliza de accidentes que maneja la institución educativa y que el padre de familia puede presentar con el documento de identidad o el carnet de salud del estudiante en los centros hospitalarios pertenecientes a la EPS donde esté afiliado el estudiante.

ACLARACIONES

No se incurrirá en ningún gasto económico que sea solventado por el estudiante o participante de la comunidad educativa.

La participación en esta investigación es voluntaria. El representado puede renunciar a participar en cualquier momento, sin que se afecte la nota, así mismo, puede decidir en cuáles actividades no desea participar. Si durante el curso del estudio surge nueva información que pueda cambiar la disposición a participar en él, la docente – investigadora proporcionará esta información.

Cualquier tipo de pregunta la pueden realizar a la investigadora: Yaneth Rosalba González Triana, al contacto 3133949894 o al correo electrónico yanethgonzalez@usantotomas.edu.co.

Carta de Consentimiento Informado

Yo, _____ identificado (a) con C.C. _____ de _____, en calidad de representante legal del estudiante _____ con T. I. _____ de _____, acepto que participe en esta investigación denominada “Didáctica de la astronomía para la alfabetización científica escolar y desarrollo de pensamiento crítico en estudiantes de secundaria”.

He leído y comprendido la información anterior y mis preguntas han sido respondidas de manera satisfactoria. He sido informado y entiendo que los datos obtenidos en la investigación pueden ser publicados o difundidos con fines científicos, así como el nombre, material fotográfico, filmico, audios, entrevistas. También se me ha informado que recibiré una copia firmada de este documento con la respectiva fecha en que autorizo su participación.

Firma del participante padre o tutor _____
Fecha

Número de Contacto _____
Correo electrónico

En caso de alguna emergencia, se pueden también contactar con _____, número de teléfono _____.

Testigo _____
Fecha

Testigo _____
Fecha

Esta parte debe ser completada por el investigador (o su representante):

He explicado al Sr(a) _____ la naturaleza y los propósitos de la investigación; le he explicado acerca de los riesgos y beneficios que implica su participación. He contestado a las preguntas en la medida de lo posible y he preguntado si tiene alguna duda. Acepto que he leído y conozco la

normatividad correspondiente para realizar investigación con seres humanos y me apego a ella.

En cumplimiento de la ley 1581 de 2012 "por la cual se dictan disposiciones generales para la protección de datos personales" y su decreto reglamentario 1377 del 2013, se ha solicitado su autorización para tratar (almacenar, usar y circular a terceros) los datos personales e información suministrada durante su participación en esta investigación. Los datos provistos son fundamentales para el cumplimiento de los objetivos relacionados en la investigación y serán usados para ello, guardando la respectiva confidencialidad en el caso que sea necesario. Como titular del dato personal, usted podrá ejercer sus derechos a conocer, actualizar, rectificar, modificar, acceder, o solicitar la supresión de un dato o revocar la autorización otorgada, mediante comunicación a través del teléfono No. 3133949894 o del correo electrónico <yanethgonzalez@usantotomas.edu.co> o por escrito dirigiendo una carta al Rector, como máxima autoridad del Colegio Agustín Fernández IED, ubicado en la carrera 7 No. 155-20 o un mensaje al correo electrónico coldiagustinfernan1@educacionbogota.edu.co.

Su nombre y sus datos de identificación solo se registrarán en el consentimiento informado que se archivará en la casa de la investigadora, así mismo, solo la docente-investigadora principal y el tutor tendrán acceso a esta información.

Una vez concluida la sesión de preguntas y respuestas, se procedió a firmar el presente documento.

Firma del investigador

Fecha

Carta de Revocación del Consentimiento

Didáctica de la astronomía para la alfabetización científica escolar y desarrollo de pensamiento crítico en estudiantes de secundaria.

Investigadora Yaneth Rosalba González Triana

Colegio: Agustín Fernández IED – Bogotá D.C. -

Nombre del participante: _____

Por este conducto deseo informar mi decisión de retirar a mi hijo (a) de esta investigación por las siguientes razones

(opcional): _____

Firma del participante padre o tutor

Fecha

Testigo

Fecha

Testigo

Fecha

9.6 Anexo 6. Preguntas de reflexión Grupo Focal Docentes.

PROGRAMA PLANETARIO PARA PROFES

Título del proyecto: Didáctica de la astronomía para la alfabetización científica escolar y desarrollo de pensamiento crítico en estudiantes de secundaria.

Fecha: _____

Investigador: Yaneth Rosalba González Triana

Observador: _____

Contexto: Sesión 28 planetario para profes / Planetario de Bogotá

No. De Docentes participantes: _____

Teniendo en cuenta la experiencia en el aula de clase enseñando astronomía a partir de la formación en el planetario se pretende conocer los elementos didácticos que han generado mayor apropiación del conocimiento astronómico.

¿Qué elementos didácticos son importantes para la enseñanza de la astronomía en la escuela? _____

De las estrategias didácticas y las temáticas propuestas en las jornadas de capacitación en el planetario. ¿Cuáles se han implementado? ¿Con cuales se generaron aprendizajes significativos? ¿Cuáles motivaron más a los estudiantes?

Teniendo en cuenta las tendencias en la enseñanza y aprendizaje de la astronomía ¿Cuáles se podrían adoptar para el contexto de nuestros colegios?

9.7 Anexo 7. Matriz de análisis de documentos.

Instrumento No.1

Teniendo en cuenta que las experiencias en el aula sobre didácticas para la enseñanza de la astronomía son un insumo importante en la investigación, se recogerá a través de una matriz de análisis de documentos: estrategias, secuencias didácticas, con el objetivo de extraer de esas buenas prácticas los elementos didácticos claves para la enseñanza y aprendizaje de la astronomía. Se realizará una búsqueda en las bases de datos usando como palabras claves “Didáctica de la astronomía en secundaria”, con una ventana de observación de 5 años. (2020-2024). Luego se extraerá la información requerida para completar la matriz y posteriormente se analizará para identificar las apuestas comunes.

Matriz de análisis

Título, año, Objetivo	Población en donde se llevó a cabo la intervención	Contenidos temáticos	Estrategia pedagógica	Recursos pedagógicos	Aprendizajes logrados

9.8 Anexo 8. Matriz FODA evaluación propuesta didáctica.

Instrumento No.5

Matriz evaluación propuesta didáctica.

Atributo	Alcance	Limitación
Relaciona la ciencia, la tecnología, la sociedad y el ambiente (CTSA).		
Observaciones astronómicas.		
Vinculación de la teoría con la práctica.		
Situaciones problema.		
Trabajo interdisciplinar.		
Pedagogías activas.		

9.9 Anexo 9. Carta aprobación CEBIC.

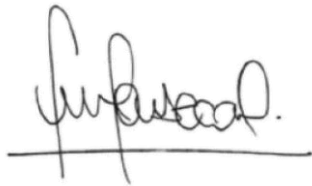
EL COMITÉ DE ÉTICA, BIOÉTICA E INTEGRIDAD CIENTÍFICA DE LA INVESTIGACIÓN EN LA SEDE PRINCIPAL DE LA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS, BOGOTÁ

CONCEPTÚA:

Que previo análisis de la información aportada por el estudiante doctorando en educación, Yaneth Rosalba Gonzalez Triana, el Comité de Ética, Bioética e Integridad Científica de la Investigación (CEBIC) en la sesión del 07 de noviembre de 2024 emite concepto **APROBADO** al proyecto de investigación: “Didáctica de la astronomía para la alfabetización científica escolar y desarrollo de pensamiento crítico en estudiantes de secundaria.”, presentado por segunda vez.

Esta aprobación implica que se reconoce en la propuesta de investigación el cumplimiento de los principales aspectos éticos regulados por la ley colombiana o ratificados por ésta.

El presente Concepto se expide el 12 de noviembre de 2024.



LINA MARÍA FONSECA ORTIZ

Delegada para la presidencia de la Sesión
y profesional en Psicología



JESÚS MARÍA VARELA MILLAN

Secretario del CEBIC

9.10 Anexo 10. Cartas de aprobación Instituciones educativas.



COLEGIO PARAÍSO MIRADOR
INSTITUCIÓN EDUCATIVA DISTRITAL
NIT 830040873-5 CÓD. DANE: 111001047678
Resolución de Aprobación 19009 del 4 de diciembre del 2008
“Formación en valores para una mejor convivencia social”
Preescolar, Primaria, Secundaria, Media y Educación Formal para Jóvenes y Adultos por Ciclos

Bogotá D.C. 21 de octubre de 2024

Señores
Comité de Ética, Bioética e integridad científica (CEBIC)
Universidad Santo Tomás
Ciudad

Asunto: Aval implementación tesis doctoral de la investigadora Yaneth Rosalba González Triana.

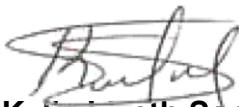
Reciban un cordial saludo

Por medio de esta comunicación me permito comunicarles que como rectora del colegio Paraíso Mirador I.E.D. autorizó la implementación de los instrumentos de investigación que realizara la investigadora Yaneth Rosalba González Triana, identificada con cédula de ciudadanía 52.185.892, para su tesis Doctoral titulada: **Didáctica de la astronomía para la alfabetización científica escolar y desarrollo de pensamiento crítico en estudiantes de secundaria**. Cuyo objetivo principal es “Formular una propuesta para la didáctica de la astronomía que potencie el pensamiento crítico articulado con la alfabetización científica escolar para los estudiantes de secundaria”.

La investigación contará con la participación de 20 estudiantes del grado noveno y el maestro titular de la asignatura de física. Con él se concertará los tiempos y espacios para el desarrollo de esta investigación. Los estudiantes cuentan con el asentimiento y el consentimiento informado por parte de los acudientes para el diligenciamiento del instrumento que requiere la investigación.

El colegio cuenta con las instalaciones adecuadas para la atención de los estudiantes y el desarrollo de la investigación. Salón de clases, cuestionario impreso y lápices para su diligenciamiento.

Cordialmente,



Kyliá Lizeth Santana Bernal

Rectora

Tel. 314 3335308

Correo: klsantanab@educacionbogota.edu.co

Correo Electrónico: escdiparaisomirado19@educacionbogota.edu.co

Dirección: Carrera 27 L # 71 h 46 sur

Barrio: Paraíso Mirador

Localidad Ciudad Bolívar (19)





COLEGIO AGUSTÍN FERNÁNDEZ INSTITUCIÓN EDUCATIVA DISTRICTAL

PEI "CONSTRUCCIÓN Y CONSERVACIÓN DE LA VIDA" – ENFASIS: DISEÑO Y EJECUCIÓN DE PROYECTOS
CÓDIGO ICFCES JORNADA ÚNICA 734186, JORNADA NOCTURNA 056481
DANE 111001029955 NIT 830092890-3 LOCALIDAD USAQUÉN

Resolución de Integración N° 1652 del 24/05/2002 – Resolución Aprobación de Estudios N° 7437 del 13/11/1998
Resolución N° 01-0037 del 06/04/2017 – Resolución N° 0335 del 11/02/2019 y Resolución N° 1768 de 28/06/2019 *por las cuales se autoriza prestación del Servicio Educativo en Jornada Única.* – Resolución No 001 del 18/01/2022 por la cual se modifica la Resolución 1652 de 2002 y se concede ampliación del servicio educativo en la sede transitoria D - los Pisingos.

Bogotá D.C. 19 de octubre de 2024

Señores

Comité de Ética, Bioética e integridad científica (CEBIC)

Universidad Santo Tomás

Ciudad

Asunto: Aval implementación tesis doctoral de la investigadora Yaneth Rosalba González Triana.

Reciban un cordial saludo.

Por medio de esta carta me permito comunicarles que como rector del colegio **Agustín Fernández I.E.D** autorizó la implementación de los instrumentos de investigación que realizara la investigadora Yaneth Rosalba González Triana, identificada con cédula de ciudadanía 52.185.892, para su tesis Doctoral titulada: **Didáctica de la astronomía para la alfabetización científica escolar y desarrollo de pensamiento crítico en estudiantes de secundaria**, cuyo objetivo principal es "Formular una propuesta para la didáctica de la astronomía que potencie el pensamiento crítico articulado con la alfabetización científica escolar para los estudiantes de secundaria".

La investigación contará con la participación de 20 estudiantes del grado noveno, 10 estudiantes de grado once y el maestro titular de la asignatura de Ciencias naturales. Con él se concertará los tiempos y espacios para el desarrollo de esta investigación. Los estudiantes cuentan con el asentimiento y el consentimiento informado por parte de los acudientes para el diligenciamiento del instrumento que requiere la investigación.

El colegio cuenta con las instalaciones adecuadas para la atención de los estudiantes y el desarrollo de la investigación. Salón de clases, cuestionario impreso y lápices para su diligenciamiento.

Agradezco su atención.



Eduardo Ramírez Osorio

Rector

Teléfono 3002069223

Correo coldiagustinfernan1@educacionbogota.edu.co

SEDE A Carrera 7 No. 155-20

SEDE B Carrera 1 A No. 161-24, SEDE C Carrera 1 ESTE No. 163-60, SEDE PISINGOS Carrera 7 No. 158-41

Teléfonos 6791049 – 6710239 – 6718876 / 3002069223

Correo institucional coldiagustinfernan1@educacionbogota.edu.co

Secretaría de Educación De Distrito – Av. Eldorado No. 66 – 63

PBX: 324 10 00 Fax: 315 34 48 www.educacionbogota.edu.co

Información: Línea 195



SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN

BOGOTÁ

Bogotá D.C. octubre 23 de 2024

Señores

Comité de Ética, Bioética e Integridad Científica -CEBIC-

Universidad Santo Tomás

Ciudad

Asunto: Aval implementación investigación tesis doctoral docente - investigadora

Yaneth Rosalba González Triana

Respetados Señores:

En calidad de Coordinador del Programa Planetario para Profes (PPP) del Planetario de Bogotá, me permito comunicarles que avalo la implementación de la investigación que realizará la docente investigadora Yaneth Rosalba González Triana, identificada con cédula 52.185.892, como parte de su tesis doctoral titulada: ***Didáctica de la astronomía para la alfabetización científica escolar y desarrollo de pensamiento crítico en estudiantes de secundaria***, cuyo objetivo es formular una propuesta para la didáctica de la astronomía que desarrolle pensamiento crítico y aporte en la alfabetización científica escolar para estudiantes de secundaria.

Para la implementación de la investigación, se contará con la participación voluntaria de los docentes que hacen parte del Programa PPP que orienten a estudiantes de secundaria, para construir el desarrollo del objetivo de su tesis doctoral. Cuenta con los respectivos permisos de manejo de imagen para tomar videos, audios, fotografías entre otros instrumentos adicionales que requiera.

Finalmente, desde el Planetario de Bogotá la docente investigadora contará con los espacios y tiempos para el éxito de la investigación.

El título de la investigación está sujeto a cambio según el desarrollo de la investigación. Cordialmente,



Jorge Ernesto Guevara Burgos

Profesional Especializado

Planetario de Bogotá

Bogotá D.C. 22 de octubre de 2024

Señores
Comité de Ética, Bioética e integridad científica (CEBIC)
Universidad Santo Tomás
Ciudad

Asunto: Aval implementación tesis doctoral de la investigadora Yaneth Rosalba González Triana.

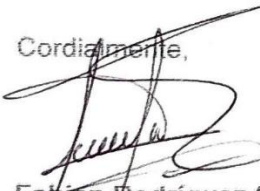
Reciban un cordial saludo

Por medio de esta carta me permito comunicarles que como rector del colegio **Elisa Mujica Velásquez I.E.D** autorizó la implementación de los instrumentos de investigación que realizara la investigadora Yaneth Rosalba González Triana, identificada con cédula de ciudadanía 52.185.892, para su tesis Doctoral titulada: **Didáctica de la astronomía para la alfabetización científica escolar y desarrollo de pensamiento crítico en estudiantes de secundaria**. Cuyo objetivo principal es "Formular una propuesta para la didáctica de la astronomía que potencie el pensamiento crítico articulado con la alfabetización científica escolar para los estudiantes de secundaria".

La investigación contará con la participación de 10 estudiantes del grado noveno, 5 docentes y la docente investigadora. Con ella se concertará los tiempos y espacios para el desarrollo de esta investigación. Los estudiantes cuentan con el asentimiento y el consentimiento informado por parte de los acudientes para el diligenciamiento del instrumento que requiere la investigación.

El colegio cuenta con las instalaciones adecuadas para la atención de los estudiantes y el desarrollo de la investigación. Salón de clases, cuestionario impreso y lápices para su diligenciamiento.

Cordialmente,



Fabian Rodríguez Currea

Rector

Tel. 3005651885

Correo: col.elisa.mujica.velasquez@educacionbogota.edu.co



COLEGIO RODRIGO LARA BONILLA IED



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN

PEI: Democracia y Derechos Humanos en la Educación Formal

Aprobación Oficial Preescolar, Primaria Básica y Media Resolución No 7561 del 24 de noviembre de 1998 Resolución de integración No 2852 del 16 de septiembre de 2002 Resolución por la cual se adopta el nombre definitivo del colegio No. 3649 del 15 de noviembre de 2002

Dane Sede A 111001036781 Dane Sede B 111001013404

Código ICFES N° 046664

Nit: 860.532.248-2

Bogotá, octubre 25 de 2024

Señores
Comité de Ética, Bioética e integridad científica (CEBIC)
Universidad Santo Tomás
Ciudad

Asunto: Aval implementación tesis doctoral de la investigadora Yaneth Rosalba González Triana.

Reciban un cordial saludo

Por medio de esta comunicación me permito comunicarles que como rectora del colegio Rodrigo Lara Bonilla I.E.D autorizó la implementación de los instrumentos de investigación que realizara la investigadora Yaneth Rosalba González Triana, identificada con cédula de ciudadanía 52.185.892, para su tesis Doctoral titulada: **Didáctica de la astronomía para la alfabetización científica escolar y desarrollo de pensamiento crítico en estudiantes de secundaria.** Cuyo objetivo principal es "Formular una propuesta para la didáctica de la astronomía que potencie el pensamiento crítico articulado con la alfabetización científica escolar para los estudiantes de secundaria".

La investigación contará con la participación de 10 estudiantes del semillero de astronomía y el maestro titular de la asignatura de física. Con él se concertará los tiempos y espacios para el desarrollo de esta investigación. Los estudiantes Ciencias Naturales con el asentimiento y el consentimiento informado por parte de los acudientes para el diligenciamiento del instrumento que requiere la investigación.

El colegio cuenta con las instalaciones adecuadas para la atención de los estudiantes y el desarrollo de la investigación. Salón de clases, cuestionario impreso y lápices para su diligenciamiento.

AMANDA DELGADO MUNÉVAR

Rectora.

Cel: 3004884977

Correo: rectoria@colegiorodrigolarabonilla.edu.co

Resolución 2580 del 27 de Octubre de 2009, expedida por la Secretaría de Educación Distrital, por la cual se autoriza gratuidad total para la educación Las firmas de este Certificado no necesitan ser autenticadas, según Decreto Nacional No. 1543 de julio 27 de 1.976, Párrafo 2 del Ministerio de Educación Nacional. No requiere sello. Decreto 2150 Artículo 11 de 1.995

Sede A: Carrera 43 A No. 66-51 Sur Tels.: 7168031 – 7187796

Sede B: Calle 64 No. 29-19 Sur Tel.:7181047

Sede C: TV 49 No. 59c – 15 Sur

E-mail: coldirodrigolarabo19@educacionbogota.edu.co

Página web: <http://www.colegiorodrigolarabonilla.edu.co>