UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

PROGRAMA DOCTORADO INTERINSTITUCIONAL EN EDUCACIÓN

LAURA RAQUEL ZÚÑIGA GONZÁLEZ

DESARROLLO DE UNA INTERVENCIÓN EN EL AULA PARA UNA EDUCACIÓN EN ENERGÍAS RENOVABLES EN EL NIVEL DE BÁSICA SECUNDARIA, CON ENFOQUE EN CUESTIONES SOCIO CIENTÍFICAS, MEDIANTE LA METODOLOGÍA DESIGN RESEARCH, ARTICULADO A LOS CONTEXTOS SOCIOCULTURALES, AMBIENTALES Y GEOGRÁFICOS ESPECÍFICOS.

2026

LAURA RAQUEL ZÚÑIGA GONZÁLEZ

DESARROLLO DE UNA INTERVENCIÓN EN EL AULA PARA UNA EDUCACIÓN EN ENERGÍAS RENOVABLES EN EL NIVEL DE BÁSICA SECUNDARIA, CON ENFOQUE EN CUESTIONES SOCIO CIENTÍFICAS, MEDIANTE LA METODOLOGÍA DESIGN RESEARCH, ARTICULADO A LOS CONTEXTOS SOCIOCULTURALES, AMBIENTALES Y GEOGRÁFICOS ESPECÍFICOS.

Tesis presentada al Programa de Doctorado Interinstitucional en Educación de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas como requisito para la obtención del título de Doctor en Educación.

Directora: Dra. Adela Molina Andrade

Codirectora: Dra. Maritza Mateus Vargas

BOYACÁ – COLOMBIA

2026

DESARROLLO DE UNA INTERVENCIÓN EN EL AULA PARA UNA EDUCACIÓN EN ENERGÍAS RENOVABLES EN EL NIVEL DE BÁSICA SECUNDARIA, CON ENFOQUE EN CUESTIONES SOCIO CIENTÍFICAS, MEDIANTE LA METODOLOGÍA DESIGN RESEARCH, ARTICULADO A LOS CONTEXTOS SOCIOCULTURALES, AMBIENTALES Y GEOGRÁFICOS ESPECÍFICOS.

Tesis presentada como requisito para la obtención del título de Doctora en Educación con énfasis en la enseñanza de las ciencias, Universidad Distrital F.J.C, avalada por los siguientes evaluadores.

Dra. Adela Molina Andrade (Directora).

Universidad Distrital F.J.C

Dra. Maritza Mateus-Vargas (Codirectora).

Universidad Distrital F.J.C

A mi madre… que desde el cielo ilumina mi camino en cada paso

Agradecimientos

A Dios que ha puesto las personas y situaciones necesarias para que este trabajo de investigación culminara con éxito.

A la doctora Adela Molina Andrade, directora de tesis, por permitirme aprender de su experiencia, sabiduría, constancia y compromiso, que dejaron una huella invaluable en este proceso.

A la doctora Maritza Mateus Vargas, por orientarme en cada fase de este proceso investigativo, con su conocimiento, exigencia y apoyo oportuno, lo que me permitió culminar esta etapa de mi vida.

Al Doctorado Interinstitucional en Educación, sede Universidad Distrital Francisco José de Caldas, a los docentes que orientaron los diferentes seminarios e hicieron posible una sólida y valiosa formación académica.

A los directivos docentes, docentes y estudiantes de la IE Técnico Francisco José de Caldas del municipio de Socotá, por permitir el desarrollo del prototipo de intervención educativa, por trabajar en su implementación, evaluación y retroalimentación, en pro de enfrentar el reto de investigar su propia realidad y proponer alternativas de solución a las problemáticas que aquejan su entorno.

A mi padre, mi hermano, mi madrina, mi pareja, amigas y amigos que con sus palabras de apoyo me han impulsado y me han dado la fortaleza para no desfallecer en esta ardua tarea investigativa.

RESUMEN

El uso de combustibles fósiles como fuente de energía es una problemática global debido a la emisión de gases de efecto invernadero, el calentamiento global, el cambio climático y las limitadas reservas disponibles. Esta problemática es especialmente relevante en el Municipio de Socotá, departamento de Boyacá, Colombia; cuya actividad económica principal consiste en la minería del carbón. En este contexto, la escuela está llamada a propiciar espacios en los que los estudiantes analicen la realidad que configura su vida económica, social, ambiental y ética; reconociendo las implicaciones locales y globales de las problemáticas asociadas a la producción de energía, fortaleciendo el ejercicio de la ciudadanía, al promover una mirada crítica y reflexiva frente a los modelos de desarrollo y las alternativas energéticas.

En ese sentido, la presente investigación se centra en la educación energética, específicamente en la educación en energías renovables, con el objetivo de que los estudiantes identifiquen y evalúen las diversas perspectivas inherentes a la crisis energética actual, considerando fuentes de energía renovables y limpias como alternativas viables. Así, se favorece la formación de ciudadanos informados y comprometidos con los desafíos contemporáneos, capaces de participar en la toma de decisiones y de asumir posturas fundamentadas, con el fin de contribuir a un desarrollo económico y ambiental más sostenible para su territorio.

De igual manera, el análisis de la producción académica publicada en la última década sobre educación en energías renovables (EER) permitió reconocer tanto avances como vacíos que contribuyen a delimitar con mayor precisión el problema de investigación. En particular, se identificó que el abordaje desde cuestiones socio científicas impulsa una mirada sistémica e integradora, coherente con los propósitos formativos de la EER. No obstante, persiste el reto de articular este enfoque con otras perspectivas pedagógicas, como el aprendizaje basado en proyectos y la incorporación del contexto como eje estructurante del proceso formativo, dimensiones que han sido escasamente desarrolladas en la literatura revisada.

Teniendo en cuenta lo anterior, la pregunta de investigación a la cual se le dará respuesta es: ¿Cuáles son los aspectos teóricos y metodológicos que orientan el diseño de una intervención en el aula que mediante prototipos sucesivos basados en CSC, permita lograr que los estudiantes de básica secundaria de la IE Técnica Francisco José de Caldas del municipio de Socotá, identifiquen y propongan

alternativas de solución frente a problemáticas en materia de energías renovables desde un enfoque CTS articuladas a su contexto sociocultural, ambiental y geográfico?

Para dar respuesta a la pregunta de investigación, se utiliza un enfoque metodológico de Investigación en Diseño (Design Research) en la modalidad de estudio de desarrollo. Este enfoque considera la acción educativa como un proceso de investigación colaborativa entre equipos multidisciplinarios y multiprofesionales, implementando prototipos en tres fases: investigación preliminar, prototipado y evaluación, con actividades de reflexión y documentación sistemáticas.

Se realizaron dos iteraciones del prototipo de intervención educativa, en el que los principios de diseño establecidos por la comunidad de práctica orientaron su diseño. La primera iteración fue constituida por cuatro cuestiones socio científicas, con base en las cuales los estudiantes implementaron cinco proyectos de aula basados en energías renovables y no renovables. En la segunda iteración, se ajustaron los principios de diseño con base en los resultados obtenidos y se implementaron dos cuestiones socio científicas, las cuales fueron la base para los proyectos propuestos por los estudiantes dando continuidad a resolver preguntas que quedaron sin responder en la primera iteración.

Los resultados y las narrativas de los actores involucrados evidencian la pertinencia, practicidad y efectividad real del prototipo de intervención educativa basado en cuestiones socio científicas y proyectos de aula, que dan cuenta del impacto de la misma en el contexto del municipio de Socotá. Se espera que los principios de diseño y resultados derivados de esta investigación sirvan de guía para nuevas iniciativas que busquen fortalecer la educación en energías renovables, de manera que se apoyen en estrategias que favorezcan una educación científica de mayor calidad y que, al mismo tiempo, potencien su impacto en las comunidades y en los entornos donde se implementen, promoviendo una ciudadanía más activa y comprometida.

Palabras clave: educación en energías renovables, educación secundaria, enfoque CTS, proyectos de aula, investigación en diseño.

ABSTRACT

The use of fossil fuels as an energy source is a global problem due to greenhouse gas emissions, global warming, climate change, and limited available reserves. This problem is especially relevant in the Municipality of Socotá, Boyacá Department, Colombia [1.1], whose main economic activity is coal mining. In this context, schools are called upon to create spaces where students analyze the reality that shapes their economic, social, environmental, and ethical lives, recognizing the local and global implications of the problems associated with energy production, and strengthening the exercise of citizenship by promoting a critical and reflective perspective on development models and energy alternatives.

In this sense, the present research focuses on energy education, specifically renewable energy education, with the objective that students [2.1] identify and evaluate the various perspectives inherent in the current energy crisis, considering renewable and clean energy sources as viable alternatives. This fosters the development of informed citizens committed to contemporary challenges, capable of participating in decision-making and adopting well-founded positions, in order to contribute to more sustainable economic and environmental development for their region.

Similarly, the analysis of academic publications on renewable energy education (REE) over the last decade revealed both advances and gaps that help to more precisely define the research problem. In particular, it was identified that a socio-scientific approach promotes a systemic and integrative perspective, consistent with the educational goals of REE. However, the challenge remains of articulating this approach with other pedagogical perspectives, such as project-based learning and the incorporation of context as a structuring axis of the educational process—dimensions that have been scarcely developed in the reviewed literature.

Considering the above, the research question to be answered is: What are the theoretical and methodological aspects that guide the design of successive prototypes based on Community of Practice (CSP), enabling secondary school students at the Francisco José de Caldas Technical School in the municipality of Socotá to identify and propose solutions to renewable energy problems from a Science, Technology, and Society (STS) approach, articulated within their sociocultural, environmental, and geographical context?

To answer this research question, a Design Research methodology is used, specifically a development study. This approach views educational action as a collaborative research process among multidisciplinary and multiprofessional teams, implementing prototypes in three phases: preliminary research, prototyping, and evaluation, with systematic reflection and documentation activities.

Two iterations of the educational intervention prototype were carried out, guided by the design principles established by the community of practice. The first iteration consisted of four socio-scientific questions, based on which students implemented five classroom projects focused on renewable and non-renewable energy. In the second iteration, the design principles were adjusted based on the results obtained, and two socio-scientific questions were implemented. These formed the basis for the projects proposed by the students, continuing to address questions left unanswered in the first iteration.

The results and the narratives of the stakeholders involved demonstrate the relevance, practicality, and real effectiveness of the educational intervention prototype based on socio-scientific questions and classroom projects, revealing its impact in the context of the municipality of Socotá. It is hoped that the design principles and results derived from this research will serve as a guide for new initiatives that seek to strengthen renewable energy education, so that they are supported by strategies that favor higher quality scientific education and that, at the same time, enhance their impact on the communities and environments where they are implemented, promoting a more active and committed citizenry.

Keywords: renewable energy education, secondary education, STS approach, classroom projects, design-based research.

TABLA DE CONTENIDO

Capítulo I: ¿Qué perspectivas teóricas y metodológicas aporta la producción de los últimos 10 años en educación sobre energías renovables desde el enfoque CTS? 16

1. PERSPECTIVAS TEÓRICAS 17

1.1 Antecedentes de investigación 19

1.1.1 Educación en Energías renovables 19

1.1.2 Enfoque CTS y Educación Científica. 30

1.2 Problema de investigación 38

1.2.1 Contexto sociocultural, ambiental y geográfico 38

1.2.2 Contexto Conceptual 39

1.3 Justificación 42

1.4 Objetivos 43

1.4.1 Objetivo general 43

1.4.2 Objetivos Específicos 43

1.5 Referentes teóricos 43

1.5.1 Cuestiones Socio Científicas 44

1.5.2 Innovaciones Educativas y Proyectos de Aula 55

2. PERSPECTIVAS METODOLÓGICAS 61

2.1 Paradigma Metodológico de la Investigación 68

2.2 Métodos 69

2.2 Proceso metodológico 69

2.3 Población 73

2.4 Validación 74

3. FASE DE INVESTIGACIÓN PRELIMINAR 75

3.1 Diagnóstico del conocimiento de docentes de la IE Técnica Francisco José de Caldas del municipio de Socotá, acerca del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), Cuestiones Socio Científicas (CSC) y energías renovables (ER) 75

3.1.1 Metodología 76

3.1.2 Resultados 76

3.1.3 Discusión de Resultados 91

3.2 Diagnóstico del conocimiento de los estudiantes de la IE Técnica Francisco José de Caldas del municipio de Socotá acerca de las energías renovables (ER) 95

3.2.1 Metodología 96

3.2.2 Resultados 96
3.2.3 Discusión de Resultados 101
4. CONCLUSIONES 107
Capítulo II: ¿Cuáles son las características sustantivas y procedimentales de una intervención en el aula basada en proyectos de aula y CSC que permita a los estudiantes de básica secundaria de la IE Técnica Francisco José de Caldas del municipio de Socotá, identificar y resolver problemáticas en materia de energías renovables desde un enfoque CTS? 110
FASE DE PROTOTIPADO 111
Resultados y Discusión del Primer Ciclo 126
CSC 1. Socotá: riqueza ecológica y potencial hídrico 126
CSC 2. Antecedentes de las fuentes de energía en Socotá 131
CSC 3. Economía de Socotá 135
CSC 4. El pulmón negro, una consecuencia de la explotación de carbón 138
Proyecto 1. Sistema purificador de agua a través de evaporación impulsado por energía solar 144
Proyecto 2. Campaña informativa para prevenir sobre la enfermedad del pulmón negro (black lung) 147
Proyecto 3. Remediación de la contaminación del suelo por la minería de carbón mediante pacas biodigestoras 150
Proyecto 4. Prototipo de una vivienda alimentada con energía solar 153
Proyecto 5. Prototipo de una vivienda alimentada con energía eólica 156
Etapa Inicial 159
Identificando problemáticas 159
Análisis de información necesaria para definir alternativas de solución 160
Etapa de Desarrollo 163
Propuesta de diseño: identificando objetivos, materiales y procedimiento 163
Implementación, obtención de resultados, análisis y conclusiones 164
Etapa de Evaluación 166
Presentación de los proyectos y retroalimentación 166
Resultados y Discusión del Segundo Ciclo 169
Etapa Inicial Segundo Ciclo 216
Identificando problemáticas mediante el uso de esquemas 216
Análisis de información necesaria para definir alternativas de solución mediante el uso de preguntas metacognitivas 217

Etapa de Desarrollo Segundo Ciclo 218

Propuesta de diseño: identificando objetivos utilizando la metodología SMART 218

Implementación, obtención de resultados, análisis y conclusiones con el apoyo de acudientes 220

Etapa de Evaluación Segundo Ciclo 221

Presentación de los proyectos, autoevaluación, coevaluación, heteroevaluación y retroalimentación 221

CONCLUSIONES 233

Capítulo III: ¿Qué impacto tiene el diseño e implementación de una intervención educativa basada en proyectos de aula y CSC que permita a los estudiantes de básica secundaria de la IE Técnica Francisco José de Caldas del municipio de Socotá, identificar y resolver problemáticas en materia de energías renovables desde un enfoque CTS? 238

FASE DE EVALUACIÓN 239

CONCLUSIONES 248

BIBLIOGRAFÍA 250

ANEXOS ..... ¡Error! Marcador no definido.

ANEXO 1. Diagnóstico mediante grupo focal dirigido a estudiantes grado sexto ..... **¡Error! Marcador no definido.**

ANEXO 2. Prototipo intervención didáctica cuestiones socio científicas para una educación en energías renovables ..... **¡Error! Marcador no definido.**

ANEXO 3. Prototipo intervención didáctica cuestiones socio científicas para una educación en energías renovables- Segundo Ciclo..... **¡Error! Marcador no definido.**

ANEXO 4. Entrevistas realizadas por los estudiantes. ..... **¡Error! Marcador no definido.**

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Etapas del proceso metodológico 70
Tabla 2. Respuestas obtenidas durante la primera sesión 98
Tabla 3. Respuestas obtenidas durante la segunda sesión 99
Tabla 4. Resultados obtenidos durante la tercera sesión 100
Tabla 5. Principios de diseño que orientan la elaboración de prototipos basados en CSC para la EER 111
Tabla 6. Principios de diseño para la elaboración de prototipos basados en ABP.....115
Tabla 7. Ajustes a los principios de diseño que orientan la elaboración de prototipos basados en CSC para la EER 118
Tabla 8. Ajustes a los principios de diseño que orientan la elaboración de prototipos basados en ABP para la EER.....122
Tabla 9 Proyecto “Campaña informativa para prevenir sobre la enfermedad del pulmón negro (black lung)” 147
Tabla 10. Proyecto “Remediación de la contaminación del suelo por la minería de carbón mediante pacas biodigestoras” 150
Tabla 11. Proyecto “Prototipo de una vivienda alimentada con energía solar” 153
Tabla 12. Proyecto “Prototipo de una vivienda alimentada con energía eólica” 156
Tabla 13. Problemáticas del municipio de Socotá identificadas por los estudiantes 170
Tabla 14. Problemáticas identificadas por los estudiantes.....180
Tabla 15. Proyecto “Medida de los parámetros de calidad del agua para determinar la eficacia de un sistema purificador impulsado por energía solar” 199
Tabla 16. Proyecto “Campaña informativa para prevenir sobre la enfermedad del pulmón negro (black lung) mediante un modelo 3D a escala real” 203
Tabla 17. Proyecto “Medida de los parámetros de calidad del suelo para determinar la eficacia del abono obtenido en la paca biodigestora” 206
Tabla 18. Proyecto “Medida de la radiación solar para evaluar la efectividad de alimentar una vivienda con energía solar” 210
Tabla 19. Proyecto “Medida de la velocidad del viento para evaluar la efectividad de alimentar una vivienda con energía eólica” 213
Tabla 20. Planteamiento de objetivos utilizando la metodología SMART 219

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Estrategias pedagógicas y didácticas que utilizan los docentes 76
Gráfica 2. Fases en sus estrategias pedagógicas 76
Gráfica 3. Consideraciones de los docentes sobre el rol del estudiante 77
Gráfica 4. Consideraciones de los docentes sobre el rol del docente 78
Gráfica 5. Materiales y Recursos Didácticos que utilizan los docentes 79
Gráfica 6. Consideraciones de los docentes sobre la evaluación del aprendizaje 80
Gráfica 7. Entendimiento de los docentes sobre la Metodología ABP 81
Gráfica 8. Beneficios que los docentes identifican para sus estudiantes 82
Gráfica 9. Beneficios que los docentes identifican para su labor 83
Gráfica 10. Barreras que los docentes identifican en la implementación del ABP 83
Gráfica 11. Entendimiento de los docentes sobre la CSC 84
Gráfica 12. Beneficios identificados por los docentes a partir del abordaje de CSC 85
Gráfica 13. Beneficios identificados por los docentes a partir del abordaje de CSC 86
Gráfica 14. Barreras que los docentes identifican en el abordaje de CSC 87
Gráfica 15. Conocimiento de los docentes sobre ER 87
Gráfica 16. Conocimiento de los docentes sobre fuentes de energía no renovable 88
Gráfica 17. Impactos positivos identificados por los docentes acerca de las ER 89
Gráfica 18. Impactos negativos identificados por los docentes acerca de las ER 90
Gráfica 19. Conocimientos previos de estudiantes sobre fuentes de energía renovable .. 95
Gráfica 20. Conocimientos previos de estudiantes sobre fuentes no renovables 96
Gráfica 21. Primer criterio de la autoevaluación y coevaluación respectivamente 221
Gráfica 22. Segundo criterio de la autoevaluación y coevaluación respectivamente 222
Gráfica 23. Tercer criterio de la autoevaluación y coevaluación respectivamente 222
Gráfica 24. Tercer criterio de la autoevaluación y coevaluación respectivamente 223
Gráfica 25. Quinto criterio de la autoevaluación y coevaluación respectivamente 224
Gráfica 26. Primera pregunta de la retroalimentación realizada por los asistentes 225
Gráfica 27. Segunda pregunta de la retroalimentación realizada por los asistentes 226
Gráfica 28. Tercera pregunta de la retroalimentación realizada por los asistentes 227
Gráfica 29. Cuarta pregunta de la retroalimentación realizada por los asistentes 228
Gráfica 30. Quinta pregunta de la retroalimentación realizada por los asistentes 229
Gráfica 31. Categorías y porcentaje de citas identificadas en las narrativas 235

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fases y etapas del proceso metodológico 69
Figura 2. Prototipo de CSC para una EER en el municipio de Socotá (Boyacá)..... 112
Figura 3. Prototipo de estrategia ABP para una EER en el municipio de Socotá (Boyacá) 114
Figura 4. Ajustes del prototipo de CSC para una EER en el municipio de Socotá (Boyacá) para la segunda iteración 119
Figura 5. Ajustes del prototipo de estrategia ABP para una EER en el municipio de Socotá (Boyacá) para la segunda iteración 123

Capítulo I: ¿Qué perspectivas teóricas y metodológicas aporta la producción de los últimos 10 años en educación sobre energías renovables desde el enfoque CTS?

1. PERSPECTIVAS TEÓRICAS

La dependencia a combustibles fósiles para la generación de energía ha sido una constante en el desarrollo industrial y tecnológico de las sociedades contemporáneas. Esta dependencia ha traído consigo una serie de problemáticas ambientales y socioeconómicas, entre las que destacan la emisión de gases de efecto invernadero, el calentamiento global y la inequidad en el acceso a los recursos energéticos. Es por esto que la búsqueda de alternativas sostenibles se ha convertido en una prioridad en la agenda pública y en la producción académica, en la medida en la que investigaciones y políticas internacionales coinciden en señalar la urgencia de transitar hacia modelos de desarrollo que armonicen el crecimiento económico, la equidad social y la protección ambiental. En este contexto, la educación sobre energías renovables emerge como una herramienta crucial para preparar a las futuras generaciones en la adopción de tecnologías limpias y sostenibles (Jennings, & Lund, 2001)

Este enfoque educativo no solo se centra en la transmisión de conocimientos técnicos sobre las distintas fuentes de energía, también busca desarrollar en los estudiantes una comprensión crítica de las implicaciones sociales, económicas y éticas de las decisiones energéticas. González y Meira (2011) dicen que es esencial que la educación en ciencias incluya un análisis profundo de las cuestiones socio científicas para fomentar una ciudadanía informada y comprometida. En este sentido, la integración de un enfoque CTS (Ciencia, Tecnología y Sociedad) en el currículo educativo contribuye para abordar de manera integral los desafíos actuales.

El enfoque CTS permite a los estudiantes adquirir conocimientos científicos, además de reflexionar sobre cómo estos conocimientos interactúan con los contextos sociales, culturales y políticos. Este enfoque es particularmente relevante en el campo de las energías renovables, donde las decisiones tecnológicas tienen un impacto directo en la calidad de vida de las comunidades y en el equilibrio ecológico del planeta. Según Hodson (2011), un currículo que incorpore cuestiones socio científicas y un enfoque CTS puede desarrollar en los estudiantes competencias críticas, como la capacidad de evaluar la viabilidad y la sostenibilidad de distintas tecnologías energéticas.

La presente investigación se centra en el desarrollo de prototipos educativos basados en Cuestiones Socio Científicas (CSC) y proyectos de aula en el nivel de educación secundaria básica del Colegio Francisco José de Caldas, en el municipio de Socotá, Boyacá. El objetivo es diseñar e implementar estrategias educativas que permitan a los estudiantes identificar y resolver problemáticas relacionadas con las energías renovables, integrando dimensiones sociales, ambientales y económicas. Para ello, se adoptará la metodología de Design Research, en su modalidad de estudio de desarrollo, que se caracteriza por su enfoque colaborativo y su ciclo iterativo de diseño, implementación y evaluación.

Esta metodología permite una interacción constante entre los investigadores, los docentes y los estudiantes, favoreciendo una reflexión crítica y una adaptación

continua de los prototipos educativos. El proceso se estructura en tres fases: investigación preliminar, prototipado y evaluación. En la fase de investigación preliminar, se parte de la revisión de la literatura sobre Educación en Energías renovables, enfoque CTS, cuestiones socio científicas y la metodología de aprendizaje basado en proyectos, mediante el Mapeamiento Bibliográfico Informacional de 270 artículos, leídos y analizados. Dicha revisión se presenta en los antecedentes y referentes teóricos de la presente tesis doctoral. Posteriormente, se realizó un diagnóstico exhaustivo de la situación educativa en el Colegio Francisco José de Caldas del municipio de Socotá, identificando las necesidades y las expectativas de los estudiantes y docentes en relación con la educación en energías renovables.

En la fase de prototipado, se diseñó e implementó el prototipo de la cuestión socio científica alrededor de la minería del carbón en el municipio de Socotá y sus impactos asociados a nivel ambiental, social, económico y ético; a partir de la cual los estudiantes propusieron diferentes proyectos de aula, integrando actividades y materiales didácticos que promovieron la reflexión crítica y el aprendizaje activo.

La fase de evaluación se centra en la valoración de la efectividad de los prototipos educativos, mediante la recopilación y análisis de datos cualitativos y cuantitativos. Se utilizaron instrumentos de evaluación como narrativas para medir el impacto de la intervención en el conocimiento, las actitudes y las habilidades de los estudiantes. Asimismo, se analizaron las nociones de los docentes y se exploraron las posibilidades de replicación y adaptación de los prototipos en otros contextos educativos.

El desarrollo de esta investigación se basa en la premisa de que una educación en energías renovables, contextualizada y crítica, puede contribuir significativamente a la formación de ciudadanos capaces de enfrentar los desafíos ambientales y energéticos del siglo XXI (Jennings, 2009). Se espera que los resultados de esta investigación no solo aporten al campo de la educación en ciencias, sino que también ofrezcan orientaciones prácticas para la implementación de políticas educativas en energías renovables en Colombia y otros países con contextos similares.

La presente investigación doctoral se propone no sólo como un aporte académico, sino también como una intervención educativa concreta que busca promover un cambio significativo en la educación secundaria del municipio de Socotá. Mediante la integración de cuestiones socio científicas y el desarrollo de proyectos de aula contextualizados, se busca propiciar en los estudiantes una comprensión crítica de las energías renovables y de las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad. Asimismo, se pretende que reconozcan las posibilidades y limitaciones de su entorno para la adopción de estas alternativas, de modo que puedan participar de manera informada en la construcción de opciones que favorezcan un desarrollo económico sostenible, en equilibrio con la protección del ambiente, la salud y las dinámicas sociales del territorio.

1.1 Antecedentes de investigación

En este apartado se presentan los antecedentes relevantes de la investigación, con especial atención a la formulación de la pregunta de investigación y a los avances en la conceptualización de las perspectivas generales que fundamentan esta propuesta. La revisión de la literatura sobre Educación en Energías Renovables, abarcando la última década, ha permitido identificar cinco categorías: formación de profesores, metodologías de enseñanza, materiales didácticos, currículo y políticas públicas. Estos elementos configuran un marco teórico y metodológico que ofrece una base para explorar y desarrollar nuevas aproximaciones educativas. En particular, la pregunta de investigación planteada —referente a los aspectos teóricos y metodológicos que guían el diseño de prototipos educativos sucesivos basados en proyectos de aula y Cuestiones Socio Científicas (CSC)— busca entender cómo estos pueden facilitar que los estudiantes de básica secundaria de la Institución Educativa Técnica Francisco José de Caldas en Socotá identifiquen y resuelvan problemáticas relacionadas con las energías renovables desde un enfoque de Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS), ajustado a su contexto sociocultural, ambiental y geográfico.

A través de esta revisión se ha evidenciado que, si bien existen avances significativos en cada una de las categorías mencionadas, la integración completa de un enfoque CTS en la educación en energías renovables sigue siendo limitada. La formación de profesores, por ejemplo, ha progresado en la capacitación técnica, pero aún requiere un fortalecimiento en competencias críticas y contextuales. Las metodologías de enseñanza han evolucionado hacia enfoques más participativos y reflexivos, sin embargo, su aplicación en contextos específicos de energías renovables y CTS es aún incipiente. Los materiales didácticos, aunque variados, necesitan una mayor contextualización y relevancia para los desafíos locales. Del mismo modo, los currículos y políticas públicas deben ser revisados para asegurar que aborden de manera integral las dimensiones éticas, sociales y ambientales de las energías renovables (Zúñiga-González y Molina-Andrade, 2023). Este análisis subraya la necesidad de una investigación más profunda que permita diseñar e implementar prototipos educativos que no solo transfieran conocimientos técnicos, sino que también promuevan una comprensión crítica y contextual de las energías renovables entre los estudiantes.

1.1.1 Educación en Energías renovables

Las energías renovables (ER) representan una alternativa prometedora frente a la crisis energética global resultante del uso excesivo de recursos naturales (Ballesteros y Gallego, 2019, p. 4). La innovación tecnológica en la producción, transformación, distribución y consumo de energía a partir de fuentes renovables puede mitigar la dependencia de combustibles fósiles, reducir la emisión de gases de efecto invernadero y sus consecuencias negativas, como el calentamiento global, el cambio climático, los impactos en la producción agrícola, la gestión de recursos hídricos, desastres y migraciones (Genç y Akilli, 2019). Además, puede proporcionar un suministro energético sostenible para satisfacer la demanda global (Güiza et al, 2019). Otras ventajas mencionadas por Jain et al. (2002), Terrapon-Pfaff et al. (2014) y Blackmore et al. (2011) incluyen la diversificación del suministro

de energía, servicios de calefacción, iluminación, refrigeración, especialmente en las zonas rurales, aliviando las problemáticas relacionadas al uso de leña y contribuyendo al desarrollo sostenible de los territorios en función de las necesidades sociales y económicas actuales y futuras.

Sin embargo, a pesar de los avances en la implementación y el uso eficiente de las ER, persisten desafíos significativos. Estos incluyen la necesidad de incrementar la confianza pública, desarrollar políticas y legislación adecuadas, ofrecer incentivos económicos y fortalecer la educación para fomentar el crecimiento, desarrollo e implementación de estas tecnologías (García et al., 2014; Ocetkiewicz et al., 2017). En este sentido, Santos-García et al. (2025) ponen de relieve la importancia del desarrollo de las tecnologías de energía renovable no sólo para reducir las tensiones asociadas al uso de combustibles fósiles, sino también por su carácter sostenible y descentralizado en relación con la consolidación de sociedades más justas y equitativas, que mejoren las condiciones de vida en contextos de vulnerabilidad.

En este marco, la educación en energías renovables adquiere un papel central, ya que permite formar ciudadanos críticos y responsables, conscientes de las implicaciones ambientales, sociales y éticas del uso de la energía, a través de experiencias educativas como proyectos comunitarios, iniciativas escolares y la incorporación de tecnologías limpias, se fortalecen procesos de participación, autogestión y resiliencia local.

Por otro lado, la educación es un componente fundamental para dotar a los ciudadanos y a la fuerza laboral con los conocimientos, actitudes y comportamientos necesarios para una eficiencia energética y protección ambiental efectiva (Zafar et al., 2020). Esto se traduce en una demanda creciente de soluciones energéticas más limpias, el desarrollo de tecnologías de ER, un incremento en las oportunidades profesionales y una mayor conciencia ambiental (Benítez et al., 2020). El éxito de la transición hacia fuentes de ER depende en gran medida de la aceptación y el apoyo de los ciudadanos, quienes no solo serán los futuros consumidores de energía, sino que también desempeñarán roles clave en el mercado y en la toma de decisiones sobre la producción energética (Oluoch et al., 2020).

Por tanto, para la mayoría de los países desarrollados, el impulso de la Educación en Energías Renovables (EER) y en consecuencia de las tecnologías de ER, sería una oportunidad de acuerdo con Posso, F. (2002), Del Río y Burguillo (2009), Panwar et al. (2011), González et al. (2017), Lowan (2017), Ballesteros et al. (2018), Wang y Wang (2020) para disponer de fuentes energéticas seguras y limpias en contraposición a los combustibles fósiles, sumamente sensibles a perturbaciones geopolíticas; minimizar los impactos ambientales y erradicar la pobreza; acrecentar la conciencia colectiva sobre los nocivos efectos ambientales del actual sistema energético, con la consecuente presión sobre los gobernantes e industrias; crear empleo y promover la participación activa de la comunidad contribuyendo al desarrollo regional y la preservación cultural; minimizar la migración de áreas rurales hacia áreas urbanas y alcanzar la independencia energética creando una industria nacional.

Por lo tanto, es imperativo desarrollar una educación en energías renovables (EER) que responda a las demandas del siglo XXI, estructurada en torno a un proceso educativo centrado en el estudiante, integral, interactivo y colaborativo (Márquez, 2019). El enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) facilita este proceso formativo, promoviendo una comprensión profunda de las cuestiones y problemas energéticos contemporáneos a nivel global, nacional y regional, así como de las posibles soluciones. Este enfoque es esencial para preparar a los individuos para los roles de ciudadanía actuales y futuros, asegurando una participación informada y comprometida en la transición energética (Strieder et al., 2017).

1.1.1.1 Formación de profesores

La formación de docentes en energías renovables (ER) es crucial, ya que estos profesionales, a través de su visión del mundo, tienen un impacto multiplicador en sus estudiantes (Pro-Bueno y Martínez, 2017). Son ellos quienes llevan al aula las realidades globales y desempeñan un papel fundamental en la educación en energías renovables (EER) (Vilches y Gil, 2012). Los primeros pasos en la capacitación de profesores en ER pueden rastrearse hasta Andersen (1986) en su artículo *A Model For Renewable Energy Education*, donde describe los resultados de seis años de implementación de un programa de licenciatura en tecnologías de energías renovables en el Jordan College Energy Institute. Este programa se enfoca en aplicaciones prácticas y en fomentar la conciencia pública sobre ER, justificando la necesidad de una EER que combine teoría y práctica, enfatizando la investigación como un componente esencial de la educación de calidad. Entre los métodos propuestos se incluyen proyectos de laboratorio diseñados, construidos y probados por equipos de estudiantes, servicios de consultoría para propietarios de viviendas, empresarios y municipios sobre eficiencia energética, opciones de pasantías en áreas relacionadas con la energía y visitas a instalaciones de ER.

De manera similar, Walz et al. (2016) documentan el impacto de un programa internacional de desarrollo profesional en EER para docentes. A través de experiencias de intercambio, los participantes realizaron investigaciones informales, lecturas, encuestas e informes, comparando la industria energética de países como Australia y Alemania con la de Estados Unidos. Los resultados indican que los participantes aumentaron su conocimiento sobre avances, tecnologías y políticas de ER tanto a nivel nacional como internacional. Además, subrayan la importancia de integrar ER en los currículos básicos y equipar las instituciones educativas con recursos para EER, así como la colaboración entre la educación, la industria y los sindicatos para fortalecer la EER. Esta colaboración no sólo renovó los planes de estudio, sino que también modificó la manera en que se interactúa con la industria y se comercializan los programas de ER.

A estos métodos, Ružinsky et al. (1996) añaden la importancia de las conferencias sobre ER, presentando resultados de 17 años de educación en energía solar en diversas universidades de Eslovaquia, que incluyen la producción de tesis doctorales y de posgrado, la publicación de libros de texto universitarios y la instalación de laboratorios especializados. Este estudio destaca que existe espacio en el nivel universitario para incorporar la enseñanza de tecnologías de ER tanto en pregrado como en posgrado, vinculando la energía renovable con los

intereses y actividades de investigación de los docentes, abarcando ciencias físicas e ingeniería.

Mälkki y Alanne (2017) y Filho et al., (2019), destacan que los docentes deben utilizar la investigación actual en ER para identificar problemas reales y planificar proyectos que permitan a los estudiantes experimentar, practicar, evaluar, reflexionar y actuar sobre la sostenibilidad de los sistemas de ER en sus contextos socioculturales, tecnológicos y ambientales. Ordóñez (2017) enfatiza que los docentes deben mantenerse actualizados sobre las innovaciones en ER, fomentando la inventiva tecnológica y el diseño de dispositivos entre los estudiantes, para responder a las necesidades socio-productivas y sustentables derivadas del conocimiento práctico en energías alternativas.

La interacción de los educadores con la sociedad es crucial para atender las necesidades, comprender y tomar decisiones fundamentadas, y ejercer la presión social necesaria sobre los líderes políticos para incorporar la EER en los currículos escolares (Vilches et al., 2014). Solo si los maestros enfocan sus esfuerzos en preservar el ambiente, tienen los conocimientos suficientes sobre las fuentes de ER, percepciones y actitudes positivas hacia el uso de estos recursos, las cuales reflejaran en sus prácticas de enseñanza en el aula; en esa medida el conocimiento, las percepciones, la conciencia, actitudes y comportamientos necesarios pueden incorporarse adecuadamente en el proceso de aprendizaje (Genç y Akilli, 2019), proporcionando a los estudiantes las capacidades adecuadas para abordar los problemas relevantes en materia de ER en el presente y en el futuro (Castro y Gallego, 2015; Qazi et al., 2019).

Sin embargo, estudios como el de Guven y Sulun (2017) revelan que tanto los docentes en formación como los ya formados tienen una comprensión limitada y a veces errónea de las ER, confundiendo a menudo las fuentes renovables con las no renovables. Este déficit se atribuye a la falta de cursos específicos sobre ER en los programas de formación docente y a una insuficiente correlación con situaciones cotidianas. Zyadin et al. (2014) también identificaron que mientras que las energías eólica y solar son relativamente conocidas, otras como la hidroeléctrica, geotérmica, biomasa y de onda son menos comprendidas, lo que indica una necesidad urgente de educación continua y centrada en la práctica.

La motivación de los docentes para enseñar ER se ve favorecida por los beneficios de la EER en términos de mitigación de la contaminación y por las recompensas profesionales que acompañan a este campo de especialización (Ciriminna et al., 2016). Por lo tanto, se recomienda una inversión significativa en la formación de maestros en EER, proporcionando entornos educativos que permitan a los docentes en formación realizar actividades experimentales, comparar tipos y fuentes de energía y aumentar su conocimiento, curiosidad y creatividad en tecnologías de ER (Izgi-Onbasili, 2020).

1.1.1.2 Metodologías de enseñanza

El proceso educativo de las energías renovables (ER) desde un enfoque didáctico requiere considerar varios aspectos relevantes para esta investigación.

Inicialmente, es fundamental crear interés en el tema, lo que se logra proporcionando una comprensión acerca de los principios y conocimientos para la utilización de las ER. Es esencial proporcionar una conexión suficiente entre el aprendizaje escolar con el mundo real, facilitando que los estudiantes puedan aplicar lo aprendido mediante diversas actividades que les permita descubrir, explorar y experimentar a través, por ejemplo, del diseño e implementación de módulos educativos y laboratorios tanto físicos como virtuales. Estas estrategias facilitan la articulación entre teoría y práctica, el uso pertinente de tecnologías de la información y la comunicación adaptadas a contextos de baja conectividad, así como la simulación y la recreación de situaciones en su entorno inmediato (Calle-Fernández et al., 2025).

Adicionalmente, Siregar et al. (2025) destacan la importancia de identificar y confrontar los preconceptos o ideas previas de los estudiantes, con el fin de mejorar la asimilación del conocimiento científico y de diseñar estrategias pedagógicas efectivas que faciliten cambios conceptuales positivos, así como la comprensión de contenidos complejos en relación con las energías renovables (como energía, fuentes renovables, conversión energética, etc.). Çelikler et al. (2016) identifican concepciones y actitudes de estudiantes en Turquía, entre las cuales se encuentran percepciones positivas sobre las ER como amigables con el medio ambiente y útiles para reducir la contaminación y la demanda energética mundial. Sin embargo, los estudiantes a menudo no reconocen si ciertas fuentes, como la energía nuclear y la de hidrógeno, son renovables.

Por otro lado, Janghwan et al. (2015) subrayan que la educación en energías renovables (EER) tiene una identidad propia con habilidades y requisitos específicos, incluyendo técnicas especiales, estándares y una comprensión profunda de la tecnología, los recursos, el diseño de sistemas, la economía, y las políticas relacionadas con las ER. Este enfoque interdisciplinar, debe incorporarse en áreas como las ciencias físicas, la ingeniería, las ciencias sociales y la economía, como parte de los planes de estudio existentes; permitiendo así una comprensión holística de los problemas sociotécnicos relacionados con las ER y el desarrollo sostenible, empleando enfoques innovadores, metodologías abiertas, flexibles y de bajo costo (Stephenson, 2017; Leal et al., 2019). Así mismo, proponen como objetivos de la EER:

- ✓ Desarrollar una conciencia entre los estudiantes sobre la naturaleza y la causa de la crisis energética actual.
- ✓ Concientizar a los estudiantes sobre los diversos tipos de fuentes de energía no renovables y renovables, el potencial de sus recursos y las tecnologías existentes para aprovecharlos.
- ✓ Desarrollar valores y actitudes funcionales en los estudiantes hacia la utilización de fuentes de energía y también permitirles apreciar las dimensiones sociales asociadas de la misma.
- ✓ Propiciar la comprensión de los estudiantes sobre las consecuencias de varias medidas de políticas relacionadas con la energía.

- ✓ Permitir que los estudiantes sugieran estrategias alternativas para resolver la crisis energética en el futuro.

Así mismo, Gallego et al. (2018) manifiestan la necesidad urgente de desarrollar planteamientos innovadores en la enseñanza de las ciencias que preparen a ingenieros, científicos, docentes y planificadores de energía para trabajar con ER, para producir sistemas de generación de energía sostenible y para educar energéticamente a las nuevas generaciones. Ellos mencionan cuatro objetivos básicos en los que se fundamenta la EER:

- ✓ Educativo: El estudio de las fuentes de energías renovables y no renovables, su potencial, las tecnologías existentes, sus implicaciones económicas, las tecnologías energéticas, sus características socio-culturales y los aspectos ambientales.
- ✓ Energético: La necesidad de utilizar las distintas formas de energía: Solar, fotovoltaica, térmica, energía de biomasas, eólica, mareomotriz, geotérmica, hidráulica.
- ✓ Social: La necesidad de contribuir al desarrollo social, económico y político de los pueblos.
- ✓ Técnico: Desarrollo de nuevas técnicas de estudio e incorporación de las energías renovables para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero y reducir el calentamiento global mediante la sustitución de fuentes de energía convencionales.

En ese sentido, Hoque et al. (2022) destacan que la EER puede jugar un papel crucial en la promoción del desarrollo sostenible, mejorando la calidad de vida y sensibilizando sobre la conservación de la energía y el uso de fuentes renovables; posibilitando la investigación y el desarrollo de procesos de innovación con el fin de evaluar la resolución de problemáticas en materia de energía a partir de un mayor uso de ER, de los estándares de confiabilidad y eficiencia de estas tecnologías, de su difusión y rápida adopción.

De la misma manera, la EER debe incluir contextos que permitan a los estudiantes relacionar su aprendizaje con situaciones de la vida real, promoviendo una conciencia crítica y la capacidad de resolver problemas reales relacionados con la energía (Miralles, 2012; Prochnow et al. 2013; Bofferding y Kloser, 2014). De acuerdo con Wrobel (2015) los estudiantes parten de contextos de la vida real en su pensamiento sobre la energía, de manera que el entorno escolar debe ser un espacio para establecer conexiones interdisciplinares y estimular actitudes conscientes de los sujetos por el uso responsable de las fuentes de energía y el respeto al medio ambiente.

En ese sentido, Urquizo et al. (2023) sugieren que el entorno escolar debe ser un espacio para establecer conexiones interdisciplinares, utilizando actividades significativas y con aplicaciones prácticas, aprendizaje experimental, debates, reflexiones y evaluaciones auténticas en las que los estudiantes realizan proyectos contextuales y basados en la vida real; de manera que los estudiantes sean más críticos, conscientes de los suministros de energía alternativos, discutan diferentes

puntos de vista, formulen preguntas, diagnostiquen y propongan soluciones a problemas reales en materia de energía. A estas actividades significativas Mori y Tasaki (2019) agregan proyectos comunitarios; Sumozas (2018) la fotografía; Calderón y Aguirre (2017) la modalidad presencial y a distancia; Do Canto et al. (2017) en línea y multimedia; Quintana et al. (2018) actividades tecnológicas escolares; Zabala y Gallego (2018) problematización, indagación y diseño de propuestas, dispositivos o sistemas; Balibrea y Pro Bueno (2018) unidades didácticas; Pérez y Salcedo (2022) aprendizaje basado en problemas.

Así, la EER debe incorporar una amplia gama de metodologías y enfoques para garantizar que los estudiantes comprendan los aspectos técnicos de las ER y desarrollen una conciencia crítica y responsable sobre su uso. Finalmente, Simonneaux y Simonneaux (2009) destacan la importancia de las controversias socio-científicas (CSC) como herramientas para empoderar a los estudiantes, promover actitudes críticas y capacidades para la participación democrática, preparándose para ser futuros ciudadanos conscientes y tomadores de decisiones en el ámbito de la energía renovable.

1.1.1.3 Materiales didácticos

Una problemática recurrente para los educadores de Energías Renovables (ER) y para las instituciones educativas en países en desarrollo, identificada por Pambudi et al. (2024), es la falta de material didáctico, equipo experimental y herramientas adecuadas de bajo costo. En respuesta a esta necesidad, los autores desarrollaron un kit educativo en ER, diseñado para ser fácilmente transportable, especialmente útil en regiones no urbanas. Este kit incluye equipos experimentales, material didáctico audiovisual, bases de datos y una red de información global, con el fin de proporcionar una experiencia educativa integral y accesible.

En línea con esta propuesta, Bush et al. (2011) subrayan que los materiales didácticos son fundamentales para introducir a los estudiantes en un proceso de enseñanza-aprendizaje innovador, que facilita la adquisición del conocimiento de manera participativa y lúdica. Según Bonza et al. (2008), es esencial que los estudiantes puedan manipular directamente estos materiales, lo que permite un aprendizaje individualizado acorde con las características únicas de cada estudiante. Además, se refuerza la experimentación como base para el conocimiento científico, a través de un software educativo sobre ER, diseñado con un orden de complejidad creciente, adaptado a los conocimientos previos, intereses y habilidades de los estudiantes. Este software, rico en animaciones y colorido, está estructurado para motivar a los estudiantes a profundizar en la construcción de su propio conocimiento, con un método de evaluación interactivo y adaptable a las necesidades individuales.

A este respecto, Bhattacharya (2001) destaca la importancia de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en el desarrollo de nuevos materiales y métodos de enseñanza, especialmente en un campo tan dinámico como el de las ER, donde los contenidos de los libros de texto pueden quedar rápidamente desactualizados. Las nuevas tecnologías ofrecen varios beneficios, como el aumento de la atención de los estudiantes, facilitando un aprendizaje más

rápido y profundo (Stebila et al., 2014); el desarrollo de la capacidad de aprendizaje autodirigido (Youngjoon, 2017); y una experiencia multi-sensorial y emocional más rica, que va más allá de la mera información textual. Además, se promueve un enfoque analítico más profundo hacia el tema de estudio (Nugraini, 2015).

En este contexto, De Silva (2015), Islam y Amin (2012) sugieren que el uso de las tecnologías de la información y la comunicación permiten el fácil acceso al conocimiento y a materiales actualizados que facilitan el aprendizaje de las ER; tales como: diapositivas multimedia con imágenes, animaciones y videoclips; sitios web, libros electrónicos, seminarios web y programas gratuitos como materiales didácticos efectivos. Por otro lado, las herramientas como la web interactiva LSABP, que integra algoritmos y conjuntos de datos espaciales y ambientales accesibles globalmente, para examinar la idoneidad de ubicación de plantas de biomasa; permiten demostrar la aplicabilidad práctica de las tecnologías de ER en la educación (Jeong y González, 2019; Zhao et al., 2022).

De acuerdo con Guo et al. (2022), los laboratorios virtuales representan una herramienta educativa adicional valiosa, al permitir un equilibrio entre teoría y práctica y ofrecer una experiencia de aprendizaje dinámica y atractiva para las nuevas generaciones, nativas de la tecnología (O'Leary et al., 2012; Hammad et al., 2018); los laboratorios virtuales permiten el acceso y análisis de las características y propiedades de las tecnologías de ER, posibilitan estudios en condiciones reales y en diferentes períodos de tiempo, y ofrecen una evaluación eficiente de la actividad estudiantil (Dumitru y Gligor, 2014). Ejemplos de estas implementaciones incluyen los trabajos de Díaz (2013), Vezzoli (2015) y Friman (2017), quienes diseñaron e implementaron sets educativos de prácticas de laboratorio en ER, utilizando dispositivos electrónicos.

Finalmente, es importante señalar que no todos los materiales didácticos dependen de las TIC, en ese sentido, Arias y Gómez (2013), Arias y Tricio (2014) presentan una cartilla para la enseñanza de las Energías Renovables, estructurada para facilitar el aprendizaje de conceptos básicos de una manera accesible. Por otro lado, Agar y Rasi (2008) proponen la construcción de una turbina de Pelton a escala de laboratorio, para ilustrar los principios de la energía hidroeléctrica, proporcionando una experiencia práctica y tangible a los estudiantes.

En tal sentido, la adecuada provisión de materiales didácticos, tanto digitales como físicos, es esencial para el desarrollo efectivo de la educación en ER. Estos recursos deben ser accesibles, adaptativos y actualizables, permitiendo una enseñanza y aprendizaje dinámicos que respondan a las necesidades educativas contemporáneas y a los desafíos específicos de los países en desarrollo.

1.1.1.4 Currículo

La energía es un tema que se aborda en diversos niveles educativos en Colombia, haciendo énfasis en su obtención, utilidad y procesos de transformación. Sin embargo, Moreira (2016) explica que este tema no recibe la relevancia ni la continuidad que debería tener en el currículo. Autores como Juez y Navarro (2008) proponen que los contenidos relacionados con las Energías Renovables (ER) se

integren en diversas asignaturas como Física, Química, Biología, Ciencias Sociales, Economía y Gestión. Esta perspectiva es respaldada por Salimian et al. (2013); Walz et al. (2016) y Ciriminna et al. (2016), quienes abordan la necesidad de desarrollar cursos interdisciplinarios y laboratorios que permitan una capacitación práctica y una investigación más profunda, idealmente en grupos de estudiantes no mayores de quince para maximizar el aprendizaje.

En este contexto, Zyadin et al. (2012) destacan la importancia de incorporar temas de ER en el currículo de ciencias de manera progresiva, alineada con las diferentes etapas de la escolarización, y que refleje la interactividad con la sociedad y el bienestar humano. A este respecto, Rojas-Hoyos y Molina-Andrade (2023) evidencian en sus hallazgos, que son escasas las investigaciones sobre EER que integran la conciencia ambiental y energética en el diseño curricular de las instituciones educativas. Así mismo, señalan la limitada atención que los grupos de investigación otorgan a temas relevantes como el currículo, la diversidad cultural y los estudios de género, a pesar de ser ejes fundamentales para el contexto escolar, lo cual pone de manifiesto la necesidad de avanzar hacia políticas públicas de calidad que impulsen su incorporación y desarrollo dentro de la EER.

Además, estos autores argumentan que la EER no debe limitarse al conocimiento teórico, sino también fomentar habilidades prácticas y aspectos afectivos que motiven a los estudiantes a profundizar en este campo. En este sentido, O'Mara y Jennings (2001) amplían esta idea al señalar habilidades esenciales como la presentación gráfica de datos, el pensamiento analítico y la comprensión de problemas asociados al uso de combustibles fósiles, como el calentamiento global. Por su parte, Leal-Filho et al (2015) añaden la importancia de habilidades como el autoaprendizaje, la escritura, la teorización y la resolución de problemas, elementos críticos en la formación de una ciudadanía informada y consciente.

Dichas habilidades, junto con otras requeridas en el siglo XXI como la flexibilidad, creatividad y adaptabilidad, se potencian en entornos de aprendizaje innovadores. En ese sentido, Blackmore et al. (2011) y Ott et al. (2018) sugieren que estos entornos deben ser activos, comprometidos y centrados en el estudiante, promoviendo un aprendizaje constructivo, social, situado, continuo y colaborativo. Además, resaltan la importancia de la evaluación formativa como un puente esencial entre la enseñanza y el aprendizaje. Estos entornos no solo deben implementarse en todos los niveles educativos, sino también adaptarse a contextos específicos como las áreas rurales, donde la educación formal puede ser limitada.

La Educación en Energías Renovables (EER) en la escuela secundaria es particularmente crucial. Frente a esta premisa, Urquizo et al. (2023) señala la falta de cursos específicos que informen a los jóvenes sobre las perspectivas y posibilidades de empleo en el campo de las ER; Edsand y Broich (2020) advierten que la educación ambiental en Colombia no fomenta un alto nivel de conocimiento y conciencia sobre tecnologías de ER, lo cual es preocupante dado el impacto significativo que estas tecnologías tendrán en el futuro; Friman (2017) y Hammad et al. (2018) justifican la necesidad de una EER efectiva que prepare a los estudiantes

para enfrentar los desafíos energéticos del futuro, facilitando la comprensión de fenómenos, el desarrollo de habilidades prácticas y la evaluación de la eficiencia energética.

Así mismo, Rodríguez-Burbano (2024) afirma que, en el contexto colombiano, la educación ambiental dispone de marcos normativos y orientaciones pedagógicas que respaldan su incorporación en los niveles de educación básica, media y superior. Sin embargo, en la práctica, aún no se logran materializar de manera efectiva dichos lineamientos, evidenciándose una distancia considerable entre las intenciones formativas y los contenidos que realmente se desarrollan en el currículo escolar; lo cual se acentúa cuando se abordan temáticas específicas como las energías renovables, un ámbito emergente que enfrenta desafíos adicionales relacionados con la limitada disponibilidad de infraestructura adecuada, el acceso restringido a recursos tecnológicos y la insuficiente formación del profesorado para su enseñanza.

A nivel técnico, Mendes y Souza (2018) realizaron un diagnóstico a estudiantes de un curso técnico en Medio Ambiente, revelando una deficiencia en el currículo respecto a la enseñanza de ER. Los autores proponen la inclusión de una disciplina específica sobre Energías Renovables y Alternativas con el objetivo de mejorar la calidad educativa y formar ciudadanos críticos y bien informados. En el ámbito de la educación superior, Lucas et al. (2018) enfatizan que los campus universitarios son fundamentales para promover la adopción de prácticas sostenibles y la eficiencia energética, siendo cruciales para el cambio a largo plazo.

Sin embargo, como señala Sabri (2025), la educación en ingeniería no ha logrado integrar de manera sólida la sostenibilidad en términos de educación energética en los planes de estudio convencionales, debido principalmente a la persistencia de paradigmas tradicionales, la falta de interdisciplinariedad, la carencia de experiencias prácticas significativas; lo que requiere una acción inmediata de parte de las instituciones educativas, formadores y centros de investigación. Al respecto, Kacan (2015), Rosenzweig (2016) y Rahmawati et al. (2018), Qazi et al. (2019), enfatizan que los programas de ER deben promover una alta conciencia en los estudiantes y colaborar con la industria para proporcionar una formación práctica relevante. Así mismo, Garzón y Bellon (2023) identifican como retos en la EER en el nivel de educación superior problemáticas sociales acentuadas durante la pandemia COVID-19, insuficiente formación pedagógica de docentes profesionales no licenciados, la transición de la educación presencial a remota, prácticas educativas definidas por el mercado y la consideración de la realidad de los estudiantes y del país.

Leal et al. (2019) destacan que la educación en ER a nivel mundial se ha centrado en la educación superior, con un énfasis en cursos de maestría y desarrollo profesional, pero subrayan la necesidad de investigar la eficacia de estos programas, especialmente los ofrecidos en línea, para garantizar que los estudiantes adquieran las habilidades prácticas necesarias. En tal sentido, Shehzad et al. (2023) comparte la preocupación de la presente investigación, en cuanto a la emergencia de la EER como un componente esencial dentro de los currículos

educativos en los niveles de la educación básica y media; necesaria para desarrollar conciencia ambiental, habilidades científicas, actitudes activas y motivación hacia la sostenibilidad, la toma de decisiones informadas y el desarrollo de competencias para la vida.

1.1.1.5 Políticas Públicas

Como se ha dicho hasta ahora, la educación en energías renovables juega un papel importante en la reducción del deterioro de la calidad ambiental, en el logro de los objetivos del desarrollo sostenible, en el crecimiento económico, en el aumento de oportunidades profesionales (Izgi-Onbasili, 2020). Por tanto, Jennings (2009) y Broman (2018) llegan a la misma conclusión en cuanto a la necesidad de proporcionar EER en todos los niveles, de una manera eficiente y eficaz; y analizan algunos de los desafíos y problemas para los gobiernos de la mayoría de los países en desarrollo. Para ello, se requiere identificar y analizar las necesidades de educación y capacitación en ER teniendo en cuenta los desafíos de esta sociedad y las oportunidades laborales en el campo; proporcionar los insumos necesarios para satisfacer los dominios cognitivo, psicomotor y afectivo de la educación, teniendo en cuenta que la EER (Educación en Energías Renovables) adolece de fondos disponibles en la mayoría de las escuelas, colegios y universidades de los países en desarrollo; y en consecuencia, la falta de instalaciones (aulas, laboratorios, talleres, bibliotecas) y de recursos materiales y humanos adecuados para la enseñanza-aprendizaje de las ER.

A lo anterior Kandpal y Broman (2014) añade que se deberá utilizar una combinación de rutas formales e informales para impartir una EER de manera integral, sobre todo en los países en desarrollo, en donde se importa petróleo a pesar de tener características de insolación, velocidades de viento moderadas y reservas de biomasa para su uso como recurso renovable de gran energía; en donde gran parte de la población todavía no recibe educación a través de escuelas / colegios por la falta de fondos y los problemas socioculturales locales son bastante perjudiciales en la adopción a nivel masivo de tecnologías de ER. Por ejemplo, Guven y Sulun (2019) menciona que en Sudáfrica un número significativo de niños rurales nunca llegan a la escuela y de los que lo hacen, el 25% fracasa en su primer año y nunca regresan; por lo que para remediar estos problemas se debe recurrir a la educación en ER masiva a través de programas de televisión y radio.

De igual manera, Benítez et al. (2020) destacan la importancia crítica de las tecnologías en ER y la EER de los usuarios en el ámbito rural, en donde muchas personas viven por debajo del umbral de la pobreza y en donde el analfabetismo es común; por lo que la calidad de vida podría mejorarse al mismo tiempo que disminuye el impacto sobre el clima mediante la introducción de las ER. A esta idea también llegan Zyadin et al. (2012), cuyos resultados de su investigación muestran que los estudiantes en áreas urbanas y escuelas públicas urbanas cuentan con una mayor conciencia y conocimiento frente a las ER que los estudiantes en áreas rurales y escuelas públicas rurales; teniendo en cuenta que en estas regiones los asuntos más inmediatos, como la generación de ingresos y la alimentación del ganado, generalmente prevalecen sobre el medio ambiente. De manera que se deben implementar estrategias y medidas para informar, preparar, involucrar y

educar en ER a toda la población, tales como reuniones comunitarias; sesiones de capacitación o sensibilización con autoridades tradicionales, líderes comunitarios o religiosos; teatro callejero y otras actividades culturales; marchas y manifestaciones (Mishra, 2016).

De otra parte Acikgoz (2011) y Jennings (2009) agregan a los factores que contribuyen al lento uso de las ER en países en desarrollo, la falta de políticas para promover su uso, la escasez de profesores y formadores cualificados, la falta de conocimientos para desarrollar planes de estudio de ER y la necesidad de experiencia para explotar las tecnologías de ER de manera eficaz; lo que lleva según Luthra et al. (2015) a (i) realizar estudios de campo sobre fuentes de energía renovables, incluidos los recursos humanos, la tecnología disponible, los planes y las políticas científicas y de investigación en curso; (ii) identificar las necesidades de la sociedad, campos de interés, las organizaciones que necesitan capacitación para su personal; (iii) introducir la EER en el plan de estudios de educación nacional; (iv) organizar programas de EER y de medios educativos sobre recursos energéticos renovables (v) garantizar procesos de acreditación y de calidad que debe ser abordada como parte de una política nacional de energía sostenible por los gobiernos y las organizaciones profesionales; (vi) conducir a las comunidades a desarrollar proyectos de ER; todo ello con el fin de crear conciencia entre los estudiantes de que la energía es el principal generador de desarrollo de cualquier nación, permitiéndole apreciar las consecuencias de diversos impactos en la sociedad e inculcándole la forma y la ética adecuadas para mejorar la calidad de vida en el curso de las actividades relacionadas con la energía (Ballesteros y Gallego, 2022).

En este sentido, Córdova-Gutiérrez (2024) plantea la necesidad de que la EER, apoyada en políticas públicas sólidas, el uso de tecnologías avanzadas, una perspectiva CTS y un enfoque integrado y multidisciplinar, promueva el diseño de modelos educativos innovadores. Dichos modelos deben orientarse a la formación de ciudadanos y profesionales capaces de liderar la transición hacia un futuro energético sostenible. Un ejemplo de esta apuesta educativa es la propuesta de Ballesteros y Gallego (2022), cuyo objetivo es generar un impacto ambiental positivo mediante el fomento de actitudes responsables frente al uso de la energía. Esta iniciativa busca que los ciudadanos puedan satisfacer sus necesidades energéticas al tiempo que se contemplan escenarios y estrategias para la mitigación de problemáticas energéticas, el fortalecimiento de la responsabilidad social, la toma de decisiones informadas, la formulación de proyectos, políticas y protocolos ajustados a las necesidades sociales y culturales del contexto geográfico en el que se implementen.

1.1.2 Enfoque CTS y Educación Científica.

El movimiento educativo Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) surgió entre las décadas de 1960 y 1970 en el ámbito universitario de Norteamérica y Europa, y se consolidó posteriormente en la educación secundaria durante los años ochenta, como respuesta crítica a las tensiones sociales, políticas y ambientales derivadas de acontecimientos históricos como las guerras mundiales, desastres tecno-científicos como por ejemplo la explosión en la Central Nuclear de Chernóbil, entre

muchos otros (Montoya-Ocampo, 2022). En este contexto, la formación ciudadana en ciencia y tecnología se encontraba prácticamente ausente de los currículos oficiales, predominando una racionalidad tecnocrática que delegaba la toma de decisiones en especialistas subordinados a intereses económicos y gubernamentales, al tiempo que promovía una fragmentación disciplinar del conocimiento científico, desvinculada de los problemas sociales y ambientales de la época (Martínez y Parga, 2013).

Frente a esta situación, el enfoque CTS cuestionó el productivismo tecnocientífico desregulado y la idea de un progreso científico acrítico (Esteban-Santos, 2003; Acevedo y Acevedo, 2009; López-Cerezo, 2017; Sousa y Nóbrega, 2018), impulsando una revisión del papel de la ciencia y la tecnología en la construcción de las sociedades modernas (Quintero, 2010; Bono y Tenutto, 2018) y promoviendo una visión más reflexiva sobre su impacto ético, social y ambiental en la cultura occidental y en el planeta (Rodríguez y Bermúdez, 2017). De manera que, la educación CTS tuvo como propósito vincular la enseñanza de las ciencias con las vivencias cotidianas del estudiantado y con su comprensión de las problemáticas del entorno, de modo que estas sirvieran como marco significativo para fortalecer el aprendizaje científico (Hodson, 2020).

En la década de los 90, el movimiento CTS se consolidó como una corriente educativa significativa, especialmente en Iberoamérica, donde la Organización de los Estados Iberoamericanos comenzó a ofrecer cursos específicos en 1998. Estos programas desarrollaron tres enfoques didácticos clave: el análisis de controversias tecnocientíficas, que exploran los valores y conflictos subyacentes en los desarrollos científicos; la participación social en la toma de decisiones mediante simulaciones de casos reales; y la promoción de la cultura científica, que utiliza noticias científicas como herramientas educativas (Osorio, 2019). Estos enfoques han facilitado el desarrollo de una comunidad internacional de investigadores y expertos comprometidos con la educación CTS, que participan en congresos, seminarios y publican en revistas especializadas, fortaleciendo una red de colaboración y difusión de este paradigma educativo (Gordillo y González, 2002; Vaccarezza, 2011).

El enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS) refleja una educación progresista que tiene como finalidad fortalecer la alfabetización científica y tecnológica, promoviendo la formación de ciudadanos críticos y responsables, capaces de participar de manera informada en la toma de decisiones democráticas y en la evaluación de las implicaciones sociales de la ciencia y la tecnología (Arango y Romero, 2023). Esta propuesta educativa, de carácter innovador e interdisciplinario, se integra en los distintos niveles del sistema educativo mediante una construcción curricular contextualizada en problemáticas reales de relevancia social (Perales y Aguilera, 2020). En este sentido, la educación CTS no se limita a la transmisión de conocimientos científicos y tecnológicos, sino que fomenta el desarrollo del pensamiento crítico y de valores éticos fundamentales para afrontar desafíos contemporáneos y futuros, como la sostenibilidad ambiental y la equidad social (Martínez y Duarte, 2006).

El enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad-Ambiente (CTSA) surge como una ampliación del enfoque CTS al incorporar la dimensión ambiental y consolidarse, entre las décadas de 1970 y 1980, como un movimiento de renovación curricular e investigación didáctica a nivel internacional (Moya y Brito, 2022). Aunque en la década de 1990 logró una amplia presencia en los currículos educativos, su desarrollo evidenció tensiones entre propuestas instrumentalizadas diseñadas principalmente por especialistas y aquellas que promueven la participación activa del profesorado (Martínez y Parga, 2013). En la enseñanza de las ciencias, el enfoque CTSA permite comprender la ciencia y la tecnología en su contexto social, favoreciendo la formación de sujetos críticos capaces de construir conocimiento y participar de manera responsable y fundamentada en la toma de decisiones, a partir de una enseñanza contextualizada y vinculada a las realidades de los estudiantes (Montoya-Ocampo, 2022).

En el enfoque CTSA se han identificado corrientes de aplicación/diseño, histórica, razonamiento lógico, centrada en valores, sociocultural y socio ecojusticia (Pedretti y Nazir, 2011); las cuales abordan la relación entre ciencia, tecnología y sociedad desde distintos énfasis: la histórica aporta a la comprensión de la naturaleza de la ciencia mediante el análisis de contextos y hechos del pasado; la de aplicación/diseño resalta la resolución de problemas prácticos a través del desarrollo tecnológico y el fortalecimiento de habilidades técnicas e investigativas; mientras que las corrientes centradas en valores y en la socioecojusticia orientan la educación en ciencias hacia la formación de una ciudadanía crítica e informada, incorporando la reflexión ética, el razonamiento moral y la participación democrática. En conjunto, estas perspectivas abordan Cuestiones Socio Científicas (CSC), en las que se revitaliza y actualizan los principios del enfoque CTSA (Bencze et al., 2020).

1.1.2.1 Orientaciones frente a la finalidad de la EER para la participación ciudadana

Según Coll y Monereo (2008), cualquier propuesta educativa debe comenzar con una clara declaración de sus finalidades, lo cual es esencial para proporcionar un sentido y dirección al proceso de aprendizaje. En el contexto de la educación en ciencias, y particularmente en la EER, esta finalidad se centra en la formación de agentes de cambio social comprometidos con su ciudadanía (Martínez, 2017). Esto implica que los estudiantes deben estar capacitados para reconocer y responder a las demandas de su comunidad, entendiendo sus derechos y deberes, y siendo capaces de influir en las políticas públicas relacionadas con la ciencia y la tecnología (Milli et al., 2018). El objetivo es fomentar una comprensión crítica y transformadora de lo que se espera y se necesita de la ciencia y la tecnología en el ámbito de las energías renovables (Santos y Auler, 2019). Así, se busca que los estudiantes desarrollen saberes, habilidades, valores y actitudes necesarias para una participación cívica, democrática y argumentada (Luz et al., 2018); que les lleve a la toma de decisiones sobre aplicaciones e implicaciones del desarrollo científico y tecnológico (Firme, 2020) y a la formulación de soluciones ante problemas relevantes y asuntos actuales en materia de energía (Vilela y Teixeira, 2020).

La EER, enmarcada en un enfoque CTS, incrementa el interés y la motivación de los estudiantes hacia el uso de tecnologías de energías renovables. Este enfoque fomenta habilidades como la investigación, la argumentación, la independencia intelectual y el pensamiento crítico, reflexivo y científico (Cavalcanti et al., 2018). Además, se promueve el desarrollo de competencias para el intercambio y debate de ideas, la negociación de posiciones, la comunicación efectiva, y la resolución creativa de problemas (Luz et al., 2019). Estas habilidades son esenciales para la toma de decisiones informadas sobre las aplicaciones e implicaciones del desarrollo científico y tecnológico. Asimismo, se busca que los estudiantes comprendan de manera integrada las múltiples dimensiones del entorno, lo cual es fundamental para construir una identidad cultural basada en el compromiso compartido y colaborativo (Céspedes y Torres, 2021).

El objetivo final de la EER es dotar a los estudiantes de actitudes y aptitudes que les permitan desarrollar herramientas éticas de responsabilidad social y valorar el papel crucial de las energías renovables en la calidad de vida, el desarrollo sostenible y la prosperidad nacional (Reverte, 2020). Esto incluye un entendimiento profundo de los aspectos éticos, políticos, científicos, económicos, ambientales, culturales y sociales asociados con las fuentes y tecnologías de energías renovables. De esta manera, se pretende legar un mundo habitable a las generaciones futuras y abordar las desigualdades presentes en las sociedades actuales (Scorsetti, 2020). La EER, por lo tanto, no es solo un medio para transmitir conocimientos técnicos, sino una herramienta poderosa para fomentar una ciudadanía crítica y activa, capaz de contribuir a la construcción de un futuro sostenible (Ballesteros y Gallego, 2019).

La participación de la ciudadanía en los procesos de innovación tecnológica en ER es fundamental, teniendo en cuenta que como afirman Soeiro y Ferreira (2020), los ciudadanos no solamente participan como consumidores de energía, sino que también pueden asumir diversas funciones en el mercado de la energía, incluida la decisión sobre la forma y el alcance de la producción de energía, el cuestionamiento y evaluación sobre las fortalezas y debilidades de un tipo de tecnología (García et al., 2014); de manera que se adapten y adopten las ER en su vida diaria, asuman su responsabilidad energética, apoyen y sensibilicen la economía local, promuevan espacios para desarrollar y probar modelos de innovaciones sociales, contribuyan a mitigar los pronósticos que hay al respecto del uso indiscriminado de los recursos energéticos de origen fósil y los impactos ambientales derivados de la demanda energética de la raza humana (Ballesteros, 2016).

1.1.2.2 Orientaciones sobre las dimensiones CTS

Desde un enfoque CTS (Ciencia, Tecnología y Sociedad), la Educación en Energías Renovables (EER) puede potenciar la integración y problematización de varias dimensiones esenciales que permiten a los estudiantes abordar la ciencia y la tecnología como herramientas para resolver problemas derivados de construcciones sociales y contextuales, con sus respectivas incertidumbres y limitaciones.

En la dimensión cognitiva, la EER abarca el conocimiento experimental, las hipótesis, teorías, leyes y observaciones, así como los valores subyacentes en el proceso científico. Esto incluye la comprensión de los principios lógicos y empíricos que permiten problematizar las relaciones entre las investigaciones científicas y sus aplicaciones prácticas. En este contexto, se exploran las limitaciones y posibilidades de la ciencia para enfrentar los desafíos sociales relacionados con la energía (Strieder et al., 2017).

Desde una perspectiva personal y sociológica, la EER influye en los valores sociales tanto individuales como comunitarios, así como en la participación y toma de decisiones en el ámbito científico. Se analiza cómo los valores y las dinámicas sociales impactan en los programas de investigación y en el reconocimiento de las fuerzas políticas y sociales que moldean los desarrollos científicos y tecnológicos (Pedretti y Nazir, 2011; Quintana et al., 2018).

En cuanto a la dimensión actitudinal y axiológica, según Hernández et al. (2017), la EER busca despertar el interés crítico y la motivación hacia los estudios científicos en los estudiantes. Esto implica fomentar actitudes positivas y valores que permitan evaluar el impacto de la ciencia y la tecnología en la calidad de vida y preparar a los estudiantes para participar activamente en la resolución de problemas energéticos. Además, se pretende desarrollar actitudes que orienten a una ciencia más accesible y equitativa para todos (Ochoa y Gutiérrez, 2013).

1.1.2.3 Orientaciones para el docente

Para fomentar la innovación en la EER es esencial que los maestros se reconozcan a sí mismos como agentes activos en la implementación de métodos innovadores. Esto conlleva un compromiso con la investigación, la formación continua y la autonomía en el ámbito docente (Martínez, 2017). El profesor debe ser un profesional crítico, capaz de adaptar el currículo, seleccionar temas y aplicaciones científicas pertinentes para la vida cotidiana de los alumnos (López y López, 2020). Asimismo, debe desarrollar estrategias pedagógicas y didácticas alternativas que creen un ambiente afectivo y estimulante, propiciando el interés de los estudiantes por conectar la ciencia y sus aplicaciones tecnológicas con su entorno diario (Rodríguez y Hernández 2013; Quintero, 2017).

Es crucial que el maestro conozca el contexto en el que trabaja, considerando aspectos cognitivos, metacognitivos y motivacionales, así como la dimensión humana del estudiante (Sousa y Nóbrega, 2018; Peña, 2019). Además, debe ser capaz de seleccionar problemáticas relevantes y significativas que faciliten la construcción de conocimientos y el desarrollo de habilidades argumentativas (Arango y Romero, 2023), mediante la integración de proyectos que impliquen el uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) y técnicas de aprendizaje cooperativo (Martínez et al. 2016). Esto incluye organizar actividades de búsqueda documental y debates sobre problemas actuales, ofreciendo preguntas guía para fomentar la reflexión crítica y permitir a los estudiantes identificar soluciones adecuadas y reflexivas, evidenciando la utilidad y limitaciones de la ciencia y la tecnología (García, 2020).

A pesar de estos objetivos, los docentes enfrentan varias dificultades al aplicar el enfoque CTS en la enseñanza de las ciencias. Entre ellas se encuentran la formación disciplinar centrada en materias aisladas, la falta de conexión entre ciencia, tecnología y cuestiones sociales, y las limitaciones relacionadas con la extensión del currículo, la falta de tiempo y la inclusión de temas controvertidos (Martín et al., 2016). También existen desafíos derivados de las concepciones personales sobre la enseñanza de las ciencias y la naturaleza de la ciencia (Nuray-Yörük y Seçken, 2010). Para superar estas barreras, es necesario desarrollar nuevos modelos de formación docente, que incluyan apoyo de equipos interdisciplinarios y asociaciones universitarias (Mansour, 2009; Marques et al., 2018).

1.1.2.4 Orientaciones para el estudiante

Los estudiantes juegan un rol activo en la educación sobre Energías Renovables (ER), participando en actividades de investigación y descubrimiento que están conectadas con aplicaciones del mundo real. Este enfoque les permite desarrollar las habilidades, conocimientos y valores necesarios para tomar decisiones informadas sobre cuestiones relacionadas con la ER (Siribunnam et al., 2014). En un entorno controlado, los estudiantes tienen la oportunidad de pensar y argumentar, traduciendo sus ideas en políticas públicas, documentos, declaraciones y solicitudes, mientras evalúan los desarrollos científicos y tecnológicos en términos de riesgos e impactos sociales y ambientales. Además, deben realizar juicios éticos sobre estos desarrollos, aplicando el "principio de precaución" para garantizar un control social adecuado (Muñoz et al., 2019).

Para que los estudiantes puedan cumplir con estas responsabilidades, es fundamental que tengan una visión clara de la ciencia y la tecnología, así como una comprensión profunda de la naturaleza del conocimiento científico y de la actividad científica (Demirçalı, 2025). Deben ser conscientes de los problemas actuales que enfrenta la humanidad, sus causas y las posibles soluciones. Comprender cómo la ciencia y la tecnología contribuyen a satisfacer las necesidades humanas y a resolver problemas es esencial para alcanzar un desarrollo sostenible en el mundo contemporáneo (Escobar, 2018). Además, los estudiantes deben reconocer la influencia de la sociedad y los intereses particulares en los desarrollos científico-tecnológicos, aprendiendo a aceptar la incertidumbre y el error como parte del proceso de aprendizaje (García, 2003). Esta aceptación fomenta una actitud autocrítica y reflexiva, permitiendo que los estudiantes actúen de manera informada y responsable en la evaluación y aplicación de conocimientos científicos en su vida cotidiana.

1.1.2.5 Orientaciones curriculares

El enfoque de enseñanza CTS promueve una reorganización curricular que desafía los métodos y técnicas tradicionales de enseñanza, orientándose hacia situaciones reales de relevancia social (Luz et al., 2018). Este enfoque cuestiona los usos políticos del conocimiento científico y los dilemas éticos asociados con ciertas tecnologías, exigiendo discusiones críticas sobre la interacción entre ciencia, tecnología y sociedad (Firme, 2020).

En este contexto, las preguntas fundamentales sobre por qué enseñar ciencias, qué ciencia enseñar y cómo hacerlo deben ser revisadas constantemente, considerando el momento histórico y el contexto social (Prieto et al., 2012). Es necesario ajustar los objetivos, contenidos, métodos de enseñanza y formas de evaluación del currículo para fomentar actitudes y valores que desarrollen un interés crítico en la actividad científica, preparando a los estudiantes para un mundo cada vez más influenciado por los avances científicos y tecnológicos (Hoque et al., 2022). En particular, la Educación en Energías Renovables (EER) debe integrar la participación ciudadana como un componente esencial del aprendizaje en ciencias (Palacios et al., 2001).

En el contexto colombiano, el enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS) fue integrado a los Estándares Básicos por Competencias en Ciencias Naturales y Sociales a partir del año 2004, brindando orientaciones para articular los contenidos científicos desde una mirada CTS, superando enfoques positivistas que restringen el desarrollo del pensamiento crítico y la comprensión profunda de la naturaleza de la ciencia. Sin embargo, distintos autores coinciden en la necesidad de trascender esta perspectiva y avanzar hacia un enfoque CTSA y el tratamiento de las Cuestiones socio científicas, en los cuales, además de la apropiación de saberes científicos, se promueva la reflexión sobre la naturaleza de la ciencia, las implicaciones éticas de la actividad científica y la generación de espacios de argumentación y debate que favorezcan la construcción social del conocimiento y contribuyan al mejoramiento de la calidad de vida de los estudiantes (Arango y Romero, 2023).

De acuerdo con Cano (2010), implementar estos cambios no se limita a la enseñanza de contenidos estáticos, sino que también implica comprender la dinámica de producción del conocimiento y su evolución, permitiendo a la sociedad apropiarse de estos conocimientos. Los contenidos desde un enfoque CTS se centran en problemas del contexto relacionados con la ciencia y la tecnología, facilitando la aplicación de leyes y teorías, y estableciendo conexiones con la sociedad (Fernández, 2008). En el contexto de la energía, es crucial estudiar las necesidades humanas de recursos energéticos, la distribución global de estos recursos, y las problemáticas sociales, ambientales y tecnológicas asociadas con su uso. Estos temas deben ser abordados de manera que permitan a los estudiantes construir una conciencia crítica sobre los límites ecológicos del desarrollo económico y tecnológico (Scorsetti, 2020).

Las estrategias educativas que emergen de situaciones de la vida real facilitan la conexión entre aspectos científicos y tecnológicos con necesidades y problemas sociales, haciendo los conocimientos más relevantes y significativos para los estudiantes (Pérez y Salcedo, 2022). Estos enfoques promueven procesos de investigación e innovación orientada, permitiendo a los estudiantes construir activamente su conocimiento, participar en la resolución de problemas reales y entender su rol como ciudadanos críticos (Schwan et al., 2019). Es fundamental que la evaluación sea auténtica y adaptada a las características del curso, permitiendo a los estudiantes autoevaluarse, recibir retroalimentación y reflexionar sobre sus errores como parte del proceso de aprendizaje. No obstante, para implementar

estos cambios de manera efectiva, es crucial que el profesorado participe activamente en el proceso de reforma curricular, dado que a menudo existen discrepancias entre los objetivos del currículo y su aplicación práctica (Papanastasiou et al., 2025).

1.1.2.6 Orientaciones Metodológicas de Enseñanza

Para fomentar una formación integral en los estudiantes respecto a la ciencia y la tecnología, como se aborda en la EER, es esencial emplear enfoques metodológicos innovadores. Estos enfoques deben integrar conocimientos científicos, valores y procesos relacionados con la ciencia, la tecnología y la sociedad, centrándose en problemas concretos y relevantes surgidos de contextos reales (Blanco et al. 2006). Es importante destacar habilidades sociales y promover la diversidad del alumnado, empleando una variedad de recursos y fomentando el trabajo cooperativo. Los métodos deben orientarse hacia la construcción de actitudes y valores, capacitando a los estudiantes para tomar decisiones informadas y negociar consensos, y fomentando una actuación responsable en la sociedad civil (Martín-Gordillo, 2003; Acevedo, 2009). La inclusión de factores sociales y ambientales en los desarrollos científico-tecnológicos también es clave, así como involucrar a la familia y al entorno en el proceso educativo para maximizar el aprendizaje (Martínez y Duarte, 2006).

Este enfoque innovador facilita el aprendizaje mediante estrategias estimulantes, abiertas y reflexivas, que deben estar alineadas con los intereses y estilos de vida de los estudiantes. El proceso educativo debe comenzar con la identificación de percepciones y conocimientos previos, seguir con la motivación, construcción de conceptos, aplicación del conocimiento y evaluación del proceso (Reyes, 2019). Es fundamental utilizar un lenguaje accesible que simplifique la comprensión de la complejidad de los temas científico-tecnológicos y los problemas asociados (Gil y Vilches, 2006). Las estrategias metodológicas que promueven el trabajo en equipo y la involucración comunitaria incluyen la invitación a expertos para exposiciones, el uso de preguntas de los alumnos, estudios de caso, resolución de problemas abiertos, análisis de datos, debates y proyectos interdisciplinarios (Guerrero y García, 2020). Además, actividades como discusiones, juegos de roles, visitas a museos, experimentos y simulaciones proporcionan experiencias prácticas que enriquecen el aprendizaje (Cabana et al., 2019).

El uso de cuestiones socio científicas para desarrollar el pensamiento crítico ha demostrado ser efectivo (Torres y Solbes, 2016). Este enfoque permite a los estudiantes comprender la ciencia como un fenómeno dinámico y cultural, analizarla como una actividad social y reflexionar sobre las implicaciones éticas de los desarrollos científico-tecnológicos (Owens et al., 2017). Las estrategias que incluyen casos simulados y resolución de problemas abiertos, centradas en problemas reales de interacción entre ciencia, tecnología y sociedad, favorecen la implicación personal y el debate (Martín-Gordillo, 2005). Estas metodologías promueven la construcción de conocimientos a través de la investigación, el trabajo en equipo y la reflexión crítica, preparando a los estudiantes para abordar los desafíos contemporáneos con una actitud informada y responsable (Gross y Tironi, 2017; Ballesteros y Gallego, 2019).

1.1.2.7 Orientaciones sobre los materiales Educativos

La enseñanza tradicional, basada principalmente en libros de texto, frecuentemente ofrece una visión de la ciencia que está desconectada de los problemas reales y del papel de la sociedad en el desarrollo científico y tecnológico. Este enfoque descontextualizado limita la capacidad de los estudiantes para relacionar el conocimiento científico con su vida cotidiana y los desafíos globales actuales (Chrysochou et al., 2025). Por lo tanto, es crucial desarrollar materiales educativos que contextualizan el aprendizaje y fomenten una participación activa en el aula. Estos materiales deben abordar preguntas fundamentales como: ¿Qué es?, ¿Cómo funciona?, ¿Cómo me afecta?, ¿Cómo nos afecta?, ¿Qué tan valioso es para nosotros? y ¿Cuál podría ser su futuro? (Tolbert, 2016).

Tolbert (2016) clasifica los materiales educativos en varias categorías que pueden mejorar la relevancia y el contexto del aprendizaje. Estos incluyen: (i) materiales que motivan el interés por la ciencia; (ii) ejemplos que conectan conceptos científicos con sus aplicaciones sociales y tecnológicas; (iii) temas amplios de tecnología que proporcionan un contexto para el estudio de la ciencia; (iv) proyectos prácticos que utilizan la construcción de modelos para aprender principios científicos; y (v) materiales que enfatizan los aspectos sociales de la tecnología y la ciencia aplicada. Cada tipo de material tiene el potencial de fomentar una mayor responsabilidad social en los estudiantes y resaltar su papel en la sociedad.

En conclusión, la implementación del enfoque CTS en la EER no solo enriquece la enseñanza de la ciencia, sino que también ayuda a los estudiantes a comprender y valorar el impacto de la ciencia y la tecnología en la sociedad. Al promover una educación que vincule el aprendizaje con problemas reales y sociales, se fomenta una visión crítica y reflexiva, esencial para formar ciudadanos informados y comprometidos con los desafíos contemporáneos, que sean capaces de tomar decisiones y posturas informadas, en especial en lo relacionado con las fuentes y tecnologías de energías renovables.

1.2 Problema de investigación

El presente proyecto se enmarca en el campo de la enseñanza de las ciencias, específicamente se trata de una investigación centrada en la realización de una intervención de aula mediante la metodología design research basada en cuestiones socio científicas (CSC) y en proyectos de aula, que buscan innovar la educación en energías renovables (EER) desde un enfoque CTS. Esta investigación se realizará en la IE Técnica Francisco José de Caldas del municipio de Socotá.

1.2.1 Contexto sociocultural, ambiental y geográfico

Socotá es un municipio situado en el Departamento de Boyacá, en la región Andina de Colombia. Este municipio forma parte de la Provincia de Valderrama, una subregión que incluye también a Paz de Río, Socha, Tasco, Betéitiva, Jericó y Chita. La ubicación de Socotá le confiere características geográficas y climáticas

particulares que influyen en sus actividades económicas, las cuales se centran principalmente en la agricultura, la ganadería y la minería del carbón.

La minería del carbón es una actividad económica clave en Socotá, con explotaciones ubicadas en varias veredas, como Guatatámo, Coscativa Tabor, Coscativa Jordán, San Pedro, Guarca, Aposentos, Comeza Baho, Hato Cochía, El Morro, La Cabrerita y el Sector Rucú. Esta industria contribuye significativamente a la economía local, con una producción estimada de 235.855 toneladas de carbón anuales, destinadas principalmente a industrias siderúrgicas y termoeléctricas, incluyendo Acerías Paz del Río y Termopaipa (Mendivelso y Quiroga, 2024).

No obstante, la explotación del carbón en Socotá presenta diversos desafíos. La minería ilegal, en particular, ha llevado a una serie de problemas ambientales y de salud pública. Las prácticas mineras inadecuadas han resultado en la contaminación del aire y el agua, principalmente debido a los drenajes ácidos y otras sustancias tóxicas liberadas durante el proceso de extracción. Estos problemas han llevado a Corpoboyacá a implementar medidas de control y realizar operativos para mitigar los impactos negativos en el medio ambiente (Salamanca, 2022).

Desde el punto de vista de la salud ocupacional, los trabajadores de la minería en Socotá enfrentan riesgos significativos, incluyendo accidentes y emergencias mineras. El metano, un gas altamente inflamable presente en las minas de carbón, es una causa frecuente de explosiones, poniendo en riesgo la vida de los mineros y contribuyendo al cambio climático como gas de efecto invernadero (Agencia Nacional de Minería, 2020).

De acuerdo con Mendivelso y Quiroga (2024), estos desafíos no solo afectan el medio ambiente y la salud, sino que también tienen repercusiones sociales y educativas. La minería, al ofrecer ingresos inmediatos, ha llevado a un aumento en la deserción escolar, ya que muchos jóvenes optan por trabajar en las minas en lugar de continuar con su educación. Esta situación subraya la necesidad de desarrollar proyectos de educación y formación en energías alternativas, que no solo diversifiquen la economía local, sino que también promuevan un desarrollo sostenible.

En este contexto, la Institución Educativa Técnica Francisco José de Caldas desempeña un papel crucial. Esta institución, de carácter oficial y con modalidades técnicas en Electricidad y Dibujo Arquitectónico, atiende a una población estudiantil de 1052 alumnos, muchos de los cuales provienen de familias con recursos limitados o están en condiciones de vulnerabilidad y discapacidad. La incorporación de programas de educación en energías renovables en esta institución puede proporcionar a los estudiantes nuevas oportunidades de empleo y contribuir a un desarrollo económico y ambiental más sostenible para la región.

1.2.2 Contexto Conceptual

Una revisión sobre la enseñanza de las ciencias con enfoque CTS, específicamente en EER (100 artículos publicados en bases de datos como Eric, Dialnet, Scielo, Science Direct y Springer), nos señala vacíos y posibilidades que

permiten una ubicación más clara del problema de investigación. Se realizó una búsqueda bibliográfica utilizando términos como “Educación en energías renovables”, “Renewable energy education”, “Educación energética”, “Energía Renovable + Enseñanza” ,“Energía Renovable + Aprendizaje”; la cual produjo un inventario de 100 artículos, los cuales se analizaron a partir de la lectura completa de los mismos y de la sistematización de la información en una hoja de cálculo del Programa Excel lo que permitió establecer categorías de análisis emergentes: enfoques y campos temáticos (Zúñiga-González, 2021).

Así se encuentra que predominan tres enfoques como son: metodologías de enseñanza (ME) 70%, concepciones, visiones y representaciones (CVR) 16% y formación de profesores (FP) 14%. Igualmente, a pesar de ser el enfoque de ME porcentualmente el más representativo, cuando se examinan los campos temáticos específicos se encuentra que las propuestas en lo curricular son del 14% y la perspectiva de proyectos solo representa un 2% en la literatura revisada. En los enfoques CVR y FP estos dos campos son poco tratados (curricular 2% y perspectiva de proyectos no aparece). Finalmente, otro aspecto a considerar es la emergencia del contexto en ME (3%), FP (2%) y en la interpretación de las CVR (7%). En síntesis, la perspectiva de proyectos como metodología de enseñanza para desarrollar innovaciones educativas con enfoque CTS en EER, involucrando los aspectos contextuales se constituyen en un aporte de esta investigación.

Ahora bien, tomando como referencia los procesos de innovación en el aula en la enseñanza de las ciencias, específicamente con enfoque CTS en EER, se han encontrado varias alternativas que se pueden caracterizar como Aprendizaje Basado en Proyectos: ABP integrando STEM que apunta a algunos campos específicos del conocimiento: la ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (Mayasari et al., 2019; Cedeño et al., 2023); ABP utilizando estrategias INTe-L y e-PBL, favorecido por el uso de tecnologías de la información y la comunicación (Muñoz y Gómez, 2017; Gerhátová et al., 2020); ABP con viajes de campo significativos para la determinación del tema del proyecto (Tortop & Özek, 2013; Araya, 2014); Proyectos de Aprendizaje en Servicio, trabajando problemáticas de la comunidad (Merritt et al., 2019); Actividades Tecnológicas Escolares (ATE), en la que se diseñan e implementan prototipos (Quintana et al., 2018; García et al., 2022); Experimentos Prácticos que permiten verificar conceptos y principios básicos del funcionamiento de dispositivos (Yang y Li, 2013).

Estas alternativas buscan el planteamiento de estrategias didácticas innovadoras que les permitan a los estudiantes un aprendizaje en valores, conocimientos y competencias, sensibles a la realidad social (Amundarain y Pérez, 2020; Vasiliene et al., 2020), de manera que reconozcan las ventajas y riesgos del servicio de energía eléctrica, las fuentes y tecnologías de energía renovable (ER), las consecuencias ambientales y económicas relacionadas a través de la exploración de problemas actuales, de preguntas o desafíos complejos y de actividades de aprendizaje auténticas e interdisciplinares (Karpudewan et al., 2015; Vidal, 2020; Tsaparlis et al., 2020).

De acuerdo con el panorama presentado anteriormente, la pregunta de investigación a la cual se dará respuesta es:

¿Cuáles son los aspectos teóricos y metodológicos que orientan el diseño de una intervención en el aula que mediante prototipos sucesivos basados en CSC, permita lograr que los estudiantes de básica secundaria de la IE Técnica Francisco José de Caldas del municipio de Socotá, identifiquen y propongan alternativas de solución frente a problemáticas en materia de energías renovables desde un enfoque CTS articuladas a su contexto sociocultural, ambiental y geográfico?

Al respecto de la intervención de aula, se consideran dos metodologías de enseñanza y otra de investigación, las cuales tienen un carácter complementario. En el primer caso, encontramos las CSC como una alternativa de trabajo didáctico para incorporar las interacciones CTS, aborda situaciones que representan problemas científicos abiertos con impacto en la sociedad, que involucran controversias y dilemas a nivel ético, el desarrollo de una conciencia social y de hábitos de pensamiento científico (Pulgarín y García, 2017; Genisa et al., 2020); a través de una secuencia de acciones (i) Introducción al tema (ii) planteamiento de preguntas, análisis de problemas y el planteamiento de hipótesis (iii) instrucción formal y comprensión de la CSC; (iv) construcción de investigaciones, presentaciones grupales y actividades compartidas socialmente (v) preguntas contextuales y debates, puesta en práctica de habilidades y acciones (vi) aclaraciones de conceptos (vii) evaluación del aprendizaje (viii) metarreflexión (Zeidler, 2014; Camacho et al., 2020; Saefullah et al, 2020). Existen otras modalidades de enseñanza que parten de situaciones, preguntas y que recogen los intereses e inquietudes de los estudiantes con una aproximación fenomenológica a la realidad en la búsqueda de la construcción de explicaciones a los fenómenos estudiados como la propuesta de las Actividades Totalidad Abiertas (ATAs) (Segura, 2007; Anzola, 2021) o el aprendizaje basado en problemas (Vizcarro y Juárez, 2008).

El Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) desde un enfoque CTS y las Cuestiones Socio científicas (CSC). El ABP sigue diferentes etapas en su diseño e implementación: (a) Etapa Inicial, comprende el diagnóstico del contexto, ideas previas y estilos de aprendizaje de los estudiantes para el establecimiento de objetivos, metas, aprendizajes y planeación en el desarrollo de un proyecto complejo (Sánchez et al., 2018; Vargas, 2021) (b) Etapa de desarrollo, se presenta a los estudiantes las reglas, objetivos, introducción a los contenidos, criterios de evaluación y el problema, situación o pregunta impulsora, a partir de la cual deberán desarrollan sus propias preguntas, ideas, propuestas de diseño, modelos, experimentos, artefactos y prototipos en busca de una solución (Zúñiga-González, 2021); (c) Etapa de Evaluación, en la que se realiza el seguimiento constante y continuo al estudiante

Con respecto al segundo caso, como metodología de investigación se encuentra el Design Research (Nieveen, 2009) que se define como un estudio sistemático del diseño, desarrollo y evaluación de intervenciones innovadoras, como solución a las problemáticas complejas de la práctica educativa (Plomp et al.,

2018). Además, busca producir conocimiento sistematizado y “utilizable” para otros profesionales del área, sobre las características de estos productos y los procesos de desarrollo (Sepúlveda, 2020). Este proporciona orientaciones claras en relación con el diseño metodológico que pudieran asegurar el rigor de la investigación (Sepúlveda et al., 2016) a través de la realización cíclica de tres fases: investigación preliminar, fase de prototipado y fase de evaluación, a lo largo de las cuales se realizan reflexiones y documentación sistemática, con el fin de producir y validar principios de diseño y constructos teóricos relacionados con el área de estudio (Plomp, 2009). Las potencialidades de Design Research como enfoque investigativo en educación, implica la colaboración entre investigadores y docentes para afrontar diferentes experiencias provenientes de las comunidades y adecuar las comprensiones teóricas a los contextos escolares reales y la producción e intercambio de productos educativos (Barbosa y Oliveira, 2015).

1.3 Justificación

En Colombia, el acceso a la energía eléctrica es un derecho fundamental garantizado como servicio público, con un enfoque creciente en la implementación de tecnologías de energía limpia y renovable (Niño-Vega, 2019). Esta transición hacia energías más sostenibles está regulada por la Ley 1715 de 2014 y su normativa complementaria, así como por el Plan Energético Nacional 2050 (Upme), que busca integrar estas tecnologías al sistema energético nacional y fomentar una transición energética efectiva (Giraldo et al., 2018). La legislación y planificación energética no solo apuntan a la diversificación de las fuentes de energía, sino también a la reducción de la dependencia de combustibles fósiles y la minimización del impacto ambiental (Vanegas, 2020).

Este marco normativo y estratégico debe ser complementado con iniciativas educativas que promuevan una mayor conciencia y comprensión del uso y los beneficios de las energías limpias. La educación en energías renovables (ER) es fundamental para equipar a las futuras generaciones con las competencias necesarias para abordar los desafíos energéticos. Esto incluye no sólo un entendimiento técnico del funcionamiento de los sistemas de ER, sino también una capacidad crítica para evaluar y proponer soluciones a problemas relacionados con la producción y consumo de energía (Hernández et al., 2014; Jaber et al., 2017; Ballesteros y Gallego, 2019; Soeiro y Ferreira, 2020).

En este contexto, la educación tiene un rol crucial en preparar a los estudiantes para asumir diversas funciones dentro del sector energético, incluyendo la toma de decisiones sobre la forma y alcance de la producción energética. Al promover una educación que integra conocimientos técnicos con una perspectiva crítica y ética, se fomenta una ciudadanía más informada y comprometida con el desarrollo sostenible. Esta formación es esencial para la transición hacia una matriz energética más limpia y eficiente, y para el desarrollo de políticas energéticas que reflejen las necesidades y valores de la sociedad.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

✓ Determinar los aspectos teóricos y metodológicos orientadores para el diseño e implementación de una intervención en el aula para una educación en energías renovables en el nivel de básica secundaria, con enfoque de CSC, mediante la metodología design research, que permita la articulación a los contextos socioculturales, ambientales y geográficos específicos.

1.4.2 Objetivos Específicos

✓ Organizar e integrar la comunidad de práctica de docentes y estudiantes de grado sexto los contenidos a tratar para realizar el proceso de intervención del aula entorno a la educación en energías renovables con enfoque de CSC.

✓ Determinar los principios que orientan el diseño e implementación de las fases sucesivas de prototipado, que permitan a los estudiantes de básica secundaria de la IE Técnica Francisco José de Caldas de Socotá, identificar y resolver problemáticas en materia de energías renovables con enfoque de CSC.

✓ Sistematizar, analizar y contextualizar las categorías teóricas y metodológicas emergentes del proceso de prototipado y redefinición de principios de diseño, orientados a innovaciones educativas pertinentes a contextos socioculturales, ambientales y geográficos específicos.

1.5 Referentes teóricos

En este apartado se presentan los referentes teóricos que permiten identificar las características documentadas en la literatura sobre cuestiones socio científicas (CSC) y proyectos de aula en el ámbito de las energías renovables, con el fin de abordar problemáticas desde un enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS) en los niveles de Básica Secundaria. La revisión de la literatura respecto al enfoque CTS y la educación científica ha revelado siete orientaciones clave: la finalidad de la educación en energías renovables (EER) para la participación ciudadana, las dimensiones CTS, el rol del docente, el perfil del estudiante, el currículo, las metodologías de enseñanza y los materiales educativos (Zúñiga-González y Molina-Andrade, 2021).

Además, la revisión teórica sobre CSC, innovaciones educativas y proyectos de aula ha permitido identificar diversas posibilidades de aprendizaje, así como las etapas del proceso educativo, desafíos para los docentes, aplicaciones de la investigación en CSC, ejemplos prácticos de CSC y proyectos educativos en ER. En particular, se destacan seis variantes emergentes del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) en el contexto de la EER, que se han identificado a partir del análisis de los artículos revisados: ABP integrando STEM, ABP utilizando estrategias INTe-L y e-PBL, ABP con viajes de campo significativos, Proyectos de Aprendizaje en Servicio, Actividades Tecnológicas Escolares (ATE) y Experimentos Prácticos (Zúñiga-González, 2021). Estas orientaciones y variantes del ABP representan un marco para el desarrollo de estrategias educativas innovadoras que

no solo promueven el conocimiento técnico, sino también la conciencia social y ambiental, preparando a los estudiantes para contribuir de manera efectiva a la transición hacia un futuro energético sostenible.

1.5.1 Cuestiones Socio Científicas

El desarrollo de las Cuestiones Socio-Científicas (CSC) representa una profundización de los fundamentos históricos, epistemológicos y curriculares del enfoque CTSA, al constituirse como una alternativa pedagógica innovadora para integrar la ciencia, la tecnología y la sociedad en la práctica educativa (Martínez y Parga, 2013). Desde esta perspectiva, y de acuerdo con Bencze et al. (2020), las CSC reconceptualizan la educación científica, fortalecen la comprensión crítica de la naturaleza de la ciencia y la tecnología, promueven la alfabetización científica y tecnológica, el análisis de información en relación a dilemas éticos y morales, la acción socialmente justa y el desarrollo cognitivo, social, político y ético de los estudiantes; al concebir la ciencia como una actividad humana producto de su tiempo y lugar, atravesada por controversias, incertidumbres e impactos sociales (Martínez, 2014). En este sentido, las CSC no constituyen una línea de investigación autónoma, sino una perspectiva investigativa que depende del enfoque CTSA, en la medida en que operacionalizan y llevan a la acción sus objetivos en el contexto educativo (Montoya-Ocampo, 2022).

La educación científica, entendida como un eje clave para la formación ciudadana, se articula con la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible al destacar la capacidad de tomar decisiones informadas frente a CSC complejas como un rasgo fundamental de la alfabetización científica del siglo XXI (Viehmann et al., 2024). No obstante, diversos autores señalan que el enfoque CTS se ha centrado principalmente en analizar los impactos de la ciencia y la tecnología en la sociedad, sin abordar de manera explícita las dimensiones éticas, morales y políticas que orientan la toma de decisiones (Hodson, 2013; Del Castillo y Chapid, 2019). En contraste, las CSC amplían este horizonte al integrar el razonamiento moral, la formación de la virtud y el carácter, el desarrollo emocional y epistemológico de los estudiantes, otorgando especial relevancia a procesos como la argumentación (Solbes, 2019; Chen y Xiao, 2021). Desde esta perspectiva, las CSC favorecen el desarrollo de una alfabetización científica funcional, entendida como la capacidad de aplicar conocimientos, habilidades, actitudes y valores científicos en contextos socioculturales reales, promoviendo así una ciudadanía activa, crítica y comprometida con la toma de decisiones informadas y la transformación de su entorno (Macalalag et al., 2019; Högström et al., 2025).

Al respecto, Zeidler (2014) insiste en que, aunque las CSC tienen sus raíces en la tradición CTS, se diferencian de ésta al situarse en una perspectiva sociocultural sustentada en aportes filosóficos, evolutivos y sociológicos. Su propósito central es promover una acción social responsable frente a problemáticas relevantes, controvertidas y complejas, que integran dimensiones éticas y demandan un razonamiento científico y moral fundamentado en evidencias. En este marco, se potencian el pensamiento crítico, la argumentación sustentada, el diálogo y el debate, el empoderamiento cívico, junto con la formación del carácter y la virtud, atendiendo a las necesidades individuales y contextuales de los estudiantes

(Ferreira et al., 2020). Si bien la educación CTS pone el acento en los efectos del desarrollo científico y tecnológico en la sociedad, no aborda de manera explícita los dilemas ético-morales implicados en la toma de decisiones; en cambio, las CSC incorporan estos componentes, incluyendo el razonamiento moral y el desarrollo emocional del estudiante, ampliando así el alcance formativo de la propuesta CTS.

El desarrollo del pensamiento científico implica aprender sobre la ciencia y su práctica para comprender la naturaleza de la investigación científica, el origen, validación y uso del conocimiento, las convenciones de la comunidad científica y sus interacciones con la tecnología, la sociedad y el medio ambiente, así como problematizar los usos y la divulgación de la ciencia y promover reflexiones metacientíficas sobre su naturaleza (Arango y Romero, 2023). En este marco, CSC constituyen un contexto fundamental para comprender la ciencia como una actividad humana y una construcción social, histórica y cultural, dinámica y atravesada por controversias, incertidumbres, relaciones de poder, intereses económicos y contextos culturales que inciden en la producción del conocimiento científico y tecnológico (Martínez y Parga, 2013; Zeidler, 2014; Ezquerra et al., 2015; De Schrijver et al., 2022; Miranda, 2024).

La incorporación de CSC en el aula favorece la puesta en práctica de los conocimientos científicos mediante el análisis de problemáticas reales del contexto de los estudiantes, fortaleciendo el aprendizaje significativo, la resolución de problemas, la formulación de hipótesis, la comunicación de resultados y la toma de decisiones informadas frente a asuntos científicos y tecnológicos (Montoya-Ocampo, 2022). En este sentido, las CSC se articulan con las orientaciones actuales de la EER, al promover un aprendizaje contextualizado y crítico orientado a la formación ciudadana y a la participación democrática, así como el diseño de currículos interdisciplinares, flexibles y pertinentes, centrados en controversias sociales derivadas de los desarrollos científicos y tecnológicos (Tolbert, 2016; Ferreira et al., 2020).

De acuerdo con lo anterior, las CSC se definen como herramientas (Vargas, 2021), estrategias didácticas (Mazo, 2020), metodologías (Rondón, 2021), enfoque pedagógico y didáctico (Högström et al., 2025), dilemas, controversias o problemas de carácter abierto, transdisciplinares, complejos y a menudo mal estructurados (Zeidler, 2025), que involucran dimensiones científicas, sociales y éticas, y que promueven el desarrollo del pensamiento científico y tecnológico, la conciencia social y ambiental, así como habilidades cognitivas de orden superior (Morales-Torres, 2023); estas situaciones favorecen el debate, la toma de posturas fundamentadas y el análisis de causas, consecuencias, ventajas y desventajas de las posiciones asumidas (Presley et al., 2013; Genisa et al., 2020; Montoya-Ocampo, 2022). Incluye temáticas enmarcadas en áreas como medio ambiente, desarrollo sostenible, salud y tecnología (Högström et al., 2025), como, por ejemplo, cambio climático, el agotamiento de las fuentes de energía, el uso de diversas tecnologías (Dishadewi et al., 2020), la energía nuclear, la clonación, la experimentación con animales, las fumigaciones aéreas, la utilización de teléfonos móviles (Torres-Merchán, 2011). No obstante, es necesario aclarar que, aunque las CSC guardan relación con cuestiones socioambientales (CSA), difieren en su

origen, ya que las primeras emergen del enfoque CTSA, mientras que las CSA se vinculan directamente con el desarrollo sostenible y la educación ambiental (Montoya-Ocampo, 2022).

Las energías renovables constituyen una CSC compleja y controvertida, al involucrar dimensiones técnico-científicas, sociales, ambientales, económicas, legislativas y éticas, especialmente en el marco de la transición desde los combustibles fósiles y del cambio climático global (Petit et al., 2021; Chaniotou et al., 2025). Su abordaje desde una perspectiva sistémica e integradora favorece en los estudiantes la comprensión de la complejidad de la realidad, la toma de decisiones informadas en una sociedad democrática y la valoración del ambiente, orientadas al desarrollo sostenible y a la conservación de los recursos energéticos para las generaciones presentes y futuras (Sakschewski et al., 2014; Kinslow et al., 2018; Besaure, 2019). En este sentido, el tratamiento de contenidos relacionados con la producción de energía eléctrica a partir de diversas fuentes permite analizar la pertinencia de cada alternativa según las necesidades del contexto, consolidando propuestas pedagógicas que fortalezcan la alfabetización científica y el pensamiento crítico en los estudiantes (Ezquerra et al., 2015; Maccallini et al., 2021).

Por ejemplo, los estudios de caso propuestos por Solbes y Torres (2012, 2018) sobre producción de energía en Boyacá y la privatización de la empresa de energía en el departamento, el estudio del estado actual de la energía eléctrica en Colombia producida a partir de fuentes hídricas, térmicas y eólicas; muestran cómo las CSC pueden ser utilizadas para analizar y debatir los impactos sociales, económicos y ambientales de las tecnologías (Sutter et al., 2019). Estos enfoques no solo fomentan la participación, sino que también les enseñan a tomar decisiones informadas y a desarrollar una responsabilidad social y ambiental (Nida et al., 2021).

Las energías renovables se configuran como una cuestión sociocientífica (CSC) compleja y controversial, dado que articulan dimensiones técnico-científicas, ambientales, económicas, sociales, legislativas y éticas, particularmente en el contexto de la transición energética frente a los combustibles fósiles y la crisis climática global (Petit et al., 2021). El cambio climático representa un desafío central, ante el cual los gobiernos enfrentan tensiones entre los imperativos del crecimiento económico y los estilos de vida consolidados, y la necesidad de desmantelar infraestructuras basadas en combustibles fósiles. Si bien se han planteado alternativas tecnológicas —como los avances en fusión nuclear o la expansión de energías eólica, solar y geotérmica— cuya promesa radica en disminuir la dependencia de fuentes contaminantes, su implementación no puede analizarse únicamente desde la viabilidad científica, pues omitir sus implicaciones sociales, éticas y políticas puede profundizar las problemáticas ambientales existentes (Levinson, 2023).

Por ello, abordar las energías renovables desde una perspectiva sistémica e integradora favorece en los estudiantes la comprensión de la complejidad del mundo contemporáneo, la toma de decisiones informadas en sociedades democráticas y la valoración crítica del ambiente en clave de desarrollo sostenible y justicia

intergeneracional (Sakschewski et al., 2014; Kinslow et al., 2018; Besaure, 2019). Asimismo, el estudio de la producción de energía eléctrica a partir de diversas fuentes posibilita analizar la pertinencia de cada alternativa según las necesidades del contexto, fortaleciendo propuestas pedagógicas orientadas a consolidar la alfabetización científica y el pensamiento crítico (Ezquerra et al., 2015; Maccallini et al., 2021).

De este modo, el enfoque de CSC derivado de una perspectiva progresista sobre la investigación en educación científica (Högström et al., 2025), integra dimensiones cognitivas y metacognitivas en los estudiantes, al estimular el interés por el aprendizaje de las ciencias, fortalecer la participación y propiciar una educación abierta y crítica (Martínez y Parga, 2013). Asimismo, facilita la comprensión de los impactos de la ciencia y la tecnología en la vida cotidiana desde una perspectiva objetiva, realista, y sistémica, mediante el análisis de sus implicaciones éticas, sociales, económicas, políticas y ambientales (Fernandes et al., 2014), permitiendo los estudiantes construir una comprensión holística y crítica de los problemas científicos y tecnológicos (Monge y Camacho, 2017).

Este enfoque también promueve comportamientos responsables frente al consumo de nuevos productos y tecnologías, priorizando la calidad sobre la cantidad y reflexionando sobre el consumismo y la explotación de los recursos naturales, a la vez que favorece el desarrollo de habilidades transferibles a contextos extraescolares (Dishadewi et al., 2020). Finalmente, impulsa la participación ciudadana a través de acciones como la formulación de propuestas, solicitudes, proyectos o procesos de votación, orientados al mejoramiento de la calidad de vida (Solbes, 2019).

Por otro lado, según Solbes (2019), Gomes y Lopes (2023), el enfoque de CSC es fundamental para una educación científica relevante y crítica, al centrarse en problemas socialmente relevantes y controvertidos que están íntimamente relacionados con la ciencia y presentan múltiples soluciones posibles. Las CSC se caracterizan por enfrentar información incompleta, mal estructurada o con vacíos, lo que implica que las evidencias científicas pueden ser incompletas o contradictorias (Åkerblom y Lindahl, 2017). Esta característica desafía a los estudiantes a evaluar y cuestionar la validez y la fiabilidad de la información, fomentando habilidades críticas y analíticas esenciales para una comprensión profunda y fundamentada (Patier & Izquierdo, 2008).

Además, las CSC son frecuentemente divulgadas en los medios de comunicación masivos que funcionan como la principal arena de discusión pública, como artículos periodísticos y noticias en televisión, lo que puede provocar preguntas y discusiones (Kinslow et al., 2018). Estas publicaciones suelen presentar diferentes comprensiones ideologizadas y sensacionalistas de la ciencia, lo que motiva a los estudiantes a analizar y criticar las diferentes perspectivas y a desarrollar una visión más matizada y crítica de los temas tratados (Fitriyani et al., 2025).

La promoción de diferentes opiniones y la realización de elecciones informadas son esenciales en las CSC. Los estudiantes deben evaluar costos y

beneficios, y entender probabilidad y riesgo, así como las causas y consecuencias de los problemas científicos y tecnológicos. Esta evaluación ayuda a los estudiantes a desarrollar habilidades de toma de decisiones informadas y a considerar las implicaciones sociales, éticas y ambientales de sus elecciones (Lira y otros, 2023).

Las CSC también abarcan consideraciones sobre sustentabilidad, valores y razonamiento ético, y abordan dimensiones sociales, éticas, culturales, políticas y ambientales. Esto permite a los estudiantes reflexionar sobre cómo las decisiones científicas y tecnológicas afectan a la sociedad y al medio ambiente, fomentando una mayor responsabilidad y conciencia sobre el impacto de sus acciones (Kronlid & Öhman, 2012).

Este enfoque permite abordar cuestiones locales, regionales y globales, que presentan conexiones directas con la ciencia y la tecnología, y cuyos impactos pueden ser analizados desde diversas perspectivas. La aplicación de CSC varía según el país y la cultura. Los problemas que se abordan en un contexto pueden no ser relevantes en otro, y la forma en que se implementan las CSC puede depender de las características geográficas, sociales y económicas del territorio (Martínez y Parga, 2013). Así mismo, en ellas participan múltiples actores, humanos y no humanos, cuyas visiones contrapuestas constituyen un espacio privilegiado para analizar procesos sociales y mecanismos de intervención de científicos, activistas, empresarios, entre otros (Broitman y Rocamora, 2021).

El abordaje de las CSC dentro del currículo de formación escolar, de acuerdo con Montoya-Ocampo (2022), es posible y pertinente si se aprovechan los aportes del enfoque CTS a la escuela, tal como se plantean en los *Lineamientos del área de Ciencias Naturales y Educación Ambiental*, los cuales, aunque presentan cierto grado de desactualización, ofrecen ventajas para la inclusión de las CSC en el aula como una estrategia orientada a la desfragmentación de los saberes y a la integración curricular, siendo este, uno de los componentes que se evalúan en las pruebas saber 11°. Así mismo, Hodson (2020), afirma que un currículo orientado al desarrollo de la acción sociopolítica frente a las CSC puede estructurarse en cuatro momentos: primero, comprender el impacto social y ambiental de los avances científicos y tecnológicos, reconociendo su carácter cultural; segundo, analizar cómo estos desarrollos responden a intereses específicos y se relacionan con la distribución del poder y la riqueza; tercero, enfrentar controversias, deliberar sobre valores y dilemas éticos, y sostener posturas propias mediante la argumentación; y cuarto, prepararse para intervenir y actuar ante problemáticas socio científicas y ambientales. Esta última fase implica aprender sobre la acción —mediante estudios de caso, simulaciones o relatos—, aprender a través de la acción —participando en proyectos reales— y aprender desde la acción, a partir de la reflexión sobre las experiencias vividas, aportando de esta manera un sentido de autenticidad y relevancia al aula de ciencias (Viehmann et al., 2024).

De acuerdo con Skolforskningsinstitutet (2022), las CSC se caracterizan por cumplir cuatro criterios fundamentales: ser relevantes para el desarrollo social; presentar un carácter interdisciplinario y complejo, en el que los distintos aspectos y dimensiones sobre los que se puede razonar están vinculados de una manera que

no se puede resumir fácilmente; requerir del conocimiento científico para sustentar el razonamiento; e implicar perspectivas y valores éticos que orientan tanto la deliberación como las decisiones adoptadas frente a ellas.

Así mismo, Dionor et al., (2020) proponen como ejes de análisis que operan de forma integrada para determinar la calidad de las propuestas basadas en CSC: la relevancia y contextualización que permite sensibilizar al estudiantado al vincular los contenidos de ciencia y tecnología con problemáticas socioambientales reales; la motivación y aplicación que favorece que los estudiantes valoren el conocimiento científico al reconocer su utilidad en la vida cotidiana y su papel en la toma de decisiones informadas; la argumentación y el posicionamiento que fortalecen la capacidad de evaluar evidencias, construir argumentos y asumir posturas críticas y justificadas frente a problemas complejos, entendiendo la toma de decisiones como un proceso ético, político y socialmente situado; el análisis y la resolución de problemas que promueven la identificación de alternativas y la responsabilidad frente a acciones sociopolíticas individuales y colectivas, orientadas a la justicia socioambiental; y la comprensión y movilización del contenido que articula de manera explícita las dimensiones conceptual, procedimental y actitudinal, incorporando valores y juicios morales como componentes centrales del aprendizaje.

En este sentido, el enfoque CSC es clave para consolidar una educación científica interdisciplinaria que trascienda la mera transmisión de contenidos y los límites de las disciplinas académicas, con el fin de formar estudiantes capaces de afrontar los retos actuales desde perspectivas críticas, éticas y humanísticas (Gomes et al., 2025). Al integrar, organizar y secuenciar los contenidos integrando áreas como la Física, la Química, la Biología y la Historia, así como dimensiones éticas, morales, políticas, económicas y ambientales, de manera coherente con la realidad y con problemáticas significativas para el estudiantado, se favorece una comprensión más contextualizada y pertinente del conocimiento (Torres-Merchán et al., 2023). En esta línea, se requiere un currículo que habilite la emisión de juicios fundamentados y la toma de decisiones ante situaciones complejas, fortalezca la capacidad de actuar en contextos de cambio e incertidumbre (Colombo y Marandino, 2020), promueva la reflexión sobre valores y la construcción de sociedades más democráticas y justas, y prepare a los estudiantes para emprender acciones —directas e indirectas— orientadas a transformar su entorno de manera responsable (Hodson, 2020).

Las CSC pueden desarrollarse en el aula a partir de una dinámica en la que el estudiante asume un papel activo y participativo, mientras el docente actúa como facilitador en un entorno colaborativo y basado en el respeto mutuo (Högström et al., 2025). En esta línea, Galani y Mavrikaki (2025) describen al profesorado como “mentores en la complejidad”, capaces de orientar procesos de análisis y reflexión frente a problemáticas controversiales. Este abordaje se concreta mediante un aprendizaje dinámico y situado, en el que los estudiantes construyen sus comprensiones culturales y científicas a partir de sus realidades (Miranda, 2024); estructurado en una secuencia didáctica que inicia con la presentación del tema y la exploración de las ideas previas del estudiantado; continúa con la

problematización de la CSC a través de preguntas que cuestionan conocimientos y creencias; y se consolida mediante la enseñanza explícita de contenidos y valores, junto con una evaluación formativa y permanente de los aprendizajes (Ordóñez & Gamboa, 2016).

Las CSC ofrecen oportunidades para integrar los conocimientos previos con lo aprendido durante el estudio de la ciencia, permitiendo a los estudiantes reflexionar sobre su experiencia y utilizar habilidades de razonamiento, argumentación y toma de decisiones; los estudiantes aprenden a abordar e interpretar la evidencia, y a evaluarla en función de sus creencias preexistentes sobre cuestiones sociales (Macalalag et al., 2019).

A partir de la revisión de la literatura, Genisa et al. (2020) señalan que las CSC se han consolidado como una estrategia de aprendizaje que favorece la motivación estudiantil, la lectura crítica, la confrontación de ideas y teorías científicas, así como el análisis y la recopilación de datos. Su abordaje promueve la participación activa de los estudiantes y la negociación de dimensiones sociales, políticas, científicas, tecnológicas, ambientales, éticas y económicas, mediante metodologías participativas como el trabajo colaborativo, el aprendizaje de servicio y los juegos de roles (Presley et al., 2013). Asimismo, incluye acciones de intervención social y comunicativa (Hodson, 2013), actividades interactivas como investigaciones, debates, juegos de roles, análisis de casos, debates, talleres, investigaciones grupales, intercambios interculturales y experiencias con expertos (Gutierez, 2015), exposiciones en museos (Pedretti et al., 2018), así como actividades experimentales y comunitarias vinculadas con los intereses y contextos de los estudiantes (Levinson, 2018). Se apoya en la evaluación continua, la metarreflexión y la sistematización del proceso y los resultados de aprendizaje (Mundim y Santos, 2012; Zeidler, 2014; Ballesteros y Gallego, 2019; Saefullah et al., 2020).

En coherencia con lo anterior, la literatura también destaca el desarrollo de materiales didácticos como un componente clave para la implementación efectiva del aprendizaje basado en CSC. Estos materiales deben responder al contexto de los estudiantes y organizarse de manera secuencial, incorporando objetivos de aprendizaje, resúmenes, glosarios, bibliografía y lecturas complementarias (Saefullah et al., 2020). Su potencial se amplía mediante el uso de herramientas digitales, tecnologías de IA, recursos multimedia, entornos Web 2.0, como módulos de aprendizaje en línea, plataformas, noticias, foros, blogs y juegos educativos (Craciun, 2010; Zeidler, 2014; Zowada et al., 2018), los cuales favorecen el apego emocional y generan efectos positivos en la motivación, la persistencia, la curiosidad y la actitud hacia el aprendizaje. Además, estos recursos contribuyen a la integración de contenidos al brindar acceso a una gran cantidad de información, el desarrollo de la autonomía en la toma de decisiones fundamentada, el planteamiento de preguntas críticas y la mejora del clima del aula, promoviendo una mayor participación estudiantil y la colaboración entre pares en tiempo real (Craig-Hare et al., 2017; Maccallini et al., 2021); especialmente ante la transición global hacia la educación a distancia (Karışan y Zeidler, 2024).

Además del uso de estrategias y materiales didácticos contextualizados, las CSC se consolidan como un medio fundamental para el desarrollo de habilidades intrapersonales, interpersonales, investigativas, discursivas, de identidad ciudadana y críticas, tales como la indagación, argumentación, el pensamiento crítico, el razonamiento, la observación, la formulación de hipótesis, la toma de decisiones y la participación cívica (Morales-Torres, 2023; Morell-Pucci et al., 2024; Zeidler, 2025). Su abordaje permite a los estudiantes sustentar puntos de vista mediante datos, garantías y respaldos, fortaleciendo el razonamiento lógico y valorativo, así como la justificación científica de ideas desde múltiples perspectivas y su participación crítica como ciudadanos en controversias actuales (Moreno y Martínez, 2009; Martín-Gámez y Erduran, 2018); construyendo argumentos coherentes basados en la evidencia, anticipando contraargumentos y refinando las posturas a través del discurso (Zeidler, 2025). Asimismo, las CSC facilitan el acceso a múltiples fuentes de información, lo que posibilita analizar cómo los estudiantes valoran su credibilidad y cómo transforman sus conceptos y concepciones iniciales a partir del uso crítico de dichas fuentes (Torres-Merchán et al., 2023).

El trabajo con CSC favorece el desarrollo del pensamiento crítico al permitir reconocer la complejidad de los problemas, identificar diversas posturas, cuestionar creencias, evaluar la validez de los argumentos y la credibilidad de las fuentes, así como rechazar conclusiones carentes de sustento empírico (Torres y Solbes, 2016; Zeidler, 2014). Este proceso, que no se alcanza de manera inmediata y requiere continuidad y el apoyo de otras disciplinas por tratarse de un pensamiento de orden superior, promueve la reflexión responsable y la toma de decisiones fundamentadas, articulando ciencia, sociedad y ética en la resolución de conflictos contextualizados orientados a la transformación social en beneficio de la humanidad (Solbes et al., 2018; Petit et al., 2021). En este sentido, resulta fundamental precisar el concepto de pensamiento crítico desde el cual se asume el abordaje de las CSC, así como la forma en que se integran aspectos como la argumentación, el cuestionamiento, la toma de decisiones, la interdisciplinariedad, el razonamiento moral y ético y la formación de sujetos políticos (Torres-Merchán et al., 2023).

Las CSC también contribuyen de manera significativa al desarrollo del razonamiento socio científico, entendido como el uso de la lógica y la razón para posicionarse frente a problemas complejos, reconocer las redes de interacciones que los conforman y analizar críticamente información potencialmente sesgada, así como la validez de la evidencia, los impactos y las posibles soluciones (Zeidler, 2014; Kinslow et al., 2018). Este tipo de razonamiento, influenciado por dimensiones políticas, morales y éticas, implica reconocer la complejidad sistémica de las CSC, examinar los problemas desde múltiples perspectivas, mantener una investigación continua y adoptar una postura escéptica frente a la información parcial o interesada (Romine et al., 2016), incorporando además el análisis de dominios sociales, el costo-beneficio del desarrollo científico-tecnológico y las influencias socioculturales del contexto (Karahan y Roehrig, 2016); posibilitando el intercambio de ideas y la libre expresión, así como la formación sociopolítica (Montoya-Ocampo,2022).

De acuerdo con Hodson (2020) los estudiantes deben involucrarse activamente en acciones sociopolíticas orientadas a incidir en la realidad,

cuestionando de manera crítica cómo se establecen las prioridades de investigación científica, quién accede al conocimiento, de qué manera podría desarrollarse la ciencia de forma distinta y cómo se producen y aplican los saberes científicos y tecnológicos en la formulación de políticas. Esta participación implica escuchar voces diversas, considerar distintas interpretaciones de los problemas y actuar a nivel individual, colectivo y comunitario para influir en decisiones públicas y prácticas sociales. Para que dicha intervención sea efectiva, resulta indispensable que los estudiantes comprendan los sistemas sociales, legales y políticos de su contexto, así como los mecanismos de toma de decisiones en los ámbitos gubernamental, económico e institucional; sin este conocimiento, la acción transformadora no es posible. En consecuencia, el currículo debe promover la alfabetización política y la participación en acciones colectivas, orientadas a la justicia social y la sostenibilidad ambiental, fortaleciendo la confianza, las habilidades y la disposición para la gestión responsable del cambio; fomentando a su vez la participación de otros miembros de la comunidad, como familiares, amigos y vecinos (Miranda, 2024)

Las CSC promueven la toma de decisiones informadas y fundamentadas en evidencia dentro de una ciudadanía democrática, al permitir reflexionar sobre lo correcto, lo justo y lo conveniente frente a controversias científicas y tecnológicas y sus implicaciones socioambientales y tecno sociales. Este enfoque reconoce que el futuro del conocimiento tecnocientífico no es responsabilidad exclusiva de científicos y gobiernos, sino que requiere la participación activa de la ciudadanía, el conocimiento de los procesos de decisión en los distintos niveles de gobierno y el uso de mecanismos de participación ciudadana, favoreciendo actitudes de conservación, sostenibilidad y reflexión sobre las acciones cotidianas (Parga y Martínez, 2013; Hodson, 2013; Torres-Merchán, 2011; Emery et al., 2017). Asimismo, una toma de decisiones efectiva implica definir metas, analizar alternativas, seleccionar opciones que conduzcan a resultados eficientes y asumir consecuencias (Gutierez, 2015).

Las CSC contribuyen de manera significativa al desarrollo del carácter y de la responsabilidad ciudadana al fomentar la acción social, tanto individual como colectiva, basada en la empatía, la escucha activa, el crecimiento emocional, el desarrollo moral y la consideración de múltiples perspectivas en la construcción de juicios sobre políticas públicas (Newton y Zeidler, 2020). Este enfoque potencia virtudes éticas esenciales como la sabiduría práctica, la justicia, la equidad, la resiliencia, la no maleficencia, el cuidado, el coraje moral y la fuerza de voluntad, al tiempo que fortalece la comunicación argumentada en contextos pluralistas e interculturales a nivel local, nacional y global (Zeidler, 2014; Chung et al., 2014; Medina, 2014). De igual manera, promueve valores como la solidaridad, la cooperación, la tolerancia, la autonomía, el pensamiento crítico y la responsabilidad social, priorizando el bienestar común y la defensa de principios y derechos universales por encima de intereses meramente económicos, lo que favorece la formación de sujetos capaces de incidir de manera transformadora en sus comunidades (Martínez y Parga, 2013). En este marco, la autonomía intelectual se consolida como un componente central, al permitir que los estudiantes formulen sus

propias intenciones, actúen conforme a sus valores y mantengan una actitud permanente de autoevaluación crítica (Miranda, 2024).

En este sentido, la incorporación de las CSC en el currículo, de acuerdo con Hodson (2020) requiere atender de manera explícita la dimensión emocional del aprendizaje, como un motor pedagógico: cuanto mayor es la implicación afectiva, las reacciones que suscitan; mayor es la disposición a comprometerse, actuar y afrontar de forma reflexiva situaciones complejas y desafiantes, especialmente cuando los problemas impactan de manera directa la vida propia o la de la comunidad cercana. Tomar decisiones frente a estas problemáticas implica no solo identificar qué se debe hacer, sino también examinar los fundamentos morales —qué es correcto o incorrecto— y éticos —las razones que justifican tales juicios— que orientan la acción. Estrategias como estudios de caso, narrativas, teatro, juegos de rol, producciones audiovisuales, arte, música o encuentros con personas afectadas favorecen la empatía, posibilita comprender la experiencia de otros y profundizar en la propia, el cuestionamiento de valores y la deliberación informada; fortaleciendo así procesos de reflexión, diálogo y construcción ética.

Con la información previa, se podría decir que la implementación de CSC en el aula enfrenta varios desafíos significativos que deben ser abordados para garantizar su éxito. Estos desafíos incluyen la formación de los maestros, la adaptación del currículo y la gestión de las dificultades prácticas en el aula.

1. *Formación del Maestro y Construcción de Comunidades de Práctica*: La implementación efectiva de las CSC requiere que los docentes enfrenten desafíos que inician con una formación integral que trascienda el conocimiento disciplinar de la ciencia, incorporando dimensiones científicas, filosóficas, sociológicas, políticas, ambientales y éticas (Pérez y Lozano, 2013; Presley et al., 2013), así como el desarrollo de capacidades para la reflexión crítica sobre la propia praxis pedagógica y el trabajo colaborativo. En este sentido, resulta fundamental la construcción de comunidades de práctica con otros docentes, directivos, profesionales e investigadores, especialmente en la articulación universidad–escuela, como espacios para el intercambio de experiencias, buenas prácticas y perspectivas para la mejora continua de la enseñanza y el fortalecimiento de la autonomía docente (Karışan y Zeidler, 2024). De igual manera, se hace necesaria una formación inicial y permanente del profesorado, coherente con investigaciones didácticas relevantes para la sociedad contemporánea, que les permita reconocerse como agentes políticos de cambio, favorezca el diseño e implementación de unidades didácticas basadas en CSC como alternativas para la construcción social, la flexibilización curricular y la adaptación de estas cuestiones a los contextos educativos y problemáticas de la comunidad local (Martínez, 2014; Presley et al., 2013), promoviendo prácticas pedagógicas críticas e integradoras y una actitud de innovación docente con inteligencia emocional (Martín-Gámez et al., 2015; Viehmann et al., 2024).
2. *Desafíos en la Práctica Docente*: Los docentes enfrentan desafíos prácticos y pedagógicos que se relacionan, en primer lugar, con las restricciones de un currículo oficial rígido que limita su autonomía, la falta de apoyo institucional y de confianza profesional, así como la débil articulación entre la ciencia escolar,

los temas controvertidos y el contexto sociocultural de los estudiantes (Sadler, 2009; Mundim y Santos, 2012; Zeidler, 2014). A ello se suman la escasez de tiempo, recursos, espacios y condiciones para la investigación y el desarrollo de actividades centradas en el estudiante, la presión de las pruebas estandarizadas (Chen y Xiao, 2021); la planificación de discusiones cargadas de valores éticos poco habituales en la práctica docente, y la incertidumbre propia de los debates en torno a CSC, cuyo curso resulta difícil de prever (Genisa et al., 2020; Presley et al., 2013). Asimismo, influyen factores como la falta de motivación e interés de los estudiantes, sus preconcepciones, el trabajo aislado del profesorado, los grupos numerosos, la fragmentación curricular, las visiones tradicionales sobre la tecnología y las dificultades para comprender la dimensión ética de las controversias, lo que puede llevar a que los estudiantes no logren identificar con claridad la ciencia subyacente en los problemas socio científicos abordados (Martínez y Parga, 2013; Eggert et al., 2016).

3. *Superación de Barreras y Obstáculos*: La superación de los desafíos asociados a la implementación de las controversias socio-científicas (CSC) implica que los docentes enfrenten barreras vinculadas a sus conocimientos y experiencias previas, a las dificultades de comunicación con los estudiantes y a la resistencia al tránsito desde enfoques monológicos o autoritarios hacia prácticas pedagógicas dialógicas basadas en el intercambio de saberes, experiencias, historia y cultura entre los actores educativos (Kilinc et al., 2017). Dicha resistencia suele expresarse en actitudes negativas e inseguridad frente a metodologías que promueven una mayor colaboración y participación estudiantil, condicionadas además por las complejidades afectivas y emocionales propias de la adolescencia y por reacciones adversas ante el paso de modelos centrados en la escucha pasiva a otros orientados al hacer y al trabajo colaborativo (Reis, 2014). Comprender y superar estas barreras resulta clave para integrar eficazmente las CSC en el aula y consolidar entornos de aprendizaje más dinámicos y participativos (Wang, 2017), especialmente en los primeros años de escolaridad o en la educación de jóvenes y adultos, donde los estudios siguen siendo escasos (Montoya-Ocampo, 2022; Gomes y Lopes, 2023). Asimismo, la literatura evidencia una limitada atención al desarrollo de procesos de evaluación en el marco de las CSC, así como la necesidad de profundizar en investigaciones sobre sus efectos en la motivación, el razonamiento emocional y los procesos cognitivos de estudiantes y docentes; la articulación con entornos digitales (Karışan y Zeidler, 2024), prácticas científicas, educación rural, trabajo comunitario y colaborativo, diseños curriculares de carácter macro y otros enfoques pedagógicos como el aprendizaje situado o basado en proyectos, así como su incorporación en distintos campos de formación profesional, generando un sin fin de oportunidades de abordaje y aplicación (Torres-Merchán et al., 2023).

La superación de estos desafíos no solo requiere cambios en la práctica educativa, sino también un compromiso continuo con la formación y el desarrollo profesional, así como una adaptación constante a las necesidades y contextos de los estudiantes. La implementación exitosa de CSC puede transformar la educación científica, haciéndola más relevante, justa e inclusiva y conectada con los problemas

sociales contemporáneos; de manera que ni la ciencia ni la escuela sean escenarios neutrales ni políticamente silenciosos, sino que, por el contrario, aspiren al progreso del estudiantado, de sus familias y comunidad (Gomes et al., 2025).

1.5.2 Innovaciones Educativas y Proyectos de Aula

Un proyecto de aula es entendido por Högström et al., (2025), como un proceso de trabajo colaborativo orientado a dar respuesta a una pregunta compleja o un problema real, con el propósito de generar un producto o una acción concreta que responda a necesidades del contexto. Estos proyectos se constituyen como un aporte relevante en la enseñanza de las CSC, ya que promueven la participación activa de los estudiantes como constructores de su propio conocimiento (Carrión et al., 2025). De manera complementaria, se promueven objetivos relacionados con el fortalecimiento de la comunicación, la comprensión de la naturaleza de la ciencia —entendida como un conocimiento en construcción, resultado de la actividad humana y situada en contextos sociales y culturales— y la generación de condiciones que favorecen la participación democrática. Esta última se potencia al analizar la organización de la sociedad y las posibilidades de los individuos para incidir en los procesos de toma de decisiones, así como al desarrollar en los estudiantes la confianza y la disposición para interactuar con diversos actores sociales, tanto para aprender de sus perspectivas como para influir en la opinión pública o promover transformaciones sociales (Skolforskningsinstitutet, 2022).

La implementación de proyectos en los procesos de enseñanza se ha consolidado como una alternativa innovadora que favorece la comprensión de las energías renovables y su aporte al desarrollo sostenible (Mayasari et al., 2019). A través de esta dinámica, los estudiantes articulan capacidades de problematización, indagación y creatividad dentro de una práctica investigativa que los reconoce como sujetos activos en su contexto (Zabala y Gallego, 2018), con posibilidades reales de afrontar situaciones del entorno mediante la aplicación de saberes técnico-científicos (Farrera et al., 2011).

El trabajo por proyectos parte de una pregunta orientadora o de una situación problemática que estructura y da sentido a las actividades desarrolladas, las cuales culminan en la elaboración de productos o artefactos concretos (Castro y Oliveira, 2019). De este modo, se procura reproducir de la manera más auténtica posible los procesos propios de la investigación científica (Gerhátová et al., 2020; Piwowar-Sulej et al., 2023).

En este marco, el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) se ha definido de múltiples formas como una estrategia centrada en el estudiante (Santos et al., 2012), una metodología de enseñanza (Gallego et al., 2018), un método de instrucción (Tsaparlis et al., 2020; Vasiliene et al., 2020), una propuesta de aprendizaje activo (Domènech-Casal, 2018) y un enfoque pedagógico (Moalosi et al., 2012; Karpudewan et al., 2015; Angamarca et al., 2025) flexible y eficaz que permite:

- ✓ Mejorar la comprensión y actitud hacia las energías renovables: El ABP facilita una comprensión profunda del conocimiento energético y de las energías renovables, así como aspectos de actitud y comportamiento que permita a los ciudadanos adoptar decisiones y acciones energéticas responsables (DeWaters y Powers, 2009, 2011). Permite a los estudiantes explorar problemas reales y actuales mediante actividades de aprendizaje auténticas e interdisciplinarias, lo que fomenta una actitud responsable y decisiones informadas (Wang & Guo, 2021).

- ✓ Fomentar competencias esenciales: A través de esta metodología, los estudiantes fortalecen un conjunto amplio de habilidades y destrezas indispensables para su formación integral, entre ellas el trabajo colaborativo, la planeación y organización de tareas, así como la innovación, la creatividad, la iniciativa y la comunicación oral y escrita (Gallego et al., 2018). Del mismo modo, se promueve la argumentación, el razonamiento lógico y la capacidad para resolver problemas (Painter y Liyanapathirana, 2018), junto con la elaboración de modelos explicativos (Karpudewan et al., 2015) y la toma fundamentada de decisiones (DeWaters y Powers, 2011).

- ✓ Este enfoque también impulsa el pensamiento crítico y autónomo, favoreciendo un aprendizaje permanente y autodirigido, abierto a nuevas perspectivas y formas de actuar (Leite, 2017), así como la investigación activa y el desarrollo de habilidades cognitivas de orden superior (Halbi et al., 2017). Además, contribuye al fortalecimiento de competencias relacionadas con el emprendimiento, la empleabilidad, la responsabilidad social, el liderazgo y las relaciones interpersonales en contextos interculturales (Campo et al., 2023), así como de capacidades investigativas (Zabala y Gallego, 2018).

- ✓ De igual manera, potencia habilidades interdisciplinarias que permiten diseñar, construir y evaluar materiales, componentes, dispositivos y sistemas vinculados con diversas tecnologías de energías renovables (Chen et al., 2010; Ariza y Olatunde, 2023), preparando así a los estudiantes para afrontar con solvencia los retos profesionales del futuro (Alacapinar, 2008).

- ✓ Potenciar la motivación y participación: Al trabajar en proyectos relevantes y auténticos, los estudiantes muestran mayor interés y motivación, lo que contribuye a una mejora en el desempeño académico y actitudinal. El ABP ayuda a contrarrestar las bajas tasas de aprobación y fomenta una visión holística de la educación en energías renovables (Muñoz et al, 2019)

- ✓ Fomentar la reflexión y la integración curricular: El ABP permite reflexionar sobre el proceso de enseñanza-aprendizaje y crea un contexto educativo integrado, donde los contenidos y actividades se relacionan con experiencias prácticas y la cooperación con redes educativas y empresas (Carrabba y Farmer, 2018).

En el ABP, el papel del profesor es esencial. Actúa como orientador y guía, proporcionando los conocimientos necesarios en los momentos adecuados, aplicando herramientas pedagógicas para incrementar el interés de los estudiantes, fomentando un ambiente de confianza y una cultura de colaboración (Clares y Alarcón, 2018).

Por su parte, los estudiantes asumen un papel activo, convirtiéndose en pensadores y solucionadores de problemas que colaboran en la planificación y ejecución de proyectos. Esta participación activa permite a los estudiantes contribuir a la comunidad considerando factores económicos, sociales y ambientales, y adaptando su ritmo y estilo de aprendizaje a las necesidades del proyecto (Kokotsaki et al., 2016).

Los estudiantes son los que partiendo de lo que necesitan saber y verificando su conocimiento previo, marcan el ritmo, los estilos y los alcances del aprendizaje (Sánchez y Reyes, 2025). Todo esto a través de las siguientes etapas del proceso de ABP, identificadas en la revisión bibliográfica:

- ✓ Etapa Inicial: comprende el diagnóstico del contexto, de las ideas previas y estilos de aprendizaje de los estudiantes, de la información que el docente requiere para el establecimiento de objetivos, metas, aprendizajes y de la planeación para cumplirlos en el desarrollo de un proyecto complejo. Se establece además el tiempo, los equipos de trabajo según las características del grupo (Sánchez-López et al., 2018; Zhang et al., 2018).

- ✓ Etapa de desarrollo: se socializan las normas de trabajo, los propósitos de aprendizaje, los contenidos a abordar y los criterios de evaluación, así como el planteamiento de un problema pertinente y actual, una situación contextualizada o una pregunta orientadora. A partir de estos elementos, los estudiantes formulan interrogantes propios y proponen ideas, diseños de modelos, experimentos, artefactos y prototipos con miras a la búsqueda de soluciones. Este proceso exige el trabajo colaborativo y cooperativo, la asignación de roles y el ejercicio del liderazgo, así como la identificación, delimitación y caracterización del problema (Montealbán y Ramírez, 2016). De igual manera, los estudiantes definen condiciones y variables y analizan sus interrelaciones; reflexionan sobre la realidad socioeconómica de las comunidades desde principios como la equidad, la solidaridad, el bien común, la responsabilidad, la justicia y la libertad; investigan alternativas de solución desde la ciencia y la tecnología; ponen en juego su creatividad; formulan supuestos e hipótesis; debaten, realizan críticas constructivas y toman decisiones informadas. Asimismo, reconocen la secuencia del proceso de diseño e implementación del proyecto, ejecutan pruebas técnicas, analizan resultados, recopilan datos y planifican, diseñan y desarrollan prototipos (Vera et al., 2019). Finalmente, realizan ajustes, elaboran conclusiones, socializan los resultados, evalúan su propio desempeño y generan nuevas preguntas que les permiten articular el conocimiento teórico con la experiencia del mundo real (Sánchez y Reyes, 2025).

- ✓ Etapa Evaluación: En esta fase se lleva a cabo un acompañamiento permanente del proceso de aprendizaje, orientado a la comprensión del desempeño del estudiante tanto a nivel individual como colectivo. Entre las estrategias de evaluación más utilizadas en el trabajo por proyectos se encuentran la valoración de informes escritos, la elaboración de portafolios que recopilan evidencias del proceso, la producción de ensayos reflexivos, las exposiciones orales, así como la aplicación de encuestas y la evaluación entre pares (Celik, 2016). Desde un enfoque auténtico y formativo, la evaluación debe evidenciar de qué manera los saberes y experiencias construidas influyen en la configuración de nuevos valores y prácticas en estudiantes y docentes; además, debe favorecer espacios sistemáticos de retroalimentación y reflexión sobre los aprendizajes alcanzados, los errores conceptuales, las fortalezas, las debilidades y las posibilidades de mejora, promoviendo tanto la autoevaluación como la heteroevaluación del trabajo grupal (Ulazia e Ibarra, 2020).

De este modo, el ABP facilita la identificación de los saberes previos y de las concepciones alternativas que poseen los estudiantes en relación con las fuentes y tecnologías de energías renovables, lo que permite orientar el proceso formativo a partir de dichas comprensiones iniciales (Muñoz et al., 2019). Asimismo, promueve el análisis de los sistemas de energías renovables y la comprensión de su funcionamiento, la valoración de las necesidades de formación y capacitación tecnológica en este campo al servicio de la comunidad y del desarrollo productivo, y el trabajo colaborativo entre estudiantes de diversos contextos sociales, educativos y económicos, provenientes de ámbitos multidisciplinarios como universidades, colegios, institutos y escuelas técnicas. Este trabajo conjunto favorece el desarrollo de habilidades vinculadas con la comprensión, construcción, instalación y mantenimiento de tecnologías en energías renovables. Igualmente, el ABP impulsa la articulación con entidades gubernamentales y empresas, con el propósito de obtener apoyo para el diseño e implementación de proyectos que respondan a las demandas energéticas, optimizando el aprovechamiento de los recursos naturales disponibles (Gudemos y Giovanetti, 2008; Wang y Guo, 2021).

Diversas experiencias educativas en energías renovables desarrolladas en los niveles de educación primaria, secundaria y superior dan cuenta de la variedad de proyectos que pueden abordarse en este campo. Entre ellos se destacan el diseño y la implementación de estufas o fogones eficientes (Gomes et al., 2020); la construcción y análisis de sistemas de bombeo fotovoltaico y paneles solares (Korganci et al., 2016); y el desarrollo de sistemas solares para el calentamiento de agua (Tilca et al., 2016). Asimismo, se han propuesto iniciativas como el diseño de viviendas rotatorias que se orientan según la trayectoria del sol, sistemas de riego alimentados con energía solar y torres solares (Licera, 2007). Otros proyectos incluyen el diseño de aerogeneradores, cargadores de alta eficiencia para sistemas fotovoltaicos, experiencias de microenergía eólica con rotores Savonius (Chiou y Belu, 2013), así como el desarrollo de bombas de viento a escala de laboratorio, el análisis de la eficiencia de la composta y la biocomposta, la optimización de celdas de hidrógeno y biodigestores, y el diseño de sistemas para la generación de bioenergía (Quezada, 2017). Finalmente, se encuentran propuestas orientadas a la

integración de diferentes fuentes y tecnologías energéticas en sistemas de energía integrados (Hoque et al., 2022).

A continuación, se describen las principales variantes identificadas del aprendizaje basado en proyectos en la educación en energías renovables:

- ✓ ABP integrando STEM: Este enfoque interdisciplinar articula ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas con el propósito de responder a las demandas del siglo XXI. Su implementación fortalece los dominios cognitivo (conocimientos y procesos), afectivo y psicomotor del estudiantado (Tati et al., 2017), al involucrarse en la planificación, ejecución y evaluación de proyectos orientados a la solución de problemáticas locales y globales. Entre estas se encuentran la eficiencia y el consumo energético, las fuentes de energías renovables y sus impactos ambientales, así como asuntos vinculados con la salud, la prevención de enfermedades, los desastres naturales y la disponibilidad de recursos. Más allá de favorecer la apropiación de saberes científicos, tecnológicos y matemáticos necesarios para la toma de decisiones informadas, esta integración también contribuye al fortalecimiento de la autoconfianza y de actitudes positivas hacia estas áreas, promoviendo vocaciones profesionales en dichos campos y fomentando una ciudadanía más consciente y comprometida con el cuidado del entorno (Winarno y Maulana, 2020).

- ✓ ABP utilizando estrategias INTe-L y e-PBL: El ABP se potencia con el uso de tecnologías de la información y la comunicación, al incrementar la motivación, la interactividad y el compromiso tanto de estudiantes como de docentes (Ožvodlová y Gerhátová, 2013). En este marco, la estrategia INTe-L incorpora recursos como experimentos de laboratorio asistidos por computadora, prácticas remotas reales a través de Internet, simulaciones interactivas, experimentos virtuales en línea (haslets) y materiales educativos digitales, los cuales aportan fundamentos teóricos y herramientas para comprender y medir los fenómenos analizados. De forma complementaria, el ABP en modalidad virtual (e-PBL) promueve el desarrollo de habilidades mediante la exploración de contenidos con aplicaciones Web 2.0 —entre ellas wikis, redes sociales, portafolios electrónicos, foros, correo electrónico y chats— (Samsudin et al., 2014), facilitando el acceso ágil a la información, la profundización temática y el intercambio colaborativo de ideas en entornos sincrónicos y asincrónicos entre estudiantes, docentes y expertos, tanto a nivel nacional como internacional (Santos et al., 2012). En contextos de crisis sanitaria global, como la vivida durante 2020 y 2021, estas estrategias adquirieron un papel esencial para garantizar la continuidad de los procesos educativos en modalidades virtuales y a distancia (Paz et al., 2024).

- ✓ ABP con viaje de campo significativo: durante la definición del tema del proyecto, resultan especialmente valiosas las visitas planificadas a institutos, centros de ciencias, museos e industrias, en la medida en que amplían y contextualizan la información disponible para el estudiantado. Estas experiencias favorecen la creación de entornos de aprendizaje motivadores, el acercamiento a situaciones reales de la vida cotidiana y el fortalecimiento de actitudes responsables frente

al ambiente. Asimismo, posibilitan el diálogo con especialistas, la identificación directa de problemáticas y la generación de propuestas de solución que posteriormente se concretan en proyectos (Tortop & Özek, 2013; Güler y Afacan, 2013).

- ✓ Proyectos de Aprendizaje en Servicio: esta modalidad de ABP incorpora una dimensión cívica, permitiendo a los estudiantes reconocer problemáticas presentes en su comunidad y comprometerse activamente en su abordaje (Merritt et al., 2019). A través de este enfoque, la comunidad recibe un aporte significativo y acompañamiento institucional, mientras que el estudiantado tiene la oportunidad de aplicar sus conocimientos en contextos reales, reflexionar sobre la experiencia vivida y comprender la relevancia de la ciencia en su vida cotidiana. Además, este tipo de iniciativas contribuye al fortalecimiento de habilidades interpersonales y organizativas, así como al desarrollo de la autoconfianza (Kandpal y Broman, 2017). Entre las acciones que pueden derivarse de estos proyectos se encuentran procesos de educación comunitaria, la organización de ferias de energía y la elaboración y utilización de modelos para analizar sistemas energéticos, sus fuentes y sus impactos (Puspitasari, 2025).

- ✓ Actividades Tecnológicas Escolares (ATE): se configuran como prototipos pedagógicos que posibilitan el desarrollo de propuestas escolares orientadas a la comprensión crítica del saber tecnológico, los procesos de producción de artefactos, sus implicaciones ambientales y sus repercusiones a escala global. A través de la construcción de dispositivos basados en energía solar, térmica o eólica, se generan espacios de análisis, reflexión y acción en torno a su diseño y funcionamiento. No obstante, su implementación depende en gran medida de las condiciones institucionales y de los recursos disponibles por parte de la comunidad educativa, tales como infraestructura, materiales, presupuesto, tiempos y organización de la jornada escolar (Quintana et al., 2018).

- ✓ Experimentos Prácticos: son herramientas didácticas especialmente pertinentes para estudiantes con estilos de aprendizaje activo, visual y sensorial (Pantchenko et al., 2011), dado que facilitan la comprensión interactiva de conceptos complejos (Yildiz, 2012) y permiten constatar en tiempo real principios y fundamentos operativos de distintos dispositivos (Lavado et al., 2024). Además, contribuyen a fortalecer el interés y la disposición hacia el estudio de la ciencia, al evidenciar de manera concreta cómo se desarrollan proyectos prácticos en el ámbito energético. En este sentido, el trabajo experimental puede plantearse como la resolución de un problema, de modo que el laboratorio trascienda la simple verificación de leyes físicas o la ejecución mecánica de procedimientos, y se convierta en un espacio para la construcción de conocimientos significativos y el fomento de prácticas de análisis, debate e indagación (Arregui et al., 2015; Espinosa et al., 2016).

2. PERSPECTIVAS METODOLÓGICAS

En coherencia con el problema de investigación —centrado en el diseño, desarrollo, sistematización y fundamentación conceptual de prototipos sucesivos basados en Cuestiones Sociocientíficas (CSC) y proyectos de aula para una Educación en Energías Renovables (EER), implementados como innovación pedagógica en la básica secundaria de la IE Técnica Francisco José de Caldas del municipio de Socotá— se adopta el enfoque metodológico de *Design Research* en su modalidad de estudio de desarrollo, asumiendo la práctica educativa como un proceso investigativo en sí mismo (Reimann, 2010; Weber et al., 2014; Porcaro y Reeves, 2018).

Desde esta perspectiva, las innovaciones se conciben como propuestas diseñadas, aplicadas y valoradas de manera colaborativa para dar respuesta a problemáticas del contexto escolar mediante acciones con pertinencia social (Fauzan et al., 2018). En consecuencia, deben ser construidas e implementadas por los propios actores de la comunidad educativa, favoreciendo su crecimiento personal, social e intelectual (Sales y Nonato, 2018), atendiendo a las necesidades específicas de la institución y proporcionando referentes teóricos y metodológicos que permitan analizar su carácter innovador. Este proceso puede derivar en transformaciones curriculares, en cambios en las prácticas pedagógicas, en la relación docente-estudiante y en las concepciones sobre enseñanza y aprendizaje, así como en la cultura institucional, los valores y las actitudes de sus miembros (Sousa et al., 2016; Kalyani y Rajasekaran, 2018), aspectos que orientan la formulación de propuestas de EER con enfoque CTS (Zúñiga-González y Valverde-Berrocoso, 2021).

El enfoque *Design Research* se incorporó al campo de la educación como una alternativa frente a las críticas que señalaban la baja relevancia social y la limitada utilidad práctica de algunas investigaciones para dar respuesta a problemáticas presentes en los contextos escolares (Reeves et al., 2005; Barbosa y Oliveira, 2015), así como a la insuficiente articulación entre los actores del desarrollo educativo y las débiles conexiones entre niveles y sistemas formativos (Van den Akker, 2007). *Design Research* se concibe como un proceso contextualizado, sistemático y articulado que integra el diseño, desarrollo y evaluación de intervenciones educativas mediante ciclos iterativos, construidos socialmente a partir de un marco lógico y flexible, con el propósito de generar propuestas pedagógicas efectivas y con impacto en diversos contextos y dominios sociales (Bannan, 2003). Este enfoque reconoce el conocimiento y la experiencia de las comunidades de aprendizaje implicadas y recurre de manera complementaria a metodologías cuantitativas y cualitativas para comprender la complejidad de los procesos educativos (Design-Based Research Collective, 2003; Nonato y Matta, 2018).

En este sentido, las investigaciones basadas en el diseño integran de manera cíclica e interrelacionada procesos de análisis, planificación, diseño, implementación y evaluación de secuencias de enseñanza, incorporando la sistematización y revisión continua (Shattuck y Anderson, 2013). Este enfoque

busca mejorar las propuestas educativas y comprender con mayor profundidad la forma en la que aprenden lo estudiantes, aportando al fortalecimiento de la práctica docente. A través de estos ciclos iterativos es posible sistematizar experiencias y generar conocimiento que pueda ser útil para abordar problemáticas educativas en contextos específicos (Guisasola y Oliva, 2020).

Según plantean Kelly (2009) y Lehrer (2019), el *Design Research* resulta especialmente pertinente cuando el contenido a enseñar es emergente o incluso está en proceso de construcción por parte de los propios expertos; cuando no existen orientaciones claras sobre cómo abordarlo pedagógicamente cuando los materiales didácticos son insuficientes o inexistentes; cuando las competencias docentes requieren fortalecimiento; cuando los investigadores en educación presentan limitaciones en el dominio del contenido o en las estrategias y recursos de enseñanza; y cuando factores sociales o políticos inciden de manera desfavorable en los procesos educativos.

Desde esta perspectiva, no se busca diseñar e implementar intervenciones acabadas —como programas, materiales o currículos definitivos—, sino avanzar mediante la construcción y ajuste de prototipos sucesivos que respondan progresivamente a criterios de innovación y pertinencia (Van den Akker, 2009). Se pretende que los conocimientos desarrollados sean aplicables y operativos en la práctica (Bannan, 2003), ofreciendo alternativas para abordar problemáticas complejas del ámbito educativo y, al mismo tiempo, generar aportes teóricos sobre las características, procesos de diseño, usos e impactos de las intervenciones en contextos reales, de modo que puedan ser transferidas y adaptadas por otros profesionales (Plomp, 2009; Nieveen, 2009; Almeida et al., 2016; Plomp, 2018; Marks y Chase, 2019; Sepúlveda, 2020).

Asimismo, el *Design Research* se configura como un enfoque integral sustentado en ciclos iterativos de planificación, acción, reflexión y producción de conocimiento, guiados por referentes teóricos y retroalimentados de manera continua (Reis et al., 2016). Este enfoque proporciona lineamientos metodológicos que favorecen la sistematicidad y el rigor investigativo (Sepúlveda et al., 2016), además de generar comprensiones profundas sobre los estudiantes, los procesos de aprendizaje y cognición, el contexto sociocultural, y las perspectivas tanto de expertos como de principiantes y demás actores involucrados (Bannan, 2009; Gero, 2011).

El enfoque *Design Research* se configura como un proceso investigativo sistemático que implica la identificación y el análisis conjunto del problema por parte de investigadores y docentes, así como la revisión de antecedentes empíricos y literatura especializada pertinente. A partir de esta base, se diseñan y desarrollan versiones sucesivas —prototipos— de intervenciones educativas sustentadas tanto en marcos teóricos como en la experiencia pedagógica, las cuales se implementan y validan en los contextos reales para los que fueron concebidas (Quintas et al., 2018). Este enfoque exige la formulación de preguntas significativas, la definición de fundamentos conceptuales y estrategias de recolección de información, así como la coherencia interna entre los componentes del diseño. Además, contempla la

socialización del diseño, su implementación y los resultados ante el equipo de trabajo y la comunidad académica, con el fin de ajustar y perfeccionar los prototipos mediante ciclos continuos de desarrollo y evaluación (Santos et al., 2018). De este modo, es posible comprender el funcionamiento de la innovación en escenarios auténticos, derivar principios de diseño y optimizar las características de la propuesta educativa para su aplicación práctica (Plomp, 2018). Las fases de análisis, diseño, evaluación y revisión se reiteran hasta alcanzar una correspondencia adecuada entre lo planificado y lo ejecutado (Plomp, 2013).

Las características de Design Research mencionadas en Barab y Squire (2004, 2016); Reeves et al. (2005); Anderson y Shattuck (2012); McKenney y Reeves (2014); Romero (2014); Plomp (2009; 2018); Gravemeijer y Cobb (2018); Guisasola, (2024), incluyen:

- Diseño de una intervención en un entorno del mundo real.
- Abordaje de problemas complejos, concretos de la vida escolar y de base amplia, críticos para la educación; a través del desarrollo de soluciones prototípicas.
- Integración de principios de diseño conocidos e hipotéticos con las posibilidades tecnológicas para ofrecer soluciones plausibles a estos complejos problemas.
- Iteración de los ciclos de análisis, diseño y desarrollo, evaluación y revisión para el perfeccionamiento continuo de la intervención; lo cual la hace una investigación rigurosa y reflexiva para probar y refinar entornos de aprendizaje innovadores, así como para revelar nuevos principios de diseño.
- Orientación del proceso, prestando atención en la comprensión y mejoramiento de las intervenciones, garantizando que la investigación sea directamente aplicable y tenga impacto en estudiantes y profesorado en el aula.
- Orientación hacia la utilidad, así el mérito de un diseño se establece, en parte, por su practicidad para los usuarios en contextos reales; investiga por qué funcionó el diseño y cómo se puede generalizar a otros entornos de aprendizaje.
- Orientación teórica, el diseño se basa (al menos en parte) en un marco conceptual y en proposiciones teóricas, mientras que la evaluación sistemática de prototipos consecutivos de la intervención contribuye a la construcción de la teoría.
- El Design Research normalmente se lleva a cabo en un ciclo de dos a cinco años y, en algunos casos, será una empresa continua durante períodos aún más largos.
- Implica la participación activa y colaboración entre investigadores y docentes en las distintas etapas y actividades de la investigación, lo que permite

aclarar gradualmente tanto el problema en juego, como las características de su posible solución. El trabajo colaborativo entre equipos de investigación multidisciplinarios y multiprofesionales —integrados por investigadores en educación, docentes y demás actores implicados— resulta fundamental para construir respuestas concretas al problema estudiado mediante una intervención educativa como producto final.

En este sentido, es clave mantener una actitud flexible frente a posibles ajustes en los objetivos, métodos, instrumentos y formas de reporte dentro de la agenda investigativa (Svihla y Linn, 2012). Dado que el *Design Research* es un enfoque relativamente reciente en el ámbito educativo, se subraya también la necesidad de adoptar estrategias creativas para la difusión de los resultados, a través de congresos internacionales, revistas impresas y digitales, libros y plataformas web, de modo que los hallazgos contribuyan de manera significativa a la comunidad académica mediante marcos conceptuales y orientaciones aplicables en otros escenarios (Reeves et al., 2005).

La labor de los investigadores en Design Research puede organizarse de dos formas principales: por un lado, mediante la conformación de dos equipos diferenciados, uno integrado por todos los participantes involucrados en el diseño y desarrollo del producto educativo y otro compuesto exclusivamente por investigadores; y, por otro, a través de un único grupo en el que todos los actores participan de manera conjunta en las fases de diseño, desarrollo, evaluación, ajuste del producto e investigación. Esta última modalidad ha contribuido a reducir la distancia entre investigación y práctica, garantizando la pertinencia y calidad de los estudios educativos, fortaleciendo el desarrollo profesional docente, promoviendo su empoderamiento y favoreciendo transformaciones en la cultura organizacional de la escuela (McKenney y Reeves, 2014; Almeida et al., 2016).

La naturaleza sistemática del *Design Research* llevó a Plomp (2009, 2013, 2018) a proponer una formulación general para orientar las preguntas de investigación en este tipo de estudios: “¿cuáles son las características de una intervención x orientada a alcanzar determinados resultados (y1, y2, y3…) en un contexto z?” (Plomp, 2018, p. 47). Cada ciclo de investigación debe iniciarse con una o varias preguntas que expliciten los criterios de calidad priorizados, lo cual orienta la construcción y el desarrollo de un diseño metodológico coherente con dichos propósitos.

Uno de los principales retos del *Design Research* consiste en identificar y hacer explícitas las decisiones que orientan el diseño de una intervención educativa y transformarlas en enunciados heurísticos que permitan enfrentar problemáticas pedagógicas. Estos enunciados se concretan en principios de diseño o teorías de intervención, construidos a partir de la reflexión sistemática de la literatura en diálogo con los saberes y experiencias de los participantes. En ellos se integran los propósitos de la intervención —como los objetivos de aprendizaje y las expectativas de enseñanza—, sus características sustantivas relacionadas con los contenidos, los enfoques temáticos y metodológicos, los procedimientos didácticos (actividades de enseñanza, formas de interacción, manejo del discurso y lenguaje empleado),

así como las condiciones de implementación y los fundamentos teóricos y empíricos que los sustentan (Nieveen, 2009; Sutter et al., 2019).

Van den Akker (2007, 2009, 2018) propone un esquema para formular dichos principios de diseño, expresado de la siguiente manera: si se pretende desarrollar una intervención *X* con el propósito o función *Y* en un contexto *Z*, resulta recomendable dotarla de determinadas características (*A, B y C*) y llevarla a cabo mediante procedimientos específicos (*K, L y M*), sustentados en argumentos teóricos y empíricos (*P, Q y R*).

Cuando, en un ciclo particular de la investigación, el prototipo no alcanza los resultados esperados, ello indica que los principios de diseño aún no son plenamente eficaces, lo que conduce a procesos de rediseño y ajuste de la intervención, acompañados del refinamiento progresivo de la teoría de diseño (Balaya, 2014). Tras varias iteraciones, si el análisis de los datos de evaluación muestra que los resultados obtenidos se aproximan de manera satisfactoria a los previstos, puede afirmarse que los principios de diseño han demostrado su efectividad y que se ha construido una teoría local, válida para un contexto específico (Plomp, 2009). Esto significa de acuerdo con Plomp (2018), y con respecto a la pregunta central de investigación, que el investigador o grupo de investigación llegará a la siguiente conclusión con respecto a su intervención:

En el contexto Z, la intervención X (con determinadas características) conduce a los resultados Y1, Y2, ..., Yn. Esta premisa orientó la formulación de las conclusiones de la presente investigación.

De este modo, los principios de diseño cumplen una función orientadora para el profesorado, al apoyar la selección y aplicación del conocimiento más pertinente en las tareas de diseño y desarrollo, así como en los procesos de juicio y toma de decisiones previos a la acción pedagógica (Sepúlveda, 2020). Asimismo, contribuyen a la construcción de un lenguaje común que facilita la producción y comunicación de conocimiento proposicional, condición necesaria para otorgar legitimidad y rigor a la investigación docente (Sepúlveda et al., 2016). Estos principios también sirven de guía para que otros docentes puedan diseñar e implementar innovaciones educativas similares, comprender sus características y procedimientos, reconocer los efectos de la intervención y los mecanismos que permiten alcanzar determinados objetivos formativos en contextos con rasgos afines al escenario investigado (Fullan, 2018).

No obstante, dado que el *Design Research* no persigue generalizaciones descontextualizadas, los principios de diseño deben entenderse como orientaciones heurísticas que ofrecen dirección, pero no garantías absolutas (Plomp, 2018). En consecuencia, lo que puede generalizarse son los principios de planificación y no la intervención específica en sí misma (Sarmento et al., 2016). Con el fin de ampliar las posibilidades de transferencia, Van den Akker (2018) sugiere la realización de encuentros interactivos con especialistas de contextos relacionados, en los que se discuta la plausibilidad de los resultados y su potencial aplicación en situaciones y actividades afines.

El enfoque de *Design Research* presenta, además, un conjunto de potencialidades para el desarrollo educativo: en primer lugar, propicia el contraste de perspectivas que enriquecen tanto la práctica pedagógica como el conocimiento teórico en el diseño e implementación de soluciones educativas (Albe, 2021); en segundo lugar, expone a los participantes a nuevas ideas y comprensiones que fortalecen las prácticas docentes en contextos escolares reales (Machado et al., 2016); en tercer lugar, fomenta la articulación entre comunidades que desarrollan innovaciones y aquellas que pueden apropiarse de ellas (Barbosa y Oliveira, 2015). Adicionalmente, posibilita la sistematización de información relevante para la toma de decisiones pedagógicas en la planificación de la enseñanza (Sepúlveda, 2020) y reconoce la complejidad inherente a los procesos de mejora curricular, al buscar coherencia y equilibrio entre los distintos componentes del currículo, tales como la visión, los objetivos, los contenidos, las actividades de aprendizaje, el rol docente, los recursos, la organización de los grupos, los espacios, el tiempo y la evaluación (Van den Akker, 2018).

En la práctica investigativa, el *Design Research* contempla dos modalidades de estudio que pueden desarrollarse de manera complementaria. Por un lado, se encuentran los estudios de validación, orientados al diseño de entornos o trayectorias de aprendizaje con el fin de poner a prueba y sustentar teorías sobre cómo ocurre el aprendizaje y sobre la manera en que pueden configurarse dichos entornos educativos (Guimarães et al., 2016). Por otro, los estudios de desarrollo se centran en la formulación de principios de diseño destinados a la creación de intervenciones innovadoras, funcionales y pertinentes para la práctica pedagógica, mediante el análisis de prototipos implementados en sus contextos reales, la reflexión sobre el propio proceso investigativo y la profundización en el conocimiento de las características, así como de los procesos de diseño y desarrollo de dichas intervenciones (Plomp, 2018). La presente investigación aborda la modalidad de estudios de desarrollo.

Asimismo, en el *Design Research* es posible que el investigador asuma simultáneamente los roles de diseñador, evaluador e implementador. Para abordar este desafío sin comprometer la objetividad del estudio Plomp (2018) sugiere la adopción de diversas estrategias que permitan mitigar posibles conflictos de interés. Entre ellas se destacan: someter la investigación al escrutinio y la crítica de expertos externos al proyecto; transitar desde una mirada inicial centrada en el “diseñador creativo” hacia una postura más propia del “investigador crítico” en las fases posteriores, caracterizada por sólidas competencias organizativas y comunicativas, así como por un dominio riguroso del proceso investigativo que posibilite decisiones cuidadosas orientadas a maximizar el valor del estudio y reducir riesgos para su calidad; y, finalmente, contar con un diseño metodológico robusto que incluya estrategias de triangulación para fortalecer la calidad de los datos y sus análisis inductivos y deductivos, la verificación empírica tanto de la usabilidad como de la eficacia de la intervención, y una documentación sistemática del diseño, desarrollo, implementación y evaluación. Este diseño debe, además, ofrecer una descripción detallada del contexto, de las decisiones de diseño y de los resultados obtenidos,

atendiendo de manera explícita a la validez y confiabilidad de los datos y de los instrumentos mediante el uso de diversos métodos y técnicas.

El enfoque metodológico *Design Research*, se lleva a cabo en la implementación cíclica de fases mencionadas en Bannan (2003); Cobb et al., (2003); Plomp (2009; 2018); Kelly, (2009); Valverde, (2016); Van den Akker, (2009; 2018); Sepúlveda et al. (2016); Sepúlveda (2020); Guisasola et al., (2021; 2024).

Fase de investigación preliminar: En esta etapa se lleva a cabo un análisis amplio del contenido, de las problemáticas y de las necesidades presentes en un contexto real de enseñanza y aprendizaje, acompañado de una revisión rigurosa de la literatura pertinente y de la construcción de un marco conceptual que oriente el estudio. Dicho marco considera los componentes curriculares esenciales —visión o justificación, metas y objetivos, contenidos, actividades de aprendizaje, rol docente, recursos y materiales, organización de los grupos, espacios, tiempos y evaluación— . Además, se examinan las particularidades del contexto y la dinámica del trabajo pedagógico en el aula (Caldas y Costa, 2016), así como las concepciones alternativas de los estudiantes y sus posibles orígenes, con el fin de favorecer procesos de cambio conceptual. También se identifican y caracterizan los estados iniciales de conocimiento de estudiantes, docentes, investigadores y expertos. Como resultado de esta fase, deben definirse objetivos de aprendizaje claros y coherentes, integrarse un modelo teórico en el diseño propuesto y formularse preguntas de investigación y criterios de evaluación consistentes con dicho modelo (Guisasola, et al., 2024).

Fase de prototipado: Tras la delimitación del problema, se desarrollan ciclos sucesivos de diseño, implementación piloto, análisis, evaluación formativa y ajuste de la intervención. En estos ciclos, los principios de diseño se validan, se reformulan o se reemplazan según los hallazgos obtenidos. Cada iteración puede generar nuevas preguntas teóricas y prácticas que dinamizan el proceso investigativo, así como ampliar la participación de estudiantes y docentes-investigadores. El prototipo se perfecciona de manera progresiva a partir de los resultados de la evaluación formativa hasta aproximarse a un producto consolidado. En este proceso es relevante emplear estrategias e instrumentos que estimulen el cuestionamiento, el debate argumentado y la reflexión, ajustando la complejidad de las actividades a las características del estudiantado.

De acuerdo con Nieveen y Folmer (2013), el desarrollo de un prototipo suele transitar por diversas etapas: en primer lugar, la formulación de especificaciones de diseño, que consiste en una descripción inicial y general de la intervención, fundamentada en la fase preliminar; en segundo lugar, la construcción de una intervención global, en la que algunos o todos los componentes se desarrollan con mayor detalle, aunque aún no están listos para su aplicación; en tercer lugar, el desarrollo de partes específicas de la intervención, elaboradas con el nivel de concreción necesario para su uso por el grupo destinatario, pudiendo abordarse por subetapas centradas en componentes particulares; y, finalmente, la intervención completa, suficientemente estructurada y detallada para su implementación en el contexto previsto.

Fase de evaluación: La evaluación formativa cumple un papel central al permitir el seguimiento continuo del avance de la investigación hacia la apropiación del conocimiento disciplinar, orientando el diseño del prototipo y sustentando su rediseño iterativo cuando es necesario. Esta evaluación, junto con procesos de evaluación (semi)sumativa, se desarrolla de manera transversal y sistemática a lo largo de todo el estudio —desde el diseño metodológico hasta la recolección, análisis e interpretación de datos y la elaboración de informes— con el propósito de valorar en qué medida la intervención alcanza los resultados previstos. Dicho proceso posibilita la validación de los principios de diseño y el perfeccionamiento progresivo del prototipo hasta consolidarlo como un producto educativo de alta calidad. Para ello, resulta fundamental definir con claridad los componentes del prototipo que serán objeto de evaluación, así como los alcances y límites de dicha valoración.

Reflexión y documentación sistemáticas: Estas actividades se desarrollan de forma continua durante todos los ciclos de la investigación y constituyen un soporte clave para el análisis retrospectivo del proceso. A partir de ellas se elaboran y validan principios de diseño y constructos teóricos que orientan la selección y aplicación de conocimientos sustantivos y procedimentales pertinentes para la planificación y el desarrollo de intervenciones educativas.

El análisis de la literatura especializada sobre el enfoque metodológico *Design Research* evidencia que una proporción significativa de los estudios revisados (38%) se encuentra aún en una etapa de fundamentación teórica, lo que pone de manifiesto la necesidad de investigaciones que lleven este enfoque a la práctica y fortalezcan las metodologías de enseñanza en el ámbito de la educación en energías renovables, especialmente en el contexto colombiano. Asimismo, se observa que la mayoría de las investigaciones que emplean *Design Research* se concentran en países como Brasil (51 %), Estados Unidos (24 %) y los Países Bajos (11 %). Tal distribución refuerza la idea de que, en este enfoque, el contexto define tanto las problemáticas educativas como las soluciones más pertinentes, de las cuales se derivan principios de diseño que no son universalizables, sino que ofrecen orientaciones valiosas para estudios desarrollados en escenarios con características similares.

2.1 Paradigma Metodológico de la Investigación

La presente investigación se enmarca en el paradigma sociocrítico (Carr y Kemmis, 1988), cuyo marco filosófico y epistemológico defiende la premisa de que la ciencia educativa no posee un carácter neutral, por el contrario, es profundamente transformadora de las realidades sociales, reflexiva y comprometida con la praxis (Habermas, 1982); operando bajo un interés emancipatorio, buscando resolver problemas prácticos mediante la introducción consciente de mejoras en contextos situados (Melero, 2011). Así mismo, el paradigma sociocrítico es el único marco capaz de articular las complejidades contextuales planteadas en los objetivos de esta investigación; asumiendo el conocimiento como un constructo históricamente

situado y mediado por las condiciones socioculturales, ambientales y geográficas de los sujetos (Popkewitz, 1988).

En coherencia con lo anterior, es claro que los problemas energéticos globales no pueden abordarse desde abstracciones universales descontextualizadas, sino desde las realidades locales y los ecosistemas vivos de los participantes. De igual manera, el enfoque design research es coherente con la lógica sociocrítica, puesto que asume la coproducción de saberes en una comunidad de práctica, validando la relevancia teórica del estudio a través de su utilidad práctica y su capacidad para transformar y emancipar la educación en energías renovables, promoviendo una conciencia socioambiental crítica y contextualizada.

2.2 Métodos

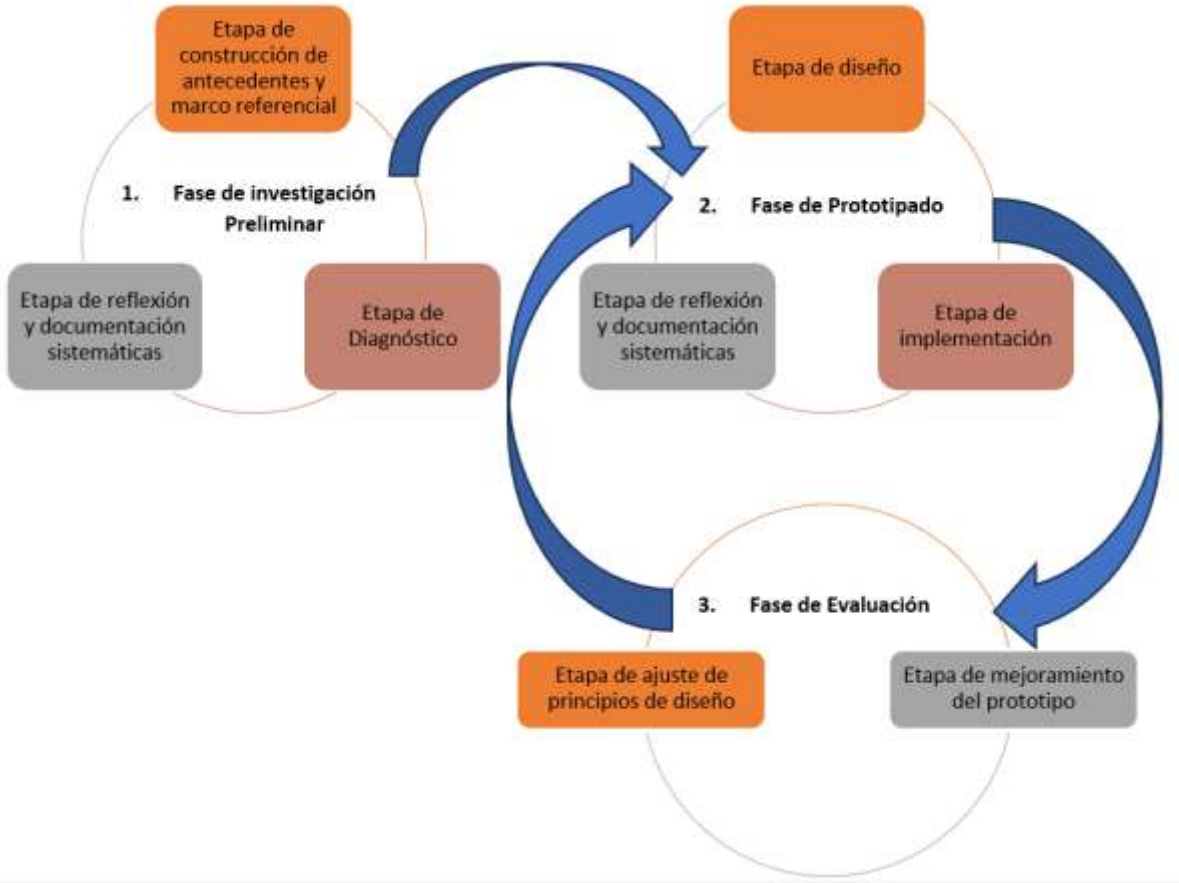
La dinámica cíclica propia del enfoque *Design Research* posibilita la integración de diversos métodos de investigación, articulados de manera coherente con las necesidades y características del contexto de estudio. En el presente proyecto se adoptan métodos de carácter exploratorio-descriptivo, los cuales permiten abordar el fenómeno desde una perspectiva comprensiva y progresiva.

En los estudios exploratorios se estructuran e identifican problemáticas de investigación poco estudiadas o que no han sido analizadas previamente, tales como pruebas de viabilidad, evaluaciones comparativas y aproximaciones cualitativas iniciales. Según Bannan (2009), este tipo de estudios facilita la delimitación de problemas emergentes y la construcción inicial del objeto de estudio. Asimismo, Saka et al. (2023) señalan que la investigación exploratoria contribuye a ampliar y profundizar el conocimiento sobre los fenómenos analizados, permitiendo explicar con mayor claridad el problema investigativo, ya sea partiendo de hipótesis previas o desde una aproximación flexible que se ajusta al desarrollo del estudio. En este sentido, el investigador puede optar por distintas categorías metodológicas, entre las que Abreu (2014) identifica: (1) encuestas de experiencia, (2) análisis de datos secundarios, (3) estudios de caso y (4) estudios piloto.

Por su parte, los estudios descriptivos buscan precisar, con el mayor nivel de detalle posible, las características, propiedades, dimensiones o componentes identificados en la fase exploratoria. De acuerdo con Díaz y Calzadilla (2016), estos estudios pueden desarrollarse mediante enfoques cualitativos y cuantitativos, favoreciendo una caracterización rigurosa del fenómeno. A su vez, Arteaga et al. (2017) destacan que la investigación descriptiva puede generar información rica y sustantiva que derive en recomendaciones relevantes, a partir de técnicas de recolección de datos como encuestas, entrevistas, observaciones y análisis de portafolios.

2.2 Proceso metodológico

***Figura 1**. Fases y etapas del proceso metodológico*



Fuente: Elaboración propia

Tabla 1. *Etapas del proceso metodológico*

Fases	Etapas	Actividades
Fase de investigación preliminar	Etapa de construcción de antecedentes y marco referencial.	Revisión de la literatura sobre la EER, cuestiones socio científicas, la metodología ABP en la EER y design research; basada en la metodología del Mapeamiento Bibliográfico Informacional (Molina et al, 2005). Se realizó una búsqueda bibliográfica en las bases de datos Eric, Dialnet, Scielo, Science Direct, Springer y Google Académico, utilizando términos de búsqueda “Educación en energías renovables”, “Renewable energy education”, “Educación energética”, “Energía Renovable + Enseñanza” ,“Energía Renovable + Aprendizaje”, “Cuestiones socio científicas”, “Aprendizaje basado en proyectos”, “CSC+CTS” “CSC + Educación en energías renovables”, “CSC + ABP”, “design research”, “investigación del diseño”. Esta búsqueda produjo un inventario de

Fases	Etapas	Actividades
		560 documentos los cuales se analizaron a partir de la lectura completa de los mismos y de la sistematización de la información en una hoja de cálculo del Programa Excel, lo que permitió la caracterización de enfoques y campos temáticos desarrollados y profundizados mediante el análisis de contenido en los antecedentes y en el marco referencial, que además permitieron realizar el análisis de los resultados obtenidos y se relacionan en la bibliografía. Los criterios de inclusión se basaron principalmente en documentos tipo artículos científicos, capítulos de libros o tesis de posgrado, publicados en un rango de los últimos 10 años, redactados en español, inglés o portugués.
	Etapa de Diagnóstico	1. Identificación de (i) cuál es el conocimiento que tienen los docentes que dictan en los grados sexto, acerca de la metodología de aprendizaje basado en proyectos, (ii) qué metodologías utilizan en sus clases, (iii) cuáles son las principales barreras que limitarían la aplicación del aprendizaje basado en proyectos como método docente en sus asignaturas, y (iv) su predisposición a aplicar el aprendizaje basado en proyectos y las CSC como metodologías que posibiliten a los estudiantes la identificación y resolución de problemáticas en materia de energías renovables articuladas a su contexto sociocultural, ambiental y geográfico; (v) los conocimientos de los docentes en materia de fuentes de energías renovables, sus formas de producción, sus impactos a nivel regional y la relación que pueden establecer entre estos contenidos con su asignatura; a través de un cuestionario de preguntas abiertas, previamente validado por expertos, aplicado a docentes de todas las áreas.
		2. Identificación de los conocimientos de los estudiantes en materia de fuentes de energías renovables, sus formas de producción e impactos a la sociedad, el ambiente, la economía, etc.; a nivel regional, a través de una encuesta (pre-test), previamente validada por expertos.

Fases	Etapas	Actividades
	Etapa de reflexión y documentación sistemáticas.	Sistematización de los datos obtenidos en los instrumentos aplicados, llevada a cabo por la docente investigadora.
Fase de prototipado	Etapa de Diseño	Conformación de la comunidad de práctica (CoP), que lleva a cabo la reflexión acerca del análisis de los resultados obtenidos, evaluando la relevancia de la intervención y con base en la literatura consultada y el contexto del municipio de Socotá, llegan a un consenso acerca de los principios que guiarán el diseño del prototipo de la intervención educativa, que serán validados y/o refinados en la implementación de la misma.
		Con base en los principios de diseño establecidos, la CoP define los objetivos de la intervención educativa, los contenidos a trabajar desde cada asignatura, la cuestión socio científica a partir de la cual se oriente a los estudiantes a la identificación y resolución de problemáticas en materia de energías renovables articuladas a su contexto sociocultural, ambiental y geográfico; la secuencia del proceso de diseño e implementación del proyecto por parte de los estudiantes, que les llevará a dar respuesta a la cuestión socio científica; los criterios e instrumentos de evaluación individual y en equipo de los estudiantes durante todo el proceso, los espacios de retroalimentación y reflexión, que permitan identificar fortalezas, debilidades y oportunidades de mejora.
	Etapa de Validación	Validación de la intervención educativa y de los instrumentos de evaluación por parte de la CoP y por expertos.

Fases	Etapas	Actividades
	Etapa de Implementación	Implementación del prototipo de la intervención educativa, desde las diferentes asignaturas. Como instrumento se aplicarán observaciones de aula (implementada por el investigador) y grabación de las sesiones, se realiza una narrativa con los docentes sobre la metodología utilizada (implementada por el investigador), con el fin de determinar la practicidad y efectividad real de la intervención implementada.
	Etapa de reflexión y documentación sistemáticas.	Sistematización de los datos obtenidos en los instrumentos aplicados, llevada a cabo por la docente investigadora.
Fase de evaluación	Etapa de ajuste de los principios de diseño.	Análisis llevado a cabo por la CoP, sobre los resultados obtenidos, evaluando la practicidad y efectividad real de la intervención, con el fin de verificar si se realiza algún ajuste o es necesario complementar los principios de diseño teniendo en cuenta criterios de practicidad y la eficacia.
	Etapa de mejoramiento del prototipo	Con base en lo anterior proponer mejoras del prototipo (Volver a la fase de prototipado).

Fuente: Elaboración propia

El equipo docente-investigador definió el problema de estudio, realizó la revisión de la literatura pertinente y, a partir del análisis del contexto específico, consensuó los principios metodológicos que orientarían el diseño del prototipo de la propuesta, es decir, los principios de diseño. Estos principios serían posteriormente validados y/o refinados durante la fase de desarrollo y pilotaje, tal como lo señala Romero (2014). La identificación de principios de diseño —entendidos como las características fundamentales de una secuencia de enseñanza y aprendizaje que emergen de la investigación para orientar las actividades de diseño— constituye un elemento esencial en la estructuración de acciones pedagógicas en el aula. Según Plomp (2013), estos principios no solo orientan la construcción de la intervención, sino que también se convierten en punto de partida para el desarrollo de nuevas propuestas educativas fundamentadas teóricamente.

2.3 Población

La intervención educativa se desarrolla en la IE Técnica Francisco José de Caldas, ubicada en el municipio de Socotá, con una muestra de 60 estudiantes de grado sexto. El plan de estudios contempla como ejes temáticos de la asignatura de física las relaciones entre universo, naturaleza, física y ser humano, así como los conceptos de trabajo, potencia y energía; contenidos que se articulan directamente con el estudio de fuentes y tecnologías de energías renovables.

Para fortalecer el proceso investigativo se conforma una comunidad de práctica (CoP), concebida, de acuerdo con Mark K. Smith (2010) y Lewis et al. (2021), como un equipo colaborativo en el que cada integrante aporta sus conocimientos, habilidades y experiencias para la resolución conjunta de problemáticas del aula. En este proyecto, la comunidad de práctica está integrada por docentes de ciencias naturales, ciencias sociales, inglés y matemáticas, así como por expertos en educación, con la posibilidad de incorporar a otros docentes interesados en vincularse a la iniciativa.

Es importante considerar que, a medida que los prototipos de la intervención se desarrollan y son implementados con un mayor número de participantes, se amplían las posibilidades de establecer generalizaciones en forma de declaraciones heurísticas. Estas declaraciones, como señalan Sepúlveda et al. (2016) y Plomp (2018), ofrecen orientación y dirección para futuras intervenciones, aunque no constituyen verdades absolutas.

Asimismo, el tipo y tamaño de la muestra están determinados por las preguntas de investigación y por los objetivos de la evaluación. Generalmente, se recurre al muestreo intencional, seleccionando participantes que posean características relevantes para el estudio, con el fin de obtener información rica y significativa. En este sentido, Nieveen y Folmer (2013) destacan que este tipo de selección favorece la profundidad analítica y la calidad de los hallazgos en investigaciones basadas en *Design Research*.

2.4 Validación

Para valorar y garantizar la calidad de las intervenciones desarrolladas bajo la metodología *Design Research*, se consideran los criterios propuestos por Nieveen (2009), Van den Akker (2009) y Plomp (2009; 2018). Estos criterios permiten analizar la pertinencia, consistencia y alcance de las propuestas educativas, y se sintetizan en seis dimensiones fundamentales: (1) relevancia o validez de contenido, referida a la necesidad real de la intervención y a su fundamentación en el estado actual del conocimiento científico; (2) coherencia o validez de construcción, que implica que el diseño responda a una lógica interna clara y que sus componentes se articulen de manera consistente; (3) practicidad esperada, entendida como la previsión de que la intervención pueda ser utilizada en el contexto para el cual fue concebida; (4) practicidad real, relacionada con su uso efectivo en dicho contexto; (5) efectividad esperada, que alude a la expectativa de que la intervención genere los resultados propuestos; y (6) efectividad real, que se refiere a la constatación empírica de dichos resultados.

El peso de estos criterios varía a lo largo de las diferentes fases de la investigación. En la etapa de investigación preliminar, centrada en el análisis del problema y la revisión de la literatura, predomina el criterio de relevancia, acompañado de una atención incipiente a la coherencia y la practicidad, mientras que la efectividad tiene un papel marginal. En la fase de desarrollo, la evaluación formativa de los prototipos se orienta principalmente a la practicidad, y el análisis de la efectividad adquiere progresiva importancia a medida que avanzan las

iteraciones. Finalmente, en la fase de evaluación, el énfasis se sitúa en la comprobación tanto de la practicidad como de la efectividad de la intervención, consolidando así su calidad y pertinencia en el contexto de aplicación (Plomp, 2018).

3. FASE DE INVESTIGACIÓN PRELIMINAR

3.1 Diagnóstico del conocimiento de docentes de la IE Técnica Francisco José de Caldas del municipio de Socotá, acerca del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), Cuestiones Socio Científicas (CSC) y energías renovables (ER)

El uso de combustibles fósiles como fuente de energía se constituye en una problemática a nivel mundial por los gases de efecto invernadero que genera, el consecuente calentamiento global y cambio climático, y las limitadas reservas que quedan para suplir el cada vez mayor consumo de energía de la población humana. Dicha problemática a trabajar específicamente en el Municipio de Socotá (Boyacá, Colombia), el cual basa su economía principalmente en la minería del carbón; pretende ser abordada desde la educación energética y específicamente desde la educación en energías renovables (EER), mediante la cual los ciudadanos logren identificar las diferentes perspectivas inherentes a la crisis energética actual (social, ambiental, económica, ética, etc.) y, a partir de estas evalúen fuentes de energías no renovables y limpias; a través de cuestiones socio científicas (CSC) y de proyectos de aula que permitan la identificación y resolución de problemáticas con enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) en los niveles de Básica Secundaria.

En ese sentido, los docentes y futuros docentes son ciudadanos cuya forma de ver el mundo tiene efectos multiplicadores en sus estudiantes y comunidades, puesto que son quienes llevan al aula las realidades que se viven en el mundo, de manera que su papel en la EER es fundamental. Al respecto, Hoque et al. (2022) mencionan que los docentes a través de la investigación, pueden atender las necesidades, entendimiento y toma de decisiones fundamentada frente a la sostenibilidad de los sistemas de energía, en los ámbitos sociocultural, tecnológico y ambiental en su contexto; promoviendo prácticas de enseñanza en el aula que permitan identificar problemáticas, planificar proyectos, experimentar, practicar, evaluar, reflexionar, argumentar, estimular y fomentar la capacidad de inventiva tecnológica en el marco de las energías renovables, proporcionando a los estudiantes las habilidades adecuadas para abordar los problemas relevantes en materia de ER en el presente y en el futuro.

Sin embargo, Borhan e Ismail (2011) han identificado en su estudio una conciencia negativa y un conocimiento insuficiente, ya que presentan confusiones entre las fuentes de energía renovables y no renovables, no pueden distinguir

adecuadamente entre ambos y no tienen mucho conocimiento sobre cómo se produce cada recurso energético. Lo anterior obedece a que, según los autores, no existen cursos sobre ER en los programas educativos sobre formación docente, a la falta de problemas de energía renovable centrados en el profesor y la falta de correlación con la vida cotidiana. Es por ello, que en la presente comunicación se pretende explorar los conocimientos que tienen los docentes de la IE Técnica Francisco José de Caldas de Socotá, sobre el tema del aprendizaje basado en proyectos (ABP), las cuestiones socio científicas (CSC) y las energías renovables a través de una entrevista semiestructurada, con el fin de identificar el problema educativo en el contexto trabajado.

3.1.1 Metodología

La presente investigación se enmarca en el enfoque metodológico de Investigación de Diseño (Design Research) en su modalidad de estudio de desarrollo, empleando una implementación cíclica de prototipos a través de tres fases: investigación preliminar, prototipado y evaluación. Cada una de estas fases incluye actividades sistemáticas de reflexión y documentación, lo que permite un análisis continuo y la mejora del proceso educativo.

En la fase de investigación preliminar, particularmente en la etapa de diagnóstico, se llevó a cabo una entrevista semiestructurada con 17 preguntas abiertas, dirigida a 13 docentes de la Institución Educativa Técnico Francisco José de Caldas, ubicada en el Municipio de Socotá. Estos docentes imparten clases en la básica secundaria y fueron seleccionados por su experiencia y conocimiento en áreas relevantes para la investigación. Tras la transcripción de las entrevistas, los datos recopilados fueron analizados conforme a cuatro categorías a priori: Enseñanza, Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), Cuestiones Socio Científicas (CSC) y Energías Renovables (ER).

Esta aproximación metodológica no solo busca explorar y documentar prácticas actuales, sino también desarrollar e implementar nuevas estrategias educativas que integren ABP y CSC en el contexto de la educación en energías renovables. El análisis de las entrevistas permitió identificar conocimientos, desafíos y oportunidades en la implementación de estos enfoques, proporcionando una base sólida para la fase de prototipado, fase en la que se diseñó e implementó la intervención educativa innovadora que respondiera a las necesidades del contexto; con el objetivo de mejorar la enseñanza y aprendizaje en el área de energías renovables, fomentando una ciudadanía crítica y comprometida con el desarrollo sostenible.

3.1.2 Resultados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en la fase de investigación preliminar y publicados en Zúñiga-González et al., (2024); obtenidos específicamente en la etapa de diagnóstico, para cada uno de los aspectos a indagar dentro de las categorías establecidas.

Categoría Enseñanza

Estrategias pedagógicas y didácticas.

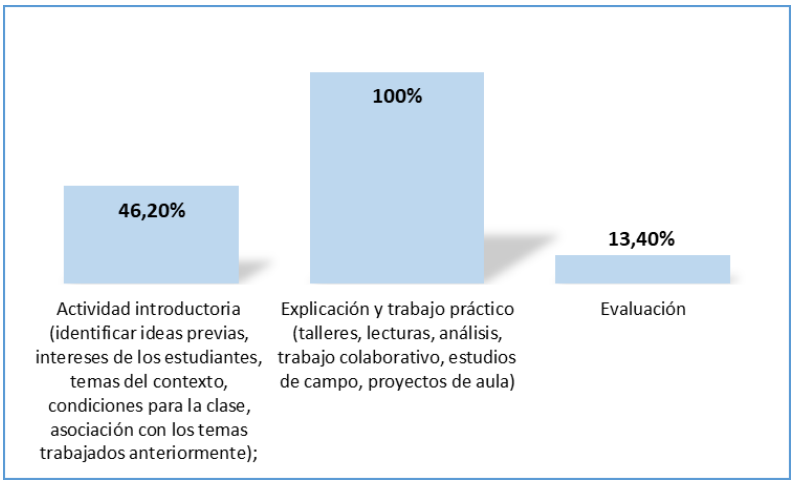
Gráfica 1. *Estrategias pedagógicas y didácticas que utilizan los docentes*

Fuente: Elaboración propia

En la presente investigación, en la gráfica 1, se observa que un 31% de los docentes encuestados aplican el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) como estrategia pedagógica. Este enfoque es reconocido por su capacidad de promover un aprendizaje activo, contextualizado y significativo, permitiendo a los estudiantes desarrollar habilidades críticas y creativas. El ABP, al situar a los estudiantes en el centro del proceso educativo, facilita la integración de conocimientos de diversas disciplinas, promoviendo una visión holística del aprendizaje (Centeno-Sandoval et al., 2025). Así mismo, otro 31% de los docentes incorporan actividades como juegos, clases invertidas y problemas en un espacio de taller, y un 23% emplea el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs) en sus prácticas pedagógicas; lo que sugiere una tendencia hacia metodologías activas que buscan involucrar a los estudiantes de manera directa en su proceso de aprendizaje (Rondón-Molina et al., 2024) y facilitar el acceso a recursos educativos que permiten la personalización del aprendizaje y la promoción de habilidades digitales esenciales en el siglo XXI. Sin embargo, algunos docentes (15%) aún se apoyan en métodos más tradicionales, como la explicación, toma de apuntes y actividades de repaso, lo que indica una persistencia de enfoques didácticos más directivos y centrados en el docente (Chen y Xiao, 2021).

Fases en sus estrategias

Gráfica 2. *Fases en sus estrategias pedagógicas*



Fuente: Elaboración propia

En cuanto al desarrollo de las clases y sus fases de implementación de las estrategias, se evidencia en la gráfica 2, que un 46,2% de los docentes inician con actividades introductorias que buscan identificar ideas previas, intereses de los estudiantes y conectar los contenidos con temas del contexto. Este enfoque es consistente con los principios del enfoque de CSC, que señala la importancia de conectar el nuevo conocimiento con el saber previo, lo que permite al estudiante reflexionar sobre su experiencia y evaluar la evidencia en función de sus creencias preexistentes (Macalalag et al., 2019). La totalidad de los docentes emplea tanto la explicación como el trabajo práctico en sus clases, utilizando talleres, lecturas, análisis, trabajo colaborativo, estudios de campo y proyectos de aula. Este hallazgo sugiere una tendencia hacia la integración de la teoría con la práctica, un componente clave en el desarrollo de habilidades aplicables y en la consolidación del conocimiento. Sin embargo, solo un 13,4% de los docentes incluye una fase de evaluación, lo que podría indicar una subestimación de la importancia de la evaluación formativa como herramienta para monitorear y guiar el aprendizaje (Van der Linden et al., 2023).

Rol del Estudiante

Gráfica 3*. Consideraciones de los docentes sobre el rol del estudiante*

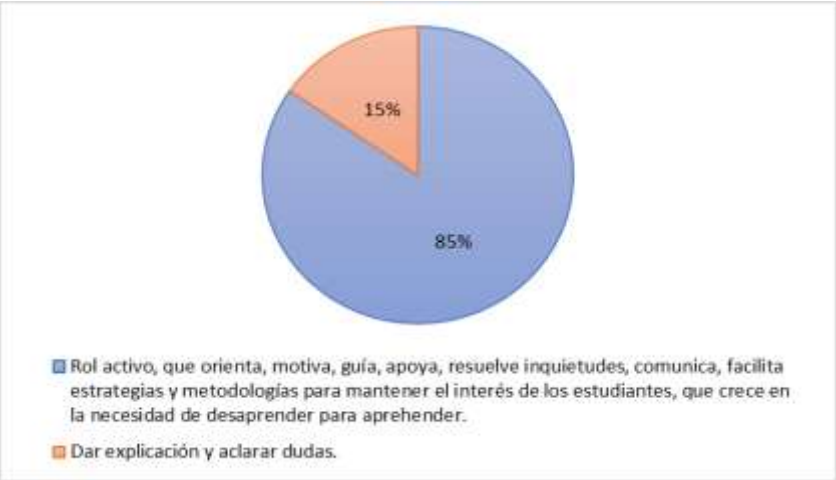
Fuente: Elaboración propia

En concordancia con lo anterior, la gráfica 3 muestra que el 92% de los docentes perciben a los estudiantes como actores activos en el proceso educativo, con una postura crítica, participativa y propositiva. Estos estudiantes son descritos como interesados por el conocimiento, con habilidades para buscar información, comprender conceptos y motivados para aprender. Este enfoque está alineado con las teorías constructivistas que promueven un aprendizaje autodirigido y la construcción del conocimiento a través de la interacción y la reflexión. No obstante, un 8% de los docentes aún ve a los estudiantes en un rol pasivo, centrado en tomar apuntes y realizar actividades asignadas, lo cual limita el desarrollo de competencias críticas y reflexivas necesarias en el aprendizaje contemporáneo (Martin et al., 2024).

Rol del Docente

El rol del docente es percibido (gráfica 4), como activo por un 85% de los encuestados, quienes lo describen como un facilitador que orienta, motiva, guía y apoya a los estudiantes, además de resolver inquietudes y facilitar estrategias y metodologías para mantener el interés de los estudiantes. Este enfoque resalta la importancia de un docente reflexivo y adaptativo, capaz de crear un ambiente de aprendizaje dinámico y motivador. Sin embargo, un 15% de los docentes aún se ve a sí mismo principalmente como un transmisor de conocimiento, centrado en dar explicaciones y aclarar dudas, lo cual puede limitar la capacidad de los estudiantes para desarrollar una autonomía en el aprendizaje (Chen y Xiao, 2021).

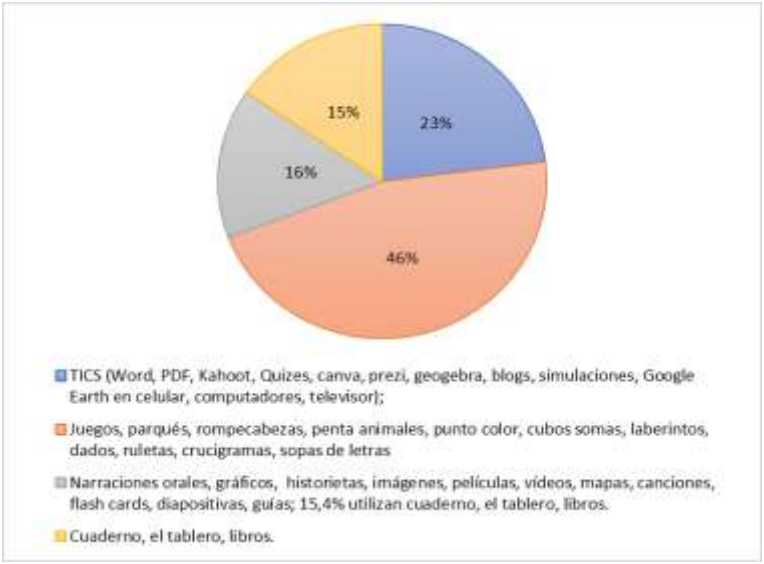
Gráfica 4. *Consideraciones de los docentes sobre el rol del docente*



Fuente: Elaboración propia

Materiales y recursos didácticos.

Gráfica 5*. Materiales y Recursos Didácticos que utilizan los docentes*



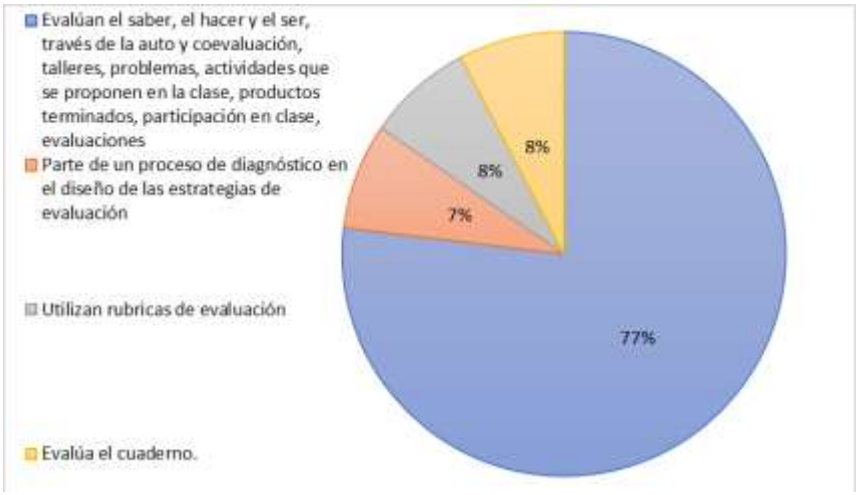
Fuente: Elaboración propia

La utilización de materiales y recursos didácticos es variada, tal como se observa en la gráfica 5. Un 23% de los docentes utiliza TICs, que incluyen herramientas como Word, PDF, Kahoot, Quizzes, Canva, Prezi, Geogebra, blogs, simulaciones y Google Earth. Estas herramientas facilitan la creación de entornos de aprendizaje interactivos y personalizados, apoyando tanto la enseñanza como la evaluación formativa. Por otro lado, un 46% utiliza juegos y materiales manipulativos como parqués, rompecabezas, penta animales, cubos-somas y laberintos, que fomentan el aprendizaje activo y lúdico. Además, un 16% recurre a narraciones orales, gráficos, historietas, imágenes y otros recursos visuales y auditivos, que son

fundamentales para abordar diferentes estilos de aprendizaje y para el desarrollo de habilidades de observación y escucha (Saefullah et al., 2020). Finalmente, un 15% sigue utilizando recursos tradicionales como cuadernos, el tablero y libros, lo que refleja una combinación de métodos tradicionales y modernos en la práctica pedagógica.

Evaluación del aprendizaje

Gráfica 6. *Consideraciones de los docentes sobre la evaluación del aprendizaje*



Fuente: Elaboración propia

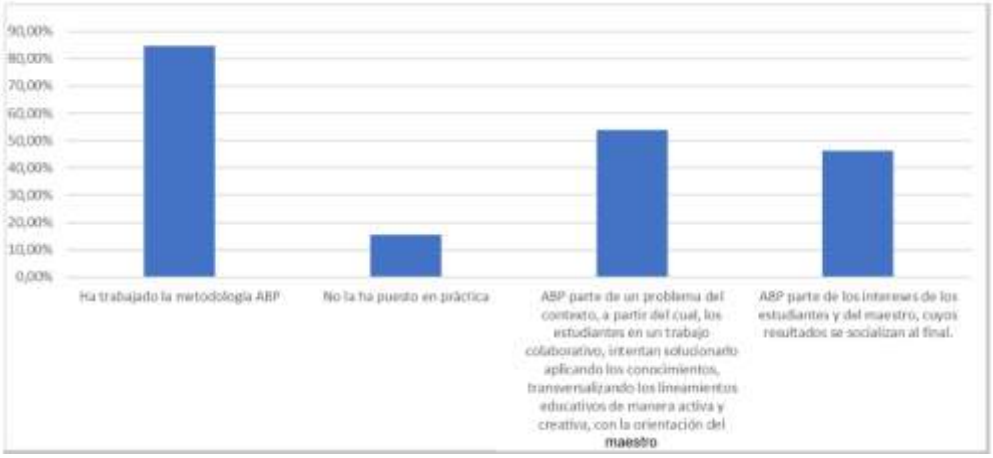
En términos de evaluación, la gráfica 6 evidencia que, el 77% de los docentes evalúa el saber, el hacer y el ser, utilizando métodos como la autoevaluación, coevaluación, talleres, problemas, actividades en clase, productos terminados y participación en clase. Este enfoque integral de la evaluación es coherente con la evaluación auténtica, que busca valorar no solo los conocimientos, sino también las habilidades y actitudes de los estudiantes. Sin embargo, solo un 8% de los docentes utiliza rúbricas de evaluación, una herramienta que puede proporcionar criterios claros y objetivos para la evaluación, promoviendo una mayor transparencia y comprensión por parte de los estudiantes (Van der Linden et al., 2023). Otro 8% comienza el proceso de evaluación con un diagnóstico para diseñar estrategias de evaluación, lo que resalta la importancia de una evaluación inicial para adaptar la enseñanza a las necesidades específicas de los estudiantes.

Categoría de ABP (Aprendizaje Basado en Proyectos)

Metodología ABP

En la implementación de la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), de acuerdo con la gráfica 7, el 84,6% de los docentes encuestados indicaron haber trabajado con este enfoque, mientras que el 15,4% no lo ha puesto en práctica. El ABP se distingue por su capacidad para situar a los estudiantes en un rol activo dentro del proceso educativo, permitiéndoles explorar y resolver problemas auténticos y relevantes del contexto. Es notable que un 53,8% de los docentes comprenda que el ABP parte de un problema del contexto, lo cual refuerza la importancia de la contextualización en el aprendizaje, facilitando la conexión entre teoría y práctica. Estos docentes destacan la colaboración de los estudiantes en la solución de problemas, aplicando conocimientos de manera transversal y creativa, lo que fomenta un aprendizaje profundo y significativo (Centeno-Sandoval et al., 2025).

Gráfica 7. *Entendimiento de los docentes sobre la Metodología ABP*



Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, el 46,2% de los docentes entienden que el ABP puede iniciarse desde los intereses tanto de los estudiantes como del maestro. Este enfoque permite a los estudiantes explorar áreas de interés personal, lo cual puede aumentar su motivación y compromiso con el aprendizaje. Al final del proceso, los resultados son socializados, lo que no solo permite la retroalimentación y la reflexión crítica, sino que también refuerza la comunicación y la colaboración entre pares, habilidades esenciales en el mundo actual. Sin embargo, la variabilidad en la comprensión y aplicación de la metodología sugiere una necesidad de formación y apoyo más consistente para los docentes en el uso de ABP (Nxasana et al., 2023).

Beneficios para estudiantes.

La adopción de la metodología ABP trae consigo una serie de beneficios para los estudiantes, tal como lo perciben los docentes. La gráfica 8 muestra que el 54% de los encuestados afirma que el ABP promueve una actitud activa y propositiva hacia el aprendizaje, fomentando la autonomía, disciplina, pensamiento crítico, intuición, deducción, y habilidades de organización del tiempo y reflexión. Estas

competencias son cruciales para el desarrollo de estudiantes autónomos y reflexivos, capaces de enfrentar desafíos complejos de manera efectiva. Además, el 23% de los docentes menciona que el ABP motiva a los estudiantes al hacerles ver la utilidad práctica de los conocimientos adquiridos, lo que puede aumentar significativamente su interés y participación en las actividades académicas (Sánchez-Macias et al., 2025).

Gráfica 8. *Beneficios que los docentes identifican para sus estudiantes*

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, un 15% de los docentes reconoce que el ABP permite a los estudiantes profundizar en los temas de estudio, facilitando una comprensión más rica y detallada. Esta profundidad de conocimiento es esencial en un mundo cada vez más complejo y especializado, donde la superficialidad en la comprensión puede limitar la capacidad de los estudiantes para aplicar conocimientos en nuevos contextos. Por último, un 8% de los docentes destaca cómo el ABP permite que cada estudiante contribuya al proyecto con sus habilidades únicas, promoviendo un aprendizaje diferenciado y colaborativo (Melguizo-Garín y García-Cid, 2024). Esto es especialmente relevante en entornos educativos diversos, donde las diferencias individuales pueden ser vistas como fortalezas y no como obstáculos.

Beneficios para docentes

Desde la perspectiva del profesorado, el ABP también presenta varios beneficios significativos. La información de la gráfica 9 indica que un 31% de los docentes afirma que esta metodología facilita la enseñanza al ofrecer un marco claro y estructurado para guiar el proceso de aprendizaje. Esto no solo reduce la carga cognitiva para los docentes, sino que también les permite enfocar sus esfuerzos en la facilitación y orientación, más que en la mera transmisión de conocimientos. Otro 31% de los encuestados destaca la satisfacción de orientar el proceso de aprendizaje y de aprender junto con los estudiantes, lo que refuerza una cultura de aprendizaje continuo y desarrollo profesional entre los docentes (Centeno-Sandoval, 2025).

Gráfica 9. *Beneficios que los docentes identifican para su labor*

Fuente: Elaboración propia

Además, un 31% de los docentes aprecia la libertad que el ABP les otorga para realizar análisis, observación, reflexión y transformar su práctica pedagógica. Esta capacidad de adaptación y reflexión es crucial en un entorno educativo en constante cambio, permitiendo a los docentes mantenerse actualizados y relevantes. Finalmente, un 7% de los encuestados menciona que el ABP les permite actualizarse y realizar aportes significativos a los contextos educativos, fortaleciendo su rol como agentes de cambio y desarrollo en sus comunidades educativas (Chen y Yang, 2019).

Principales barreras

Gráfica 10. *Barreras que los docentes identifican en la implementación del ABP*

Fuente: Elaboración propia

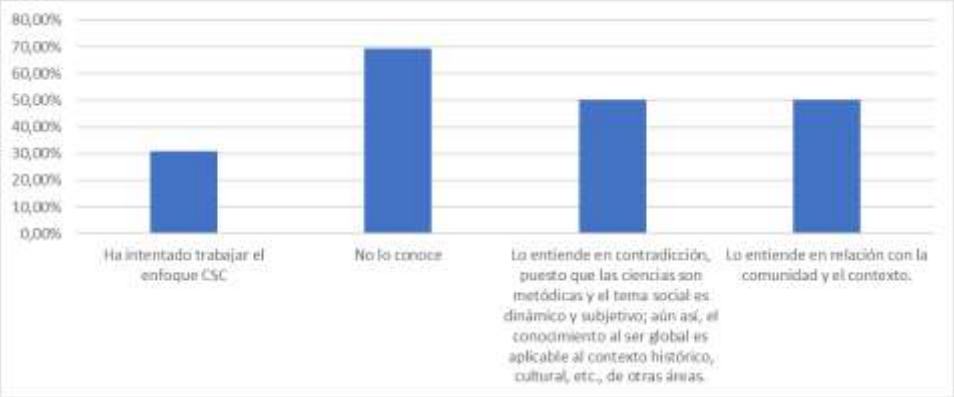
A pesar de los numerosos beneficios, la implementación del ABP también enfrenta desafíos significativos. Tal como lo ilustra la gráfica 10, un 23% de los docentes señala la falta de compromiso de los estudiantes, la desmotivación y la falta de hábitos de estudio como barreras importantes. Estos problemas pueden estar relacionados con una falta de preparación previa de los estudiantes para asumir roles más autónomos y activos en su aprendizaje. Además, otro 23% menciona el poco tiempo disponible para estructurar adecuadamente la metodología ABP, lo que puede llevar a una implementación superficial o ineficaz de esta estrategia (Kokotsaki et al., 2016).

También se observa que un 16% de los docentes identifica los lineamientos educativos que establecen temas difíciles y densos, como una limitación para la transversalidad y la comprensión holística del conocimiento. Esta rigidez curricular puede impedir que los docentes adapten sus enseñanzas a las necesidades y contextos específicos de sus estudiantes (Nxasana et al., 2023). Además, un 15% menciona la falta de recursos económicos y tecnológicos como una barrera, lo que es especialmente problemático en contextos con limitaciones presupuestarias. Otro 15% de los docentes señala la resistencia de los padres de familia y/o compañeros, quienes consideran que el tiempo invertido en metodologías distintas es desperdiciado, lo que refleja una falta de comprensión y apoyo hacia enfoques pedagógicos innovadores. Finalmente, un 8% de los docentes indica la falta de apoyo institucional a la investigación como un obstáculo para la implementación efectiva del ABP, lo que subraya la necesidad de un respaldo más sólido y sistémico para las prácticas educativas innovadoras (Chen y Yang, 2019).

Categoría de CSC (Cuestiones Socio Científicas)

Entendimiento de CSC

Gráfica 11. *Entendimiento de los docentes sobre la CSC*



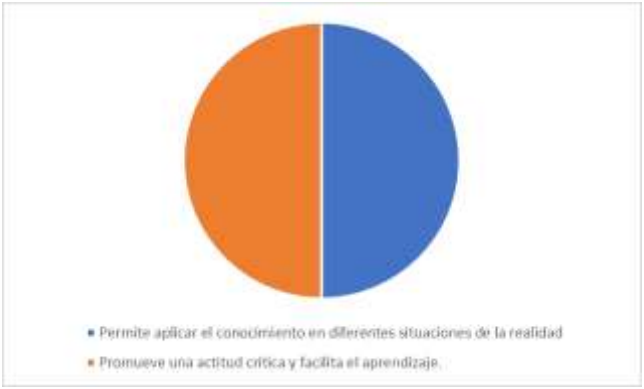
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la gráfica 11, el enfoque de Cuestiones Socio Científicas (CSC) en la educación es aún relativamente desconocido entre los docentes encuestados, con un 69,2% de ellos que no lo conocen. Sin embargo, un 30,8% ha intentado trabajar con este enfoque, lo cual sugiere un interés emergente en integrar esta perspectiva en la enseñanza de las ciencias y otras disciplinas. Las CSC se centran en temas que tienen una dimensión tanto científica como social, y que a menudo requiere que los estudiantes consideren aspectos éticos, morales y políticos (Viehmann et al., 2024). Este enfoque promueve una comprensión más amplia del conocimiento científico, más allá de los conceptos técnicos y metodológicos, hacia una aplicación práctica y contextualizada.

El entendimiento de CSC entre los docentes está dividido en dos visiones principales. El 50% de los que conocen el enfoque perciben una contradicción entre la naturaleza metódica de las ciencias y el contexto social que es dinámico y subjetivo. Esta percepción refleja una barrera conceptual que impide la integración fluida de las CSC en el currículo tradicional. Sin embargo, este grupo también reconoce que el conocimiento científico, al ser global, puede aplicarse en diversos contextos históricos y culturales, sugiriendo una apertura hacia una enseñanza interdisciplinaria. El otro 50% de los docentes entiende las CSC en relación con la comunidad y el contexto, lo cual es fundamental para abordar problemas reales y contemporáneos que afectan tanto a la comunidad local como global (Zhang y Hsu, 2025).

Beneficios para estudiantes.

Gráfica 12. *Beneficios identificados por los docentes para sus estudiantes a partir del abordaje de CSC*



Fuente: Elaboración propia

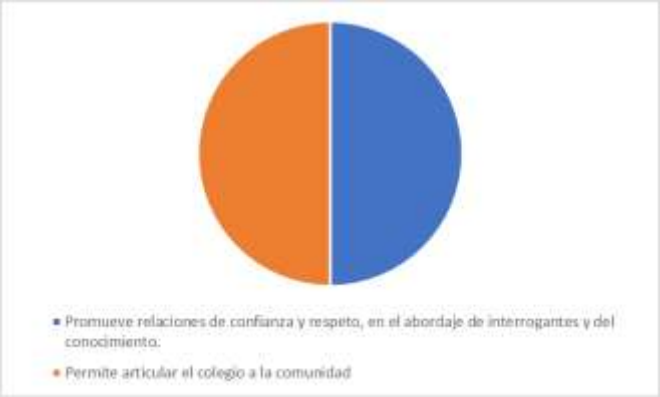
La integración de CSC en la enseñanza ofrece varios beneficios significativos para los estudiantes. La gráfica 12 deja ver que; el 50% de los docentes encuestados destaca que este enfoque permite a los estudiantes aplicar el conocimiento en diferentes situaciones de la realidad, lo cual es esencial para desarrollar habilidades de resolución de problemas y pensamiento crítico. Al enfrentar problemas socio científicos, los estudiantes deben considerar múltiples perspectivas y datos contradictorios, lo que enriquece su capacidad para tomar decisiones informadas y éticamente responsables (Ke y otros, 2021).

Además, otro 50% de los docentes menciona que el enfoque CSC promueve una actitud crítica hacia el conocimiento y facilita el aprendizaje. Este enfoque fomenta en los estudiantes una visión más amplia del conocimiento científico, no sólo como un conjunto de hechos y teorías, sino como una herramienta para entender y mejorar el mundo. Al involucrarse en discusiones sobre temas socio científicos, los estudiantes también desarrollan habilidades comunicativas y colaborativas, esenciales en la sociedad contemporánea (Ke y otros, 2021).

Beneficios para docentes

Los beneficios de las CSC no se limitan a los estudiantes; también hay importantes ventajas para los docentes. La gráfica 13 permite identificar que el 50% de los encuestados menciona que el enfoque promueve relaciones de confianza y respeto en el abordaje de interrogantes y del conocimiento. Esto es crucial en un entorno educativo, ya que facilita un ambiente de aprendizaje abierto y participativo donde los estudiantes se sienten cómodos expresando sus opiniones y preguntas. Además, al abordar cuestiones sociocientíficas, los docentes tienen la oportunidad de desarrollar relaciones más profundas y significativas con sus estudiantes, basadas en el respeto mutuo y la curiosidad intelectual (Zhang y Hsu, 2025).

Gráfica 13. *Beneficios identificados por los docentes para su labor a partir del abordaje de CSC*



Fuente: Elaboración propia

El otro 50% de los docentes señala que el enfoque CSC permite articular el colegio con la comunidad. Esta conexión es esencial para hacer que la educación sea relevante y significativa, al permitir a los estudiantes ver la aplicación directa de lo que aprenden en sus vidas y en la sociedad. Además, esto puede fomentar una mayor colaboración entre la escuela y otros actores comunitarios, como organizaciones no gubernamentales, empresas locales y autoridades municipales, ampliando el impacto de la educación más allá del aula (Högström et al., 2025).

Principales barreras

A pesar de los beneficios claros, la implementación del enfoque CSC enfrenta varias barreras significativas. En la gráfica 14 se observa que un 25% de los docentes menciona la falta de disposición de la comunidad para apoyar el trabajo de los estudiantes como una barrera importante. Esto puede deberse a una falta de comprensión o aprecio por el valor educativo de abordar cuestiones sociocientíficas, o a la percepción de que tales temas son polémicos o controversiales (Ke et al., 2021). Además, otro 25% de los docentes identifica la falta de capacitación y la experiencia limitada en este enfoque como obstáculos para su implementación efectiva. Esto subraya la necesidad de más formación y recursos para los docentes, para que puedan guiar a sus estudiantes en la exploración de temas complejos e interdisciplinarios (Durak y Topçu, 2025).

***Gráfica 14**. Barreras que los docentes identifican en el abordaje de CSC*

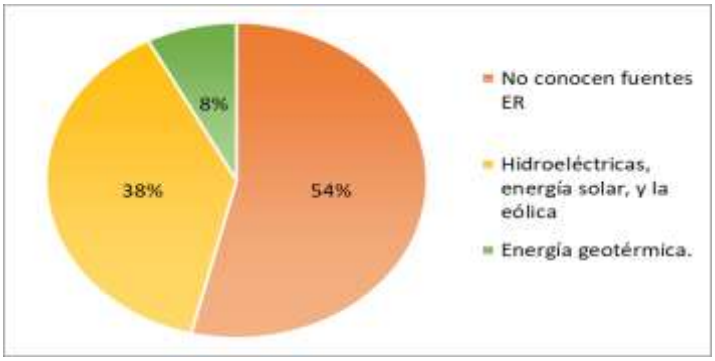
Fuente: Elaboración propia

Otro 25% de los docentes señala que el tiempo para realizar los procesos dentro de la educación formal es una barrera, lo que refleja la rigidez del currículo y las limitaciones de tiempo en el sistema educativo actual. Finalmente, el último 25% menciona la falta de espacios para el desarrollo de actividades como una barrera, lo cual puede limitar las oportunidades para el aprendizaje práctico y experiencial, que es una parte crucial del enfoque CSC (Durak y Topçu, 2025).

Categoría de ER (Energías Renovables)

Conocimiento sobre ER

***Gráfica 15.** Conocimiento de los docentes sobre ER*



Fuente: Elaboración propia

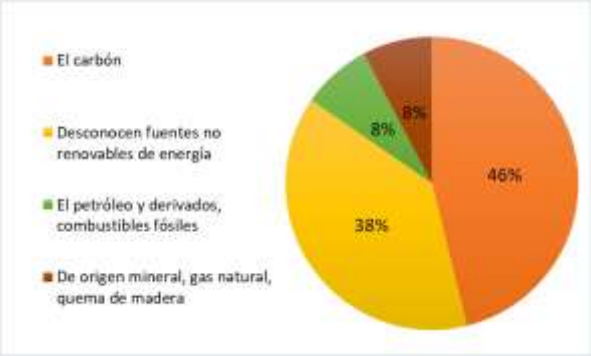
El conocimiento sobre las fuentes de energías renovables (ER) entre los encuestados es limitado. La gráfica 15 da cuenta de que un 54% de los docentes no están familiarizados con fuentes específicas de ER, lo cual indica una falta de información o educación sobre este tema crucial. Entre aquellos que sí conocen fuentes de ER, el 38% menciona las hidroeléctricas, la energía solar y la eólica como las principales fuentes de energía renovable. Solo un 8% tiene conocimiento sobre

la energía geotérmica, lo que refleja una familiaridad relativamente baja con una gama completa de opciones de energías renovables (Şen y Temel, 2023).

Este déficit de conocimiento es preocupante dado el creciente énfasis mundial en la transición hacia energías más sostenibles y limpias. La falta de comprensión o conciencia sobre las diferentes fuentes de ER podría limitar la capacidad de los docentes para integrar temas de sostenibilidad energética en el currículo, una competencia clave para preparar a los estudiantes para los desafíos futuros relacionados con la energía y el medio ambiente (Martínez-Borreguero et al., 2024).

Conocimiento sobre energía no renovable.

Gráfica 16. *Conocimiento de los docentes sobre fuentes de energía no renovable*



Fuente: Elaboración propia

En cuanto a las fuentes de energía no renovable, el conocimiento también es desigual. La gráfica 16 evidencia que un 46% de los docentes identifica el carbón como una fuente de energía no renovable, mientras que el 38% desconoce las fuentes no renovables. Además, un 8% menciona el petróleo y sus derivados, como los combustibles fósiles, y otro 8% identifica fuentes de origen mineral, gas natural y la quema de madera como no renovables (Cozzi y otros, 2020).

Este bajo nivel de conocimiento sobre las fuentes de energía no renovable puede ser indicativo de una falta de formación en temas energéticos en general, lo cual es crucial para una educación ambiental comprehensiva. La energía no renovable, con sus impactos ambientales significativos, como la emisión de gases de efecto invernadero y otros contaminantes, es un tema fundamental para comprender los desafíos ambientales actuales y futuros (Lautensach et al., 2025).

Impactos Positivos de las Energías Renovables

Gráfica 17. *Impactos positivos identificados por los docentes acerca de las ER*

Fuente: Elaboración propia

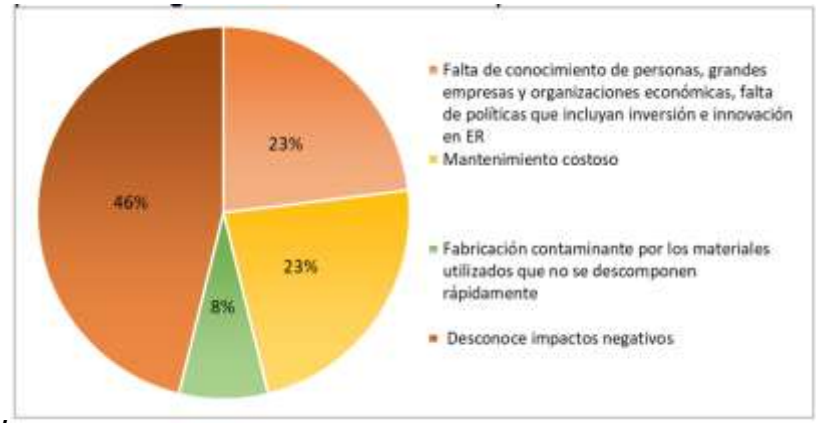
Los encuestados reconocen varios impactos positivos de las energías renovables. Según la gráfica 17, se observa que un 31% menciona que estas son energías limpias que no causan daños ambientales significativos, como la deforestación o la emisión de gases de efecto invernadero, y que intentan mitigar el impacto ambiental del extractivismo. Además, un 15% destaca que las energías renovables pueden satisfacer las necesidades energéticas de la población y mejorar la calidad de vida. Otro 15% menciona que estas energías aprovechan la ubicación geográfica, las condiciones climáticas y los recursos de las regiones específicas, lo cual es esencial para la sostenibilidad y eficiencia energética (Alotaibi et al., 2020).

Sin embargo, es notable que un 23% de los encuestados no reconoce impacto positivo alguno, de las energías renovables, lo que sugiere una falta de información o una percepción limitada de sus beneficios. Además, sólo un 8% menciona la durabilidad de las energías renovables, y otro 8% resalta su capacidad para generar empleo, subrayando la necesidad de una educación más completa sobre los beneficios económicos y sociales de las energías renovables (Ellabban et al., 2014).

Impactos Negativos de las Energías Renovables

En cuanto a los impactos negativos de las energías renovables, los docentes mencionan varias preocupaciones. Tal como lo ilustra la gráfica 18, un 23% destaca la falta de conocimiento entre personas, grandes empresas y organizaciones económicas, así como la falta de políticas que incluyan inversión e innovación en ER como un obstáculo significativo para su adopción. Otro 23% menciona el costo elevado del mantenimiento de las infraestructuras de energías renovables como una barrera. Un 8% de los encuestados también señala que la fabricación de tecnologías de ER puede ser contaminante debido a los materiales utilizados, que no se descomponen rápidamente (Portillo et al., 2024).

Gráfica 18. *Impactos negativos identificados por los docentes acerca de las ER*



Fuente: Elaboración propia

Además, un 46% de los encuestados desconoce los impactos negativos de las energías renovables, lo cual indica una falta de comprensión o exposición a los desafíos asociados con estas tecnologías. Esta falta de conocimiento puede limitar la capacidad de los docentes para educar a los estudiantes sobre una visión equilibrada y crítica de las energías renovables, que incluya tanto sus beneficios como sus desafíos (Campa-Bousoño et al., 2025).

3.1.3 Discusión de Resultados

La presente investigación ha revelado una notable disparidad en el conocimiento y percepción de los docentes respecto a las fuentes de energía renovable (ER) y no renovable. Esta diferencia en la comprensión no solo refleja una falta de información sobre las opciones energéticas disponibles, sino que también subraya la necesidad de una mayor integración de estos temas en el currículo educativo. A medida que la sociedad avanza hacia una transición energética, es fundamental que los educadores estén bien informados y capacitados para educar en conocimientos precisos y críticos sobre las diferentes fuentes de energía, sus beneficios y desafíos.

Además, los docentes muestran una percepción limitada y, en algunos casos, una falta de conciencia sobre los impactos tanto positivos como negativos de las energías renovables. Esta observación sugiere una posible carencia de formación continua y recursos adecuados para los educadores, lo cual es esencial para fomentar una visión equilibrada y holística de las tecnologías energéticas. Sin una comprensión integral, es difícil que los docentes puedan preparar a los estudiantes para enfrentar los retos ambientales y energéticos del futuro de manera crítica y reflexiva.

En tal sentido, los resultados indican varias barreras significativas que limitan la implementación efectiva de la educación sobre energías renovables. Estas barreras incluyen la falta de conocimiento especializado, recursos tecnológicos y apoyo institucional, lo que impide una integración efectiva de estos temas en el aula. Es crucial explorar cómo las políticas educativas y las iniciativas gubernamentales

pueden apoyar la superación de estos obstáculos, facilitando así una educación más inclusiva y actualizada en materia de sostenibilidad energética.

Brecha en el Conocimiento sobre Energías Renovables y No Renovables

Los resultados de la investigación revelan una brecha significativa en el conocimiento de los docentes sobre las fuentes de energías renovables (ER) y no renovables. Esta brecha se manifiesta en la prevalencia de un conocimiento limitado o incluso incorrecto acerca de las fuentes energéticas menos conocidas, como la energía geotérmica, y en una comprensión superficial de los impactos ambientales tanto positivos como negativos de las energías renovables. Según Bowers (2007), la educación energética debe ir más allá de la simple transmisión de datos técnicos y debe incluir una comprensión profunda de las implicaciones ambientales, sociales y económicas de las diferentes tecnologías energéticas. La falta de conocimiento especializado entre los docentes podría, por tanto, limitar la capacidad de estos para impartir una educación completa y crítica en temas de energía y sostenibilidad.

La disparidad en el conocimiento sobre las energías renovables y no renovables también puede ser un reflejo de la falta de integración de estos temas en el currículo educativo formal. Como señalan Morales-Aguilar (2025), una educación sostenible debe estar integrada de manera holística en todas las áreas del conocimiento, permitiendo a los estudiantes comprender la interconexión entre la energía, el medio ambiente y la sociedad. Sin embargo, la falta de formación específica y continua para los docentes, así como de recursos adecuados, puede estar impidiendo esta integración efectiva. La educación sobre energías renovables no solo debe abordar las tecnologías en sí, sino también sus impactos a largo plazo, sus costos y beneficios, y sus roles potenciales en un futuro sostenible.

Esta brecha en el conocimiento tiene implicaciones directas para la educación de los estudiantes en temas de sostenibilidad energética y conciencia ambiental. Al no recibir una educación adecuada y actualizada sobre estos temas, los estudiantes pueden carecer de la información necesaria para tomar decisiones informadas sobre su propio consumo de energía y para participar en debates críticos sobre políticas energéticas y ambientales. Como argumenta Mohammed (2024), la educación en energías renovables debe empoderar a los estudiantes para que se conviertan en ciudadanos críticos y activos, capaces de contribuir a una sociedad más sostenible. Por lo tanto, es esencial que las instituciones educativas y los responsables de la formulación de políticas aborden esta brecha en el conocimiento a través de programas de formación docente, desarrollo de recursos educativos y políticas de currículo que promuevan una educación energética integral y crítica.

Percepción de los Impactos Positivos y Negativos de las Energías Renovables

Las energías renovables se han establecido como una alternativa esencial a los combustibles fósiles debido a su capacidad para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y mitigar el cambio climático (Lautensach et al., 2025). Este carácter limpio y sostenible es ampliamente reconocido y valorado por los docentes, quienes a menudo destacan estos beneficios en su enseñanza. Sin embargo, la percepción de las energías renovables puede estar incompleta si no se consideran otros aspectos relevantes como la generación de empleo y el aprovechamiento de

recursos regionales. La falta de reconocimiento de estos beneficios adicionales puede limitar la comprensión integral que los estudiantes tienen sobre el impacto de estas tecnologías.

El sector de las energías renovables tiene el potencial de transformar las economías locales mediante la creación de empleo. Este aspecto es crucial para regiones en declive industrial, donde las energías renovables pueden ofrecer nuevas oportunidades económicas. Además, el aprovechamiento de recursos regionales, como la energía solar en zonas soleadas o la eólica en áreas con fuertes vientos, puede proporcionar un desarrollo económico local significativo (Portillo et al., 2024). Estos beneficios adicionales son fundamentales para comprender el potencial completo de las energías renovables y deben ser integrados en el currículo educativo para ofrecer una visión más completa a los estudiantes.

A pesar de estos beneficios, existe una falta de conocimiento sobre los impactos negativos asociados con las energías renovables. Aunque estas tecnologías son generalmente menos perjudiciales que los combustibles fósiles, no están exentas de desafíos. Por ejemplo, la producción de paneles solares involucra el uso de materiales tóxicos y genera desechos peligrosos (Tawalbeh et al., 2021). Además, la instalación de turbinas eólicas puede afectar a la vida silvestre y alterar hábitats. La dependencia de materiales raros también puede generar problemas de suministro y dependencia de mercados internacionales. Esta información sobre los impactos negativos es crucial para una comprensión equilibrada y debe ser incluida en la formación docente para evitar una visión sesgada de las energías renovables.

Para que los docentes ofrezcan una educación integral sobre las energías renovables, es fundamental que tengan una perspectiva equilibrada que abarque tanto los beneficios como los impactos negativos. La competencia pedagógica en temas científicos y tecnológicos no solo requiere conocimiento técnico, sino también la capacidad de presentar una visión completa y crítica (Campa-Bousoño et al., 2025). Integrar estos temas en la formación continua de los docentes y en el desarrollo curricular ayudará a preparar a los educadores para proporcionar una visión más holística y crítica a sus estudiantes.

En síntesis, una percepción completa y equilibrada de los impactos positivos y negativos de las energías renovables es esencial para una educación integral en este campo. Los beneficios, como la sostenibilidad y la generación de empleo, deben ser reconocidos junto con los desafíos asociados, como los impactos ambientales y problemas de suministro. Una formación docente adecuada y una inclusión de estos temas en el currículo permitirá a los estudiantes desarrollar una comprensión más profunda y crítica sobre el papel de las energías renovables en el futuro energético global.

Desafíos y Barreras en la Implementación y Educación sobre Energías Renovables

La implementación y educación sobre energías renovables enfrentan una serie de desafíos y barreras significativas que limitan tanto la adopción de estas tecnologías como la calidad de la enseñanza en este campo. Uno de los principales obstáculos es la falta de conocimiento y capacitación entre la comunidad educativa. Los docentes, a menudo, carecen de una formación específica sobre energías

renovables, lo que puede afectar su capacidad para impartir una educación precisa y actualizada. Según Izgi-Onbasili (2020), la formación continua es esencial para mantener a los educadores al tanto de los avances en tecnología y pedagogía. Sin embargo, la falta de programas de formación especializada en energías renovables deja a muchos docentes sin las herramientas necesarias para enseñar estos temas de manera efectiva. Esta deficiencia en la capacitación no solo limita el conocimiento de los estudiantes, sino que también puede perpetuar una comprensión superficial o incorrecta de las energías renovables.

Además, los recursos económicos y tecnológicos limitados en las instituciones educativas representan una barrera significativa. La implementación de tecnologías de energía renovable en las escuelas requiere inversiones considerables en infraestructura y equipo, recursos que a menudo no están al alcance de muchas instituciones, especialmente en contextos de bajos recursos económicos (Hammad et al., 2018). La falta de acceso a tecnología adecuada limita las oportunidades para realizar experimentos prácticos y explorar las energías renovables de manera efectiva. Sin los recursos necesarios, los docentes enfrentan dificultades para integrar estas tecnologías en el currículo y proporcionar una educación práctica y relevante. Esto subraya la necesidad de políticas que faciliten la financiación y el acceso a recursos tecnológicos para apoyar la educación en energías renovables.

Otro desafío importante es la falta de apoyo institucional y político. Las políticas educativas a menudo no priorizan la educación ambiental y sobre energías renovables, lo que resulta en la ausencia de directrices claras y recursos dedicados a estos temas. La falta de apoyo institucional puede llevar a una implementación inconsistente y a la falta de continuidad en los programas educativos relacionados con las energías renovables. Para abordar esta barrera, es crucial abogar por políticas educativas que reconozcan la importancia de la sostenibilidad y promuevan la integración de las energías renovables en el currículo escolar. Las políticas gubernamentales deben fomentar el desarrollo de programas educativos que incluyan el estudio de las energías renovables y proporcionar recursos y apoyo a las instituciones para implementar estos programas (Rieckmann, 2017).

Superar estos desafíos requiere un enfoque integral que incluya varias estrategias clave. Primero, es fundamental mejorar la formación continua de los docentes en temas relacionados con las energías renovables y la sostenibilidad. Esto puede lograrse mediante la incorporación de programas de desarrollo profesional y cursos especializados que preparen a los educadores para enseñar estos temas de manera efectiva (Guven y Sulun, 2017). En segundo lugar, es necesario promover el acceso a recursos económicos y tecnológicos mediante políticas que faciliten la financiación y la colaboración entre instituciones educativas y empresas del sector de energías renovables. Los programas de subvenciones y asociaciones público-privadas pueden ser útiles para proporcionar los recursos necesarios (Hammad et al., 2018). Finalmente, se requiere un mayor apoyo institucional y político para integrar las energías renovables en los currículos escolares y garantizar la implementación de programas educativos robustos. Esto implica la creación de políticas educativas que incluyan la sostenibilidad como una

prioridad y que ofrezcan recursos adecuados para la implementación de estos programas (Rieckmann, 2017).

En tal sentido, los desafíos y barreras en la implementación y educación sobre energías renovables son significativos, pero pueden superarse con un enfoque estratégico y colaborativo. La mejora en la formación docente, el acceso a recursos necesarios y el apoyo institucional y político son fundamentales para lograr una educación integral y efectiva en este campo. Abordar estos problemas permitirá avanzar hacia una educación más inclusiva y holística que prepare a los estudiantes para enfrentar los desafíos del futuro energético.

3.2 Diagnóstico del conocimiento de los estudiantes de la IE Técnica Francisco José de Caldas del municipio de Socotá acerca de las energías renovables (ER)

La EER requiere de estudiantes activos que trabajen en niveles altos de pensamiento crítico para desarrollar actividades de investigación y descubrimiento con aplicaciones del mundo real que les permita el desarrollo de conocimientos, habilidades y valores necesarios para tomar decisiones sobre cuestiones y preguntas en materia de ER (Siribunnam et al., 2014); pensar y argumentar en un contexto controlado de participación y de traducir esos argumentos en políticas públicas, escritos, declaraciones, solicitudes, etc. (Solbes y Vilches, 2004); realizar evaluaciones sobre los desarrollos científicos y tecnológicos de las ER, sus riesgos y su impacto tanto social como ambiental (Valdés et al, 2002); evaluar los recursos disponibles en materia de eficiencia energética y protección del medio ambiente; realizar juicios éticos en torno a estos desarrollos que le permita hacer control social de los mismos teniendo en cuenta el “principio de precaución” (Gil y Vilches, 2006).

Así mismo, la EER requiere de entornos de aprendizaje innovadores en los diferentes grados de escolarización (primaria y secundaria), especialmente en países en desarrollo y en áreas rurales, ya que esta puede ser la única educación formal que reciben los niños y jóvenes, de manera que las actitudes sobre las ER que se inculcan en esta etapa de escolaridad podrían tener un efecto profundo, no solo en los estudiantes, sino también en sus padres si siguen el trabajo escolar de sus hijos (Acikgoz, 2011). Se resalta la falta de un curso específico sobre energía renovable que les informe a los jóvenes sobre las perspectivas y las posibilidades de empleo que obtendrían en este campo (Benchikh, 2001), y que promueva un nivel de conocimientos y conciencia altos, frente a las tecnologías de ER (Edsand y Broich, 2020).

Teniendo en cuenta lo anterior, se pretende identificar el conocimiento y la comprensión de los estudiantes de básica secundaria de la IE Técnica Francisco José de Caldas de Socotá en relación con las energías renovables (ER) y las diferentes perspectivas inherentes a la crisis energética actual (social, ambiental, económica, ética, etc.); con el fin de diseñar estrategias educativas que integren las cuestiones socio científicas (CSC) y el el aprendizaje basado en proyectos,

promoviendo una educación en energías renovables contextualizada y relevante para la identificación y resolución de problemáticas con enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS). Este enfoque es crucial para evaluar cómo los jóvenes de esta región comprenden y aplican conceptos clave en un contexto educativo que enfrenta desafíos ambientales y sociales significativos.

3.2.1 Metodología

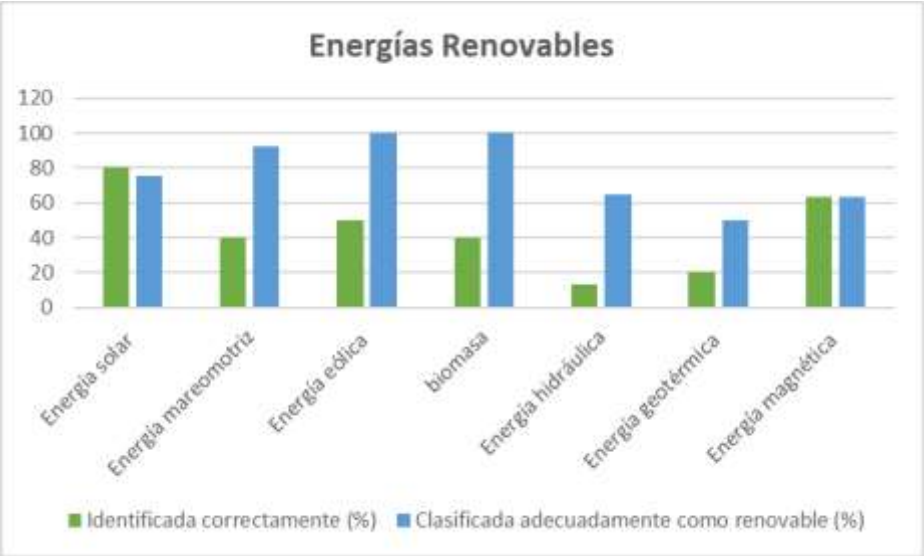
En la fase de investigación preliminar, específicamente en la etapa de diagnóstico, se implementaron una serie de actividades distribuidas en tres sesiones de trabajo, dirigidas a un grupo focal de 30 estudiantes de grado sexto de la IE Técnico Francisco José de Caldas del Municipio de Socotá, con el objetivo de evidenciar los conocimientos, experiencias, percepciones y explicaciones que tienen acerca de las fuentes de energías renovables y no renovables, así como los aspectos sociales, ambientales, económicos, políticos, éticos, asociados a estas tecnologías.

3.2.2 Resultados

La prueba aplicada en la Sesión N° 1 consistió en una actividad de identificación y análisis de diferentes fuentes de energía representadas por imágenes. Se les solicitó que: relacione cada imagen con el tipo de energía correspondiente; clasifique si la fuente de energía es renovable o no renovable, y exprese su comprensión sobre cada una de ellas[1]. Los resultados publicados en Zúñiga-González et al. (2025), acerca del conocimiento previo de los estudiantes sobre fuentes de energía renovable se muestran en la gráfica 19.

Gráfica 19. *Conocimientos previos de estudiantes acerca de fuentes de energía renovable*

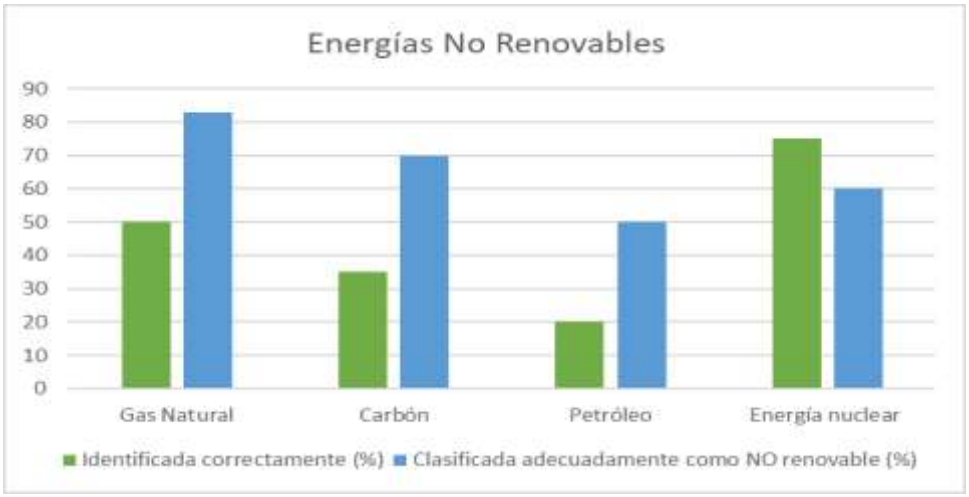
[1] La Prueba aplicada se encuentra en el Anexo 1



Fuente: Elaboración propia

En cuanto a las energías no renovables, los resultados muestran un grado variable de comprensión y precisión en la identificación de las fuentes de energía (Gráfica 20).

Gráfica 20*. Conocimientos previos de estudiantes acerca de fuentes de energía no renovable*



Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, se llevó a cabo una discusión en grupo donde los estudiantes analizaron las características específicas de cada fuente de energía, tales como la contaminación, la limpieza, la posibilidad de agotamiento, la generación de emisiones y residuos, y su impacto ambiental. En la tabla 2 se presentan algunas de las respuestas obtenidas de los estudiantes.

Tabla 2. *Respuestas obtenidas durante la primera sesión*

Tipo de Energía	Cómo la entienden los estudiantes.
Energía Química (Gas natural)	Sirve para cocinar, es mala para la salud.
Energía Solar	Sirve para ahorrar electricidad, para la electricidad, para tener energía natural en nuestras casas, nos ayuda a ver, nos sirve para no quemar carbón, es lo que carga los paneles solares.
Energía Mareomotriz	Sirve para humedecer el planeta, para las fuentes de agua, el agua nos da vida, no contamina y sirve para el ambiente. No transmite nada ya que no es renovable, se usa para hacer energía: molinos de agua.
Energía Química (Carbón)	Para hacer cosas de hierro. El carbón lo llevan para crear energía. El fuego no es natural.
Energía Química (Petróleo)	Sacar sustancias de la tierra, trae químicos tóxicos para nosotros, se utiliza para la gasolina que se utiliza en aviones, carros, etc. Es como un aceite. El petróleo no es natural.
Energía Eólica	No la conocen, produce electricidad, nos mantiene en una temperatura. Con sus ventilaciones cogen el aire y lo hacen girar provocando energía natural, nos ayuda a no utilizar tanta electricidad.
Energía Nuclear	Sirve para sacar minerales, para la ciencia, para experimentos, nos puede producir cáncer, tiene muchos gases tóxicos que hace que haya muchas explosiones; destruye la naturaleza; es la que sale de un núcleo; son químicos peligrosos.
Biomasa	Es la naturaleza, para sentir las cosas, sirve para alimentarnos, es renovable porque es natural.
Energía Hidráulica	Sirve para dar electricidad; sirve porque al pasar por el lado de arriba de la represa pasa el agua sucia, y al pasar por la represa pasa limpia y crea energía; contamina el agua; proviene del agua; es una represa que detiene el agua.
Energía Magnética	Sirve para encontrar objetos perdidos de hierro y de metal, para extraer las cosas, para atraer objetos, para transmitir corriente, que una máquina está trabajando por sí sola con energía.
Energía Geotérmica	No la conocen, sirve para formar electricidad. No debemos quemar el medio ambiente, daña el medio ambiente; mediante el vapor se crea energía; todo lo que es térmico.

Fuente: Elaboración propia

En la segunda sesión, se llevó a cabo una evaluación más profunda de la comprensión de los estudiantes sobre las características y el impacto de las diferentes fuentes de energía en el contexto en el que viven, mediante la discusión de noticias recientes sobre minería en Socotá, se pretende que los estudiantes reflexionen sobre los efectos ambientales, económicos y sociales asociados con las actividades energéticas. Esta dinámica permitió a los participantes reflexionar y argumentar sobre las implicaciones ambientales y prácticas de cada tipo de energía, fomentando una comprensión crítica y contextualizada de su uso y efectos. En la tabla 3 se presentan algunas de las respuestas obtenidas de los estudiantes.

Tabla 3. *Respuestas obtenidas durante la segunda sesión*

Pregunta	Respuestas
¿Cómo se produce la energía eléctrica en Boyacá y quién la produce?	✓ La energía sale de diferentes fuentes, la que utiliza Boyacá es la Hidráulica y la crea el gobierno, la produce una empresa llamada EBSA, mediante plantas de luz, maquinas grandes y densas, cables, contadores, y postes. ✓ Por medio de ventiladores que producen energía mediante el viento. ✓ Por un lago, en Paipa ✓ Carbón, paneles solares (el sol), plantas eólicas, ingenieros. ✓ Por molinos de agua o de viento que quedan en Tunja.
¿De qué manera podrías verte beneficiado(a) o afectado(a) por la producción y consumo de energía en Boyacá?	✓ La luz nos beneficia mucho, para cargar los dispositivos como el celular, electrodomésticos, interne, bombillos y en los deberes cotidianos. ✓ Nos afecta que al tener contacto con el agua explotaría, porque por un corto se puede incendiar la tierra, hay descargas eléctricas. Porque la minería ilegal la utilizan y eso produce que nosotros nos podamos enfermar. ✓ No me veo afectado, nosotros utilizamos mucho la energía y la necesitamos.
¿Qué problemas a nivel ambiental, económico, social, se generan en Socotá por la producción energética?	✓ Ambiental: Deforestación de árboles, el humo puede contaminar el medio ambiente. Una vez ocurrió un corto en la planta municipal, lo cual provocó fuego y daño en el ambiente, la alcaldía pagó la reconstrucción de la planta eléctrica. Tirar basura y ensuciar la planta eléctrica. El combustible contamina. Las minas están acabando con el agua. ✓ Económico: que las personas no tienen recursos para pagarla, si no tienen luz pueden perder los alimentos de la nevera. Llega costoso el recibo. ✓ Social: Se crean protestas saliendo heridas las personas.
¿Cómo puede el conocimiento obtenido de los estudios energéticos ayudar a resolver los problemas sociales de la comunidad Caldista, de Socotá y de Boyacá?	✓ Nos ayuda para tener fuentes de energía mejores en Socotá, y menos deforestación de árboles en Boyacá. ✓ Arreglando si hay cortos. ✓ Que el alcalde cierre la minería ilegal. ✓ Las personas no distinguimos lo suficiente sobre las fuentes de energía eléctrica por lo que es necesario brindar educación en las instituciones educativas. ✓ Ayudando a hacer campañas en el municipio. ✓ No botando basura
¿Cuál ha sido el impacto de las centrales hidroeléctricas y térmicas en el ambiente y la sociedad?	✓ La hidroeléctrica al igual que la térmica es muy buena porque no hay contaminación. ✓ La quema de árboles puede afectar el ambiente ✓ Cuando hubo un incendio en la planta eléctrica de Socotá, probando desastres naturales ✓ La minería que contamina el agua ✓ Las personas no cuidan el agua, muchos minerales, etc. ✓ El humo es malo para las personas

Fuente: Elaboración propia

En la tercera sesión se presentan afirmaciones relacionadas con las fuentes de energía renovable, invitando a los participantes a mencionar si están de acuerdo o no y a argumentar sobre la capacidad de la ciencia y la tecnología para resolver problemas globales, la viabilidad de la energía producida a partir de recursos naturales, y el impacto de las energías renovables en la economía y el medio ambiente. En la tabla 4 se presentan algunas de las respuestas obtenidas de los estudiantes.

Tabla 4. *Resultados obtenidos durante la tercera sesión*

No	Afirmaciones	De acuerdo (%)	En Desacuerdo (%)
1	La ciencia y la tecnología pueden resolver todos los problemas que dañan al mundo y al ser humano	31	69
2	La energía no se puede producir a partir de residuos ni de recursos como el sol o el agua	56	44
3	La energía producida por las centrales nucleares no es una forma de energía renovable	44	66
4	El uso de fuentes de energía renovables no reducirá la contaminación ambiental, el agotamiento de la capa de ozono, el efecto invernadero ni el calentamiento global.	31	69
5	El uso de fuentes de energía renovables contribuirá a la economía del país ya que ayudará a resolver la demanda mundial de energía; a pesar de que la construcción de centrales eléctricas que utilizan estas fuentes, es más costosa; y de que las inversiones que se están realizando actualmente para promover el uso de energías renovables no son suficientes.	81	19
6	Las centrales eléctricas que utilizan fuentes de energía renovables son más seguras que otros tipos de centrales eléctricas y su uso está aumentando en todo el mundo.	63	37
7	Me preocupan los efectos negativos que el uso de fuentes de energía renovables podría tener en los seres vivos, por lo que no me gustaría que se construyera una central eléctrica con fuentes de energía renovable en el lugar donde vivo.	69	31
8	En general, las personas no conocemos lo suficiente acerca de las fuentes de energía renovables, por lo que se hace necesario brindar educación en las instituciones educativas sobre la importancia de estas fuentes.	81	19
9	No hay suficientes noticias y programas en los medios de comunicación relacionados con las energías renovables.	75	25

Fuente: Elaboración propia

Este ejercicio está alineado con los principios del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), como se describe en el trabajo de Sánchez y Reyes (2025), que destaca la importancia de fomentar la investigación y el pensamiento crítico en contextos auténticos. A través de estas sesiones de trabajo, se evidencia no solo la comprensión crítica de los estudiantes, sino también su capacidad para formular argumentos informados y reflexionar sobre la relevancia de la educación en energías renovables.

3.2.3 Discusión de Resultados

Conocimiento sobre Energías Renovables

Los resultados indican un conocimiento variado sobre las energías renovables, con un buen reconocimiento de la energía solar, mareomotriz y eólica, pero una comprensión menos clara sobre la energía biomasa, hidráulica, geotérmica y magnética. El alto nivel de conocimiento de los estudiantes acerca de la energía solar, refleja su importancia en la vida cotidiana y su percepción como una alternativa crucial para la reducción de la dependencia de los combustibles fósiles. Los estudiantes entienden que la energía solar es útil para ahorrar electricidad, iluminar y cargar paneles solares, lo que refleja una adecuada percepción de sus aplicaciones y beneficios. Según Zyadin et al. (2012), la familiaridad con la energía solar se debe a su creciente uso en aplicaciones domésticas y comerciales, lo que contribuye a su visibilidad y aceptación en la educación.

En relación a la energía mareomotriz, Msengi et al. (2019), argumenta que las energías mareomotrices son vistas positivamente debido a su capacidad para generar energía sin emisiones directas de gases contaminantes. Así mismo, la percepción de la biomasa, como una extensión de la naturaleza refleja su aplicación en procesos sostenibles y su importancia en el ciclo de nutrientes naturales. Como mencionan Lucas et al. (2022), la biomasa es valorada por su capacidad para aprovechar los residuos orgánicos y su rol en la sostenibilidad ambiental. Sin embargo, aunque ambos tipos de energía fueron clasificados correctamente como renovables por la mayoría, la comprensión de sus aplicaciones y beneficios es menos clara, en comparación con la energía solar.

El reconocimiento de la energía eólica es consistente con estudios previos que destacan la creciente implementación de tecnologías eólicas y su promoción en programas educativos (Portillo et al., 2024). Sin embargo, a pesar del reconocimiento, algunos estudiantes muestran falta de familiaridad con esta energía, un conocimiento limitado sobre cómo funciona, lo que sugiere una necesidad de mayor integración de esta temática en los currículos educativos.

En contraste, la falta de reconocimiento de la energía hidráulica, la cual se considera una fuente renovable debido a su capacidad para regenerarse a través del ciclo natural del agua (Ramos, 2022), la confusión sobre su funcionamiento y sus impactos ambientales; de acuerdo con Crookston et al. (2020), se debe a la falta de educación práctica y teórica en la materia, a la complejidad de los sistemas hidráulicos y la falta de exposición en el ámbito educativo. Así mismo, la energía geotérmica es entendida por algunos estudiantes como una fuente de energía a partir del calor terrestre, percibida negativamente debido a sus impactos ambientales por lo que la comprensión acerca de sus beneficios y efectos ambientales necesita ser reforzada. Este hallazgo coincide con las observaciones de Carr-Cornish y Romanach (2014), quienes discuten la percepción mixta de la energía geotérmica basada en preocupaciones ambientales.

Finalmente, aunque la energía magnética no es una fuente de energía tradicionalmente clasificada en términos de renovabilidad, su inclusión en las respuestas, puede reflejar confusiones entre diferentes tipos de energías y tecnologías emergentes. La confusión sobre su función y clasificación es destacada por Guerra-Reyes et al. (2024), quien señala que la comprensión de las tecnologías emergentes a menudo se confunde con conceptos más establecidos.

Conocimiento sobre Energías No Renovables

El análisis de las energías no renovables revela una comprensión variada entre los estudiantes sobre los diferentes tipos de fuentes energéticas y sus características. El gas natural, es reconocida frecuentemente por su uso para cocinar y ha sido asociada con efectos adversos para la salud. De acuerdo con Atehortúa y Ramírez (2024), el gas natural, aunque considerado una alternativa menos contaminante que otros combustibles fósiles, sigue teniendo impactos negativos sobre la salud humana y el medio ambiente debido a su naturaleza no renovable. Así mismo, el carbón es conocido por su uso en la producción de hierro y en la generación de energía, y ha sido asociado con la contaminación ambiental tal como lo afirman Rath et al (2023), quienes argumentan que el carbón, además de ser una fuente de energía importante históricamente, tiene efectos ambientales significativos debido a su combustión y emisiones de gases tóxicos. Sin embargo, la comprensión de sus aplicaciones y efectos sigue siendo limitada, con algunos estudiantes subestimando sus impactos ambientales.

El petróleo se emplea en la producción de gasolina y diversos compuestos químicos, y se caracteriza por ser una sustancia tóxica, es un punto de preocupación entre los estudiantes. Este entendimiento se alinea con las observaciones de Murillo et al. (2025), quienes destacan que el petróleo no sólo tiene un impacto ambiental considerable debido a sus emisiones, sino que también representa un riesgo para la salud humana debido a la toxicidad de sus productos derivados. Sin embargo, la falta de comprensión precisa sobre el petróleo y sus productos derivados, junto con su impacto ambiental, indica una necesidad urgente de educación en esta área.

La mayoría de los estudiantes reconocen los riesgos asociados con la energía nuclear, asociándose con aplicaciones científicas y experimentos, a riesgos significativos como el cáncer y la contaminación, lo cual influye en la percepción de su peligrosidad entre los estudiantes. De acuerdo con Waldman y Masys (2018), la energía nuclear, a pesar de su alta densidad energética, presenta desafíos importantes relacionados con la seguridad y el manejo de residuos radiactivos, lo cual es coherente con las preocupaciones manifestadas por los estudiantes en este estudio. Sin embargo, una educación continua y la integración de contenidos más específicos podrían contribuir a una mayor comprensión y conciencia sobre la gestión y el impacto de las fuentes de energía en el medio ambiente.

La producción de energía eléctrica en Boyacá

La producción de energía eléctrica en Boyacá es un proceso multifacético que abarca diversas fuentes y métodos. En la región, la energía eléctrica se genera a partir de la hidroeléctrica Chivor, la tercera central hidroeléctrica con mayor

capacidad instalada en Colombia, situada a 160 km al noroeste de Bogotá, sobre el río Batá, en el Departamento de Boyacá, en el municipio de Santa María, la cual genera energía para cubrir cerca de 6% de la demanda energética nacional (Semana, 2022). Sin embargo, en épocas de sequía, las termoeléctricas empiezan a funcionar para suplir la demanda energética del país, en Boyacá, específicamente en el municipio de Paipa, está ubicada la Central Termoeléctrica TERMOPAIPA propiedad de GENSA, la cual funciona a base de vapor, para cuya producción se utiliza como único combustible carbón, contando con una capacidad instalada de 321 MW, distribuida en la unidad I con 31 MW, la unidad II con 70 MW, la unidad III con 70 MW; y la Termopaipa IV, construida y operada por la Compañía Eléctrica de Sochagota que tiene una capacidad neta de 160 MW (Asociación Nacional de Empresas Generadoras, 2023)

Beneficios y Afectaciones por la Producción y Consumo de Energía

El impacto de la producción y consumo de energía en Boyacá presenta una gama de beneficios y afectaciones que influyen tanto a nivel personal como comunitario. En términos de beneficios, el acceso a energía eléctrica es crucial para las actividades cotidianas, proporcionando iluminación de los espacios, energía para cargar dispositivos como celulares, y funcionamiento de electrodomésticos e internet. Esta disponibilidad permite a los residentes llevar a cabo sus deberes y actividades diarias con mayor eficiencia, subrayando la importancia de la energía eléctrica en la vida moderna y su papel en el desarrollo y la calidad de vida de las personas (Ramos, 2022).

Sin embargo, el consumo y la producción de energía también conllevan ciertos riesgos y afectaciones identificados por los estudiantes en su entorno inmediato: los incidentes de corto circuito y la posibilidad de explosiones por contacto con el agua son ejemplos de los peligros que pueden surgir, con potenciales consecuencias como incendios y daños a la infraestructura. Además, la minería ilegal asociada con algunas fuentes de energía puede tener efectos perjudiciales para la salud de la población, como la exposición a contaminantes que provocan enfermedades. A pesar de esto, los estudiantes no perciben un impacto más allá de los riesgos inmediatos, no tienen en cuenta la contaminación del agua, suelo, aire que se da producto de la minería de carbón y funcionamiento de las termoeléctricas, así como el calentamiento global y cambio climático.

Impactos y Soluciones Relacionadas con la Energía

La producción de energía en Socotá y en general en Boyacá presenta una serie de impactos que afectan diversos aspectos del entorno y la sociedad. En el ámbito ambiental, la deforestación provocada por la expansión de infraestructuras energéticas, como las plantas eléctricas, es una preocupación significativa. La quema de árboles para el establecimiento de estas infraestructuras y el uso de combustibles fósiles contribuyen a la contaminación del aire y del agua, además de tener efectos negativos sobre la biodiversidad. Un caso ilustrativo de esta problemática fue el incendio en una planta eléctrica municipal que dañó las instalaciones, produjo contaminación del medio ambiente y desabastecimiento energético temporal, obligando a la alcaldía a cubrir los costos de reconstrucción.

Esta situación resalta la necesidad de mejorar las prácticas de gestión y mantenimiento para evitar tales incidentes y minimizar los daños ambientales asociados (Falla & Diaz, 2023).

Desde una perspectiva económica, los problemas que surgen son significativos. Los altos costos de la energía eléctrica pueden ser una carga pesada para los residentes, especialmente para aquellos con recursos limitados. La incapacidad para pagar las facturas de electricidad puede llevar a la pérdida de alimentos almacenados en refrigeradores, lo que agrava las dificultades económicas de las familias. Además, la inversión en infraestructura energética y la recuperación de daños debido a incidentes como incendios en plantas eléctricas también representan una carga económica considerable, que afecta tanto a las finanzas locales como a los presupuestos familiares (Ramos, 2022).

En el ámbito social, la producción de energía puede generar conflictos y tensiones dentro de la comunidad. Las protestas derivadas de problemas relacionados con la energía, como la falta de suministro o la contaminación, pueden llevar a situaciones de violencia y heridas entre los participantes. Estas tensiones sociales subrayan la necesidad de una gestión más equitativa y eficiente de los recursos energéticos, así como la implementación de mecanismos para abordar y resolver los conflictos de manera pacífica y constructiva (Falla y Diaz, 2023).

El conocimiento obtenido de estudios energéticos puede ser fundamental para abordar estos problemas. La mejora en la gestión de recursos energéticos podría incluir la implementación de fuentes de energía más sostenibles y la reducción de la deforestación en Boyacá, como sugieren los estudios sobre sostenibilidad y eficiencia energética. La educación y la sensibilización sobre el uso adecuado de la energía son cruciales para fomentar prácticas más responsables y para la creación de campañas que promuevan la protección ambiental y la reducción de residuos. Adicionalmente, la erradicación de la minería ilegal y la promoción de un manejo adecuado de los recursos naturales son medidas esenciales para mitigar el impacto ambiental y social de la producción energética (Ramos, 2022).

Por último, el impacto ambiental y social de las centrales hidroeléctricas y térmicas es un asunto complejo que exige un análisis integral. Si bien estas fuentes pueden presentar menores emisiones directas que algunos combustibles fósiles, la construcción de grandes infraestructuras conlleva transformaciones significativas en los ecosistemas, como la alteración de cauces, la modificación de paisajes naturales y la generación de contaminantes (Ramos, 2022). En el caso de las hidroeléctricas, su ubicación frecuente en zonas de alta riqueza natural implica intervenciones sobre ríos y montañas que afectan la dinámica térmica y química del agua; el aumento de la temperatura y las variaciones en la concentración de oxígeno impactan a especies como los peces —organismos poiquilotermos— y alteran el equilibrio ecológico del sistema fluvial (Levinson, 2023). A ello se suman problemáticas asociadas a la expansión de infraestructuras, como la tala de bosques y la contaminación hídrica derivada de actividades extractivas vinculadas, que deben gestionarse cuidadosamente para equilibrar la producción energética con la protección ambiental y social (Falla y Díaz, 2023). En este sentido, cuestionar si la

energía hidroeléctrica puede considerarse “limpia” implica articular conocimientos de física, biología y química, así como de geografía y economía, lo que evidencia la necesidad de adoptar un enfoque interdisciplinario que permita abordar la sostenibilidad desde una perspectiva científica y contextualizada.

Afirmaciones sobre energía renovable y los aspectos científicos, sociales y tecnológicos asociados.

El análisis de las respuestas a las afirmaciones planteadas revela una división entre una visión optimista y una más crítica acerca de si, la ciencia y la tecnología pueden resolver todos los problemas que afectan al mundo y al ser humano. Por un lado, la creencia en la capacidad de la ciencia y la tecnología para encontrar soluciones a problemas globales se alinea con el paradigma positivista de la ciencia y la tecnología, que consideran que el progreso de la sociedad surge a partir de los avances científico tecnológicos, los cuales son el medio para resolver los problemas sociales y mejorar la condición humana. Sin embargo, esta visión positivista se ve cuestionada por la perspectiva de Campos y Álvarez (2023) quienes subrayan que la tecnología no solo resuelve problemas, sino que también puede generar nuevos desafíos. En este sentido, el hecho de que la tecnología pueda fallar o que no pueda resolver problemas complejos como el cáncer o el calentamiento global, resalta la necesidad de una visión más matizada sobre sus capacidades.

La discusión sobre la producción de energía a partir de recursos como el sol o el agua también pone de manifiesto una divergencia de opiniones. Mientras algunos participantes creen que la energía no puede ser producida a partir de recursos renovables, esta percepción contrasta con la visión de Ayllon et al. (2024), quien destaca la importancia de las energías renovables como soluciones viables para problemas ambientales, argumentando que el uso de tecnologías como paneles solares y centrales hidroeléctricas es crucial para reducir el impacto ambiental de las fuentes de energía tradicionales. La resistencia a aceptar la viabilidad de estas tecnologías podría estar relacionada con una falta de información actualizada o una percepción desactualizada de las capacidades tecnológicas.

La percepción de que la energía nuclear no es una forma de energía renovable refleja una comprensión crítica de sus impactos ambientales, sin embargo, las respuestas confunden la energía nuclear con otras formas de energía renovable. Según Kim et al. (2014), la energía nuclear, aunque efectiva en términos de producción de energía, plantea problemas significativos debido a los residuos tóxicos y el riesgo de accidentes, teniendo en cuenta que se obtiene de la fisión o fusión de átomos de uranio, elemento químico radiactivo que se constituye como un recurso finito y no renovable.

La discusión sobre si el uso de fuentes de energía renovables reducirá la contaminación y otros problemas ambientales también muestra una complejidad en la percepción de los estudiantes. Aunque muchos creen que las energías renovables pueden ayudar a mitigar la contaminación y el calentamiento global, otros tienen dudas sobre su efectividad. Carpintero y Frechoso (2023) argumentan que las fuentes de energía renovables, si bien no son una solución perfecta, juegan un papel crucial en la reducción de los problemas ambientales asociados con las

fuentes de energía no renovables y en la sostenibilidad. La resistencia a aceptar este papel podría reflejar preocupaciones sobre la implementación y el impacto de las tecnologías renovables, así como la percepción de que algunos problemas ambientales persisten a pesar de su uso.

La afirmación de que el uso de fuentes de energía renovables contribuirá a la economía del país y ayudará a resolver la demanda mundial de energía también revela una serie de creencias. Mientras algunos participantes ven las energías renovables como una solución económica viable, otros están preocupados por los costos iniciales y las inversiones necesarias. Esta percepción está en línea con la visión de Ayllon et al. (2024), quien señala que, aunque las inversiones en energías renovables pueden ser costosas, los beneficios a largo plazo y la reducción del impacto ambiental justifican estos costos. La discrepancia en la percepción de los costos y beneficios de las energías renovables subraya la necesidad de una mejor comunicación sobre los aspectos económicos y ambientales de estas tecnologías.

El debate sobre el uso de centrales eléctricas renovables y su seguridad es evidente entre los estudiantes. Mientras muchos consideran estas tecnologías más seguras y menos contaminantes, otros expresan preocupaciones por sus posibles efectos negativos en el ecosistema. Según Bedoya y Castillo (2023), las energías renovables representan un avance positivo en seguridad y sostenibilidad, pero las experiencias y preocupaciones personales influyen en las percepciones de riesgo; aunque algunos estudiantes temen que la construcción de centrales renovables pueda dañar el entorno, otros ven estas tecnologías como beneficiosas para la calidad de vida. Investigaciones de Choo y Go (2022) sugieren que, aunque menos peligrosas que las fuentes no renovables, las energías renovables todavía presentan riesgos que requieren atención.

Finalmente, la falta de conocimiento y educación sobre las fuentes de energía renovables se identifica como un problema importante, los estudiantes manifiestan la necesidad de mayor educación en las instituciones educativas sobre este tema. La falta de información y la insuficiente cobertura mediática sobre energías renovables reflejan una brecha en la educación pública y en la comunicación de los beneficios y desafíos asociados con estas tecnologías. La inclusión de la educación sobre energías renovables en el currículo escolar y la mejora de la cobertura mediática son pasos esenciales para promover una comprensión más completa de estas tecnologías.

4. CONCLUSIONES

En la revisión de antecedentes, se identificaron aspectos clave para la investigación, como diversas metodologías de enseñanza que consideran el nivel de desarrollo, expectativas, intereses y conocimientos previos de los estudiantes. No obstante, se observa una necesidad de profundizar en enfoques basados en proyectos y cuestiones socio científicas, que integran la realidad del mundo exterior en el aula. Estos enfoques sensibilizan a los estudiantes sobre su contexto, fomentan la participación social activa, y fortalecen la autoeficacia en la toma de decisiones comunitarias y la resolución de problemas en el ámbito de la energía. Además, promueven la reflexión y acción en relación con la construcción, funcionamiento, conceptualización de dispositivos y el desarrollo de habilidades prácticas.

Para diseñar estrategias de enseñanza basadas en proyectos en el contexto de las Energías Renovables (EER) desde un enfoque de Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS), se identificaron varias orientaciones metodológicas clave. Estas incluyen el trabajo en equipo, la implicación de la comunidad y el uso del contexto como base del aprendizaje. También es crucial diseñar materiales educativos que fomenten la acción social responsable y el ejercicio de una ciudadanía democrática en relación con las problemáticas asociadas al consumo y producción de energías renovables.

Así mismo, las características reportadas en la literatura sobre proyectos de aula y cuestiones socio científicas en energías renovables sugieren un proceso de enseñanza centrado en el estudiante y guiado por los docentes. Este enfoque permite el trabajo en pequeños grupos, donde los estudiantes participan activamente, desarrollan habilidades, adquieren nuevos conocimientos, y aprenden sobre su contexto e interactúan socialmente. Se han descrito diversas etapas en el desarrollo de estas metodologías de enseñanza, las cuales convergen y varían dependiendo de las variantes del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) que se implementen.

En concordancia con lo anterior, el diagnóstico realizado en la fase de investigación preliminar destaca la urgencia de desarrollar e implementar una intervención educativa que aborde de manera integral las problemáticas del contexto de Socotá. La ausencia de estrategias pedagógicas y didácticas efectivas, como salidas de campo, debates, prácticas de laboratorio y construcción de artefactos, limita el potencial de la enseñanza sobre energías renovables. Estas actividades no solo enriquecen la reflexión crítica, sino que también permiten identificar y superar las ideas previas de los estudiantes que afectan su aprendizaje.

La metodología de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) se presenta como una herramienta valiosa en este contexto, dado que la mayoría de los docentes ya está familiarizada con ella. El ABP facilita el desarrollo de competencias esenciales como la colaboración, la comunicación, la toma de decisiones y la resolución de problemas. Además, fomenta la curiosidad de los estudiantes y

estimula la imaginación al abordar cuestiones relacionadas con las fuentes de energía, lo que es fundamental para un aprendizaje más profundo y contextualizado.

No obstante, el diagnóstico también revela un importante desconocimiento entre los docentes sobre los enfoques de Cuestiones Socio Científicas (CSC) y Energías Renovables (ER), así como sobre sus impactos. Esta brecha en el conocimiento justifica la necesidad de desarrollar una formación continua para los docentes, adaptada a las necesidades locales y centrada en estos temas.

De igual manera, los resultados sugieren que, aunque los estudiantes tienen una comprensión básica de las energías renovables y no renovables, hay áreas significativas de mejora en el conocimiento detallado y preciso sobre las características, aplicaciones y efectos ambientales de cada tipo de energía. Así mismo, existe una compleja interacción de conocimientos sobre diferentes visiones de progreso tecnológico, preocupaciones ambientales y debates sobre costos y beneficios que subrayan la necesidad de una comunicación clara y una educación eficaz para abordar las cuestiones relacionadas con las fuentes de energía renovables. Esto enfatiza la necesidad de una evaluación integral de los beneficios y desafíos de las energías renovables, considerando tanto sus ventajas como sus posibles impactos adversos; así como la necesidad de una planificación y regulación cuidadosa en la implementación de estas tecnologías.

Las respuestas de los estudiantes acerca de la energía nuclear y su clasificación como fuente renovable demuestran una confusión significativa entre los conceptos de energía renovable y no renovable. Esta confusión resalta la importancia de desarrollar recursos educativos que clarifiquen las diferencias entre las diversas fuentes de energía y sus implicaciones ambientales. Asegurar que los estudiantes tengan una comprensión clara de estos conceptos es crucial para promover una toma de decisiones informada y responsable en relación con el uso de diferentes fuentes de energía.

Estos resultados proporcionan una base sólida para el diseño y la implementación de prototipos educativos que integren enfoques CTS en el contexto de las energías renovables. La diversidad de conocimientos y la presencia de desinformación en algunos aspectos subrayan la necesidad de enfoques educativos que no solo informen sobre las tecnologías y sus aplicaciones, sino que también fomenten una comprensión crítica y contextualizada de su impacto en la sociedad y el medio ambiente. Incorporar información actualizada y precisa en el currículo escolar no solo ayudará a corregir malentendidos, sino que también fomentará una mayor aceptación y apoyo hacia las tecnologías limpias.

Además, la disposición de los docentes para participar en esta intervención educativa es alentadora, ya que permitirá a los estudiantes abordar y resolver problemas relacionados con las energías renovables en su contexto sociocultural, ambiental y geográfico. La intervención se basa en la motivación derivada del deterioro ambiental, cultural y económico causado por la minería en Socotá, y busca construir un futuro más sostenible para las nuevas generaciones.

La intervención educativa propuesta tiene como objetivo fortalecer la enseñanza de las energías renovables y fomentar una cultura de responsabilidad social energética. Promover la adopción de fuentes limpias de energía ayudará a mejorar la economía local, mitigar los impactos negativos del uso de recursos fósiles y desarrollar una conciencia crítica y comprometida con la protección de los recursos naturales. Esta estrategia integral busca formar ciudadanos informados, críticos y participativos, capaces de enfrentar los desafíos energéticos y ambientales con soluciones innovadoras y sostenibles.

Capítulo II: ¿Cuáles son las características sustantivas y procedimentales de una intervención en el aula basada en proyectos de aula y CSC que permita a los estudiantes de básica secundaria de la IE Técnica Francisco José de Caldas del municipio de Socotá, identificar y resolver problemáticas en materia de energías renovables desde un enfoque CTS?

FASE DE PROTOTIPADO

El prototipo de intervención educativa basada en proyectos de aula y CSC, que permita a los estudiantes de básica secundaria de la IE Técnica Francisco José de Caldas del municipio de Socotá, identificar y resolver problemáticas en materia de energías renovables desde un enfoque CTS; surge de acuerdo con Guisasola y Oliva (2020) del reconocimiento de la complejidad de los contextos educativos y de la búsqueda de nuevas metodologías en el proceso de enseñanza aprendizaje, que permitan explorar los resultados de tales intervenciones.

La metodología Desing Research a través del diseño, implementación, evaluación y rediseño de las intervenciones educativas, permite integrar la teoría y la práctica mediados por herramientas didácticas, que, de manera concertada entre los miembros de la comunidad de práctica, establecen cuáles son las características sustantivas y procedimentales del prototipo, el cómo, cuándo y por qué un diseño específico funciona en un entorno de aprendizaje (Guisasola y Oliva, 2020).

El prototipo de intervención educativa, debe ser una fuente de conocimiento necesaria para crear innovación y una herramienta estimulante que lleve a la formulación de preguntas de investigación, a un proceso de reflexión sobre la actividad de diseño y su resultado (Cárdenas y Hernández, 2021); siendo elemental establecer principios de diseño, que orientan la toma de decisiones sobre el material, sus detalles y el alcance, con el fin de proporcionar el conocimiento sistemático necesario para que puedan ser implementados por más diseñadores y/o orientar el desarrollo de futuras innovaciones (De Benito y Salinas, 2016).

El prototipo de intervención educativa desarrollado en esta investigación es producto del trabajo colaborativo de una Comunidad de Práctica (CoP), conformada por docentes en las áreas de matemáticas, inglés, ciencias naturales y ciencias sociales de la Institución Educativa Técnico Francisco José de Caldas, ubicada en el municipio de Socotá, Boyacá (Colombia), junto con la investigadora principal, su directora y co-directora, todas ellas expertas en el campo de estudio. Esta comunidad llevó a cabo una reflexión crítica a partir de los resultados obtenidos en la fase de investigación preliminar, con el propósito de evaluar la pertinencia de implementar una intervención basada en Cuestiones Socio Científicas (CSC) y aprendizaje basado en proyectos (ABP) orientada a la Educación en Energías Renovables (EER). Como resultado de este proceso reflexivo, la CoP acordó una serie de principios que guían el diseño del prototipo de intervención educativa, los cuales se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5. *Principios de diseño que orientan la elaboración de prototipos basados en CSC para la EER*

Principios de diseño	Análisis realizado por la CoP para la elaboración del prototipo
Abordan desafíos a nivel local, nacional o mundial que tienen gran	La explotación de carbón en la actualidad es la principal actividad económica a nivel local en

Principios de diseño	Análisis realizado por la CoP para la elaboración del prototipo
relevancia en la sociedad, son actuales, auténticos y controvertidos, estrechamente vinculados con la ciencia y abiertos a diversas soluciones.	Socotá, pero también a nivel nacional en otros departamentos como la Guajira, Cesar, Antioquia y Valle del Cauca. A nivel global los principales productores de carbón son China, EU, India, Australia, Rusia y Sudáfrica.
Puede tratar evidencias científicas incompletas o confrontantes.	La explotación del carbón es una actividad que trata evidencia científica confrontante, en la medida en la que, aunque genera beneficios económicos y energéticos, también conlleva impactos negativos a nivel ambiental, social y de salud.
Se difunden a través de los medios de comunicación masiva, generando preguntas y discusiones, incentivando diferentes interpretaciones de la actividad científica.	Se trabajan los impactos de la minería del carbón a través de lecturas, videos, documentales y entrevistas que realizan los estudiantes, los cuales propician en ellos preguntas y discusiones, el intercambio de ideas y la libre expresión.
Fomentan la diversidad de opiniones entre distintos actores, la toma de decisiones tanto a nivel individual como social, así como el análisis de costo y beneficio.	Durante la implementación del prototipo elaborado se presentan a los estudiantes cuestionamientos como: ¿Cuáles son las ventajas y desventajas que tiene la actividad económica que desarrolla tu familia? ¿Qué pasaría si se acabara el carbón en el municipio? ¿Estás a favor o en contra de la práctica de la minería? Y el análisis de los impactos de la actividad minera del carbón da cuenta del costo beneficio de la misma. Todo esto propicia diferentes opiniones en estudiantes, docentes e incluso acudientes.
Abarcan aspectos relacionados con la sostenibilidad, valores, razonamiento ético y moral; al involucrar las dimensiones sociales, culturales, políticas, ambientales.	La minería del carbón en relación con la sostenibilidad es contradictoria, en la medida en que la extracción, genera impactos ambientales y sociales significativos (contaminación del agua y aire, deforestación, pérdida de biodiversidad, generación de residuos, cambio climático, desplazamiento de la población, problemas de salud, etc.)
Su implementación difiere entre países, al estar influenciada por condiciones territoriales, geográficas, sociales, ambientales, económicas, culturas y tradiciones.	La minería del carbón difiere principalmente entre países debido a factores como la tecnología que utiliza, la regulación ambiental, las condiciones geográficas y la importancia económica de este recurso. Muchos países implementan prácticas para reducir los impactos, como la reforestación, restauración de ecosistemas y el manejo adecuado

Principios de diseño	Análisis realizado por la CoP para la elaboración del prototipo
	de residuos, o se han inclinado por fomentar la transición hacia fuentes más limpias de energía como la solar y la eólica; y hacia otras actividades económicas e industrias para reducir la dependencia al carbón. Con la CSC se pretende que los estudiantes identifiquen otras fuentes de energía renovables y alternativas.
Ofrece la posibilidad de integrar los conocimientos previos con lo aprendido en la CSC, promoviendo la reflexión, razonamiento crítico, argumentación y toma de decisiones.	En la CSC se confrontan las ideas previas que se identificaron en la etapa de diagnóstico en la fase preliminar, con lo trabajado en relación con la minería del carbón y otras fuentes de energía.
Facilitan la comprensión y el uso de conceptos interdisciplinares.	Se trabaja desde la interdisciplinariedad en las asignaturas de estadística, inglés, sociales, ciencias naturales, involucrando temáticas como: el análisis de variables cuantitativas; la estructura There be, la descripción de personas, sustantivos posesivos, adjetivos; civilizaciones antiguas y características de los seres vivos respectivamente.
Emplea la tecnología para enriquecer las experiencias de aprendizaje de los estudiantes.	Se utilizan herramientas como televisor para proyección de videos, documentales, diapositivas.

Fuente: Elaboración propia

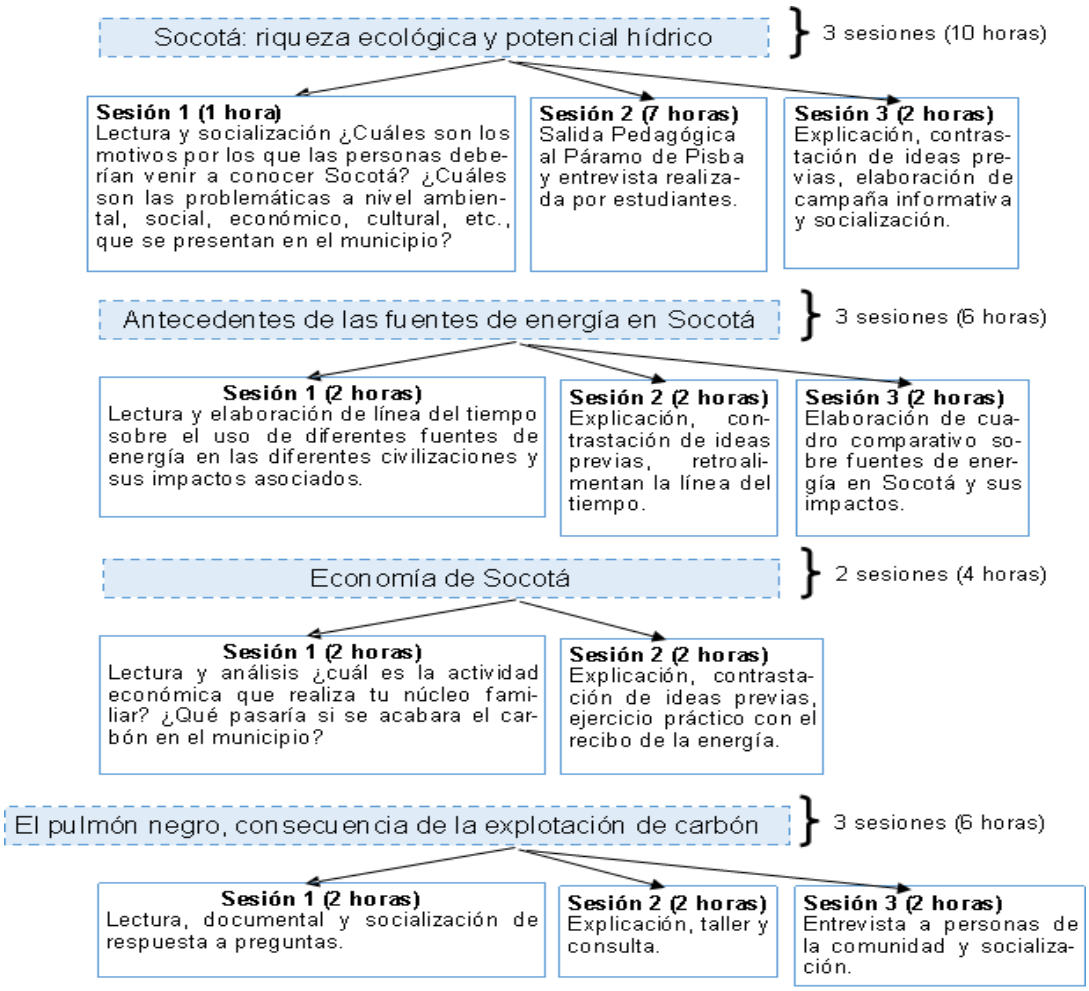
Es importante aclarar, que la cuestión socio científica abordada entorno a la minería del carbón, difiere de una situación problema y de una cuestión socialmente viva, en la medida en la que no se limita sólo a generar aprendizaje mediante la solución a problemáticas del contexto (Grimaldo et al., 2021); o a analizar y deliberar críticamente sobre controversias actuales con impacto social, político, ético o cultural (Legardez y Simonneaux, 2011); además, busca fortalecer la capacidad de argumentación y la toma de decisiones frente a problemáticas que vinculan el conocimiento científico con el contexto social. Esta cuestión socio científica aborda situaciones complejas que trascienden el conocimiento científico, al incorporar escenarios de controversia e incertidumbre y considerar dimensiones éticas, económicas, políticas y ambientales. En este proceso, se promueve la formación de una ciudadanía científica capaz de analizar evidencias, reconocer la diversidad de perspectivas e intereses involucrados y comprender las implicaciones sociales derivadas del desarrollo de la ciencia (Zeidler, 2014).

Cada uno de los principios de diseño, se constituyen como los criterios empleados por la comunidad de práctica para seleccionar la cuestión socio científica entorno a

la minería del carbón, al ser una controversia del contexto del municipio de Socotá que atañe a la educación en energías renovables, en la medida en la que contrasta modelos de obtención energética asociados a dimensiones éticas, políticas, ambientales y sociales; que requieren de un conocimiento científico y tecnológico para que los estudiantes entiendan la problemática y tomen decisiones.

Con base en los principios de diseño establecidos, la CoP define los objetivos de la intervención educativa, los contenidos a trabajar desde cada asignatura, la cuestión socio científica a partir de la cual se oriente a los estudiantes a la identificación y resolución de problemáticas en materia de energías articuladas a su contexto sociocultural, ambiental y geográfico, así como el proceso de evaluación, retroalimentación y reflexión, que permitan identificar aspectos positivos, desafíos y áreas de mejora. El prototipo elaborado se constituye de cuatro Cuestiones Socio Científicas (CSC), que giran alrededor de la problemática de la explotación de carbón en el municipio de Socotá, el cual se adjunta en el Anexo 2 y se resume en la figura 2.

***Figura 2**. Prototipo de CSC para una EER en el municipio de Socotá (Boyacá)*



Fuente: Elaboración propia

La implementación del prototipo se llevó a cabo con 30 estudiantes de grado sexto en la IE Técnica Francisco José de Caldas del municipio de Socotá, Boyacá (Colombia), en las asignaturas de estadística, ciencias naturales, inglés y sociales. Las sesiones fueron grabadas, transcritas y se analizó el contenido triangulando la información con el marco teórico, con el fin de determinar coherencia, practicidad y la efectividad de la intervención, para verificar si se realiza algún ajuste o es necesario complementar los principios de diseño para posteriormente proponer mejoras al prototipo.

Con base en las cuestiones socio científicas trabajadas, los estudiantes identifican las problemáticas de su municipio, sobre las cuales se proponen alternativas de solución mediante la implementación de proyectos. Para el desarrollo de la estrategia ABP la CoP definió como principios de diseño, los cuales se presentan en la Tabla 6.

Tabla 6. *Principios de diseño que orientan la elaboración de prototipos basados en ABP para la EER*

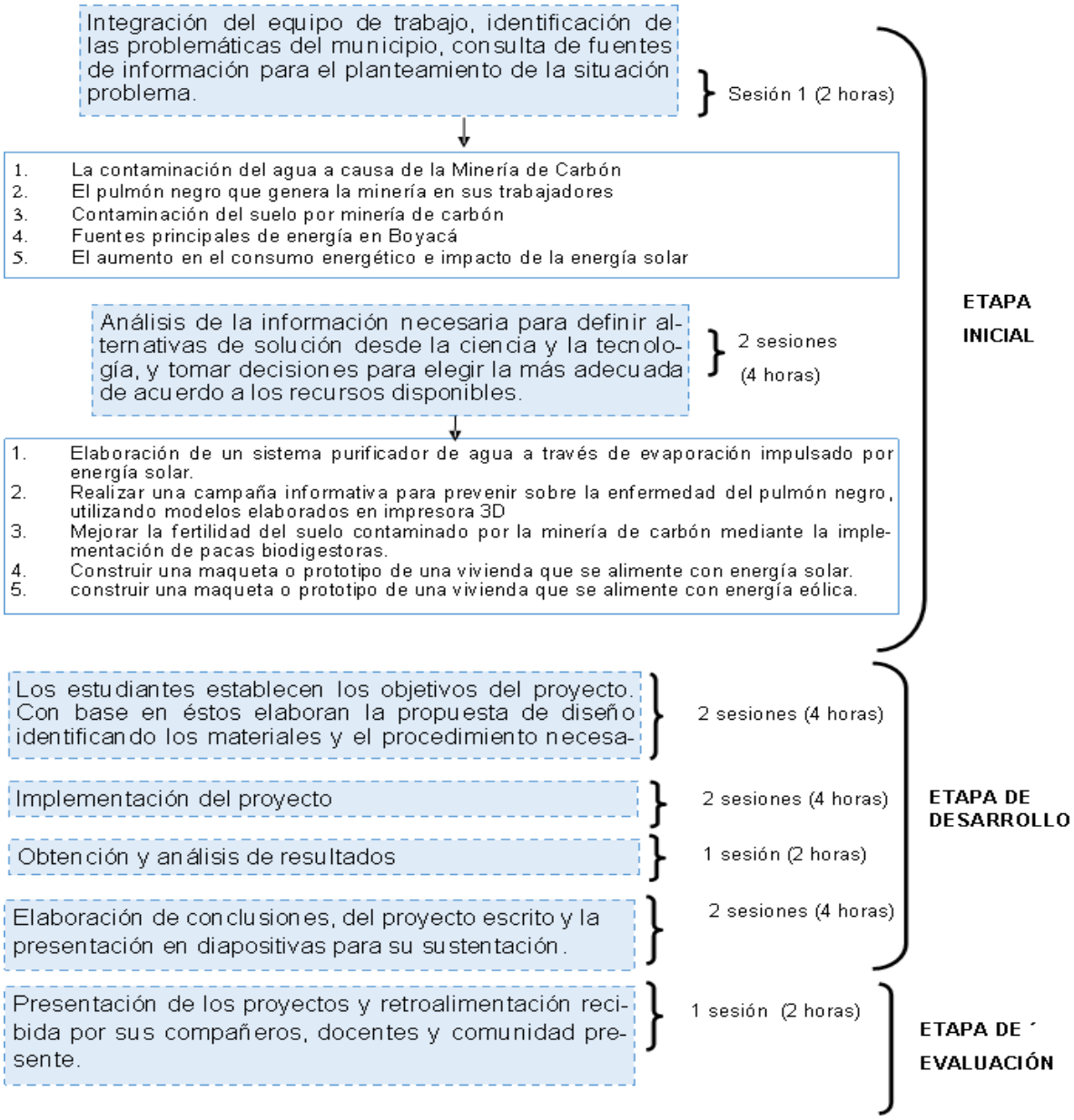
Principios de diseño	Análisis realizado por la CoP para la elaboración del prototipo
El estudiante asume un rol activo como pensadores críticos y solucionadores de problemas a través de la planificación y ejecución de proyectos, que van a contribuir a la comunidad, considerando aspectos económicos, sociales y ambientales.	Los estudiantes identifican la problemática en relación con los aspectos económicos, sociales y ambientales trabajados previamente en las CSC; y con base en ésta, buscan alternativas de solución, evaluando las posibilidades de su implementación de acuerdo con los recursos humanos, materiales y tecnológicos con que se cuenta.
El docente asume el rol de orientador y guía.	El docente es orientador en la medida en que genera cuestionamientos que llevan a la toma de decisiones, en cuanto a lo que se requiere para la planificación e implementación del proyecto.
Explorar problemas reales y actuales	Los estudiantes han identificado problemáticas que subyacen de su propio contexto: la contaminación del agua y del suelo a causa de la minería de carbón, las fuentes de energía en Boyacá y sus problemáticas asociadas, la enfermedad del pulmón negro y el aumento del consumo energético.
Desarrollo de habilidades como: trabajo en equipo, creatividad, pensamiento crítico, investigación activa, resolución de problemas y la comunicación.	Los proyectos se desarrollan en grupos, lo que implica cooperación, distribución de tareas y responsabilidades compartidas. Los estudiantes deben analizar información, evaluar opciones, argumentar sus puntos de vista, escucharse, debatir propuestas y negociar en la toma de decisiones para llevar a cabo el proyecto. Así mismo, es fundamental compartir los avances y expresar sus ideas de

Principios de diseño	Análisis realizado por la CoP para la elaboración del prototipo
	manera clara dentro del equipo y con otros públicos con el fin de recibir retroalimentación constructiva.
Potencia la motivación, reflexión y participación al fomentar una visión holística.	Las problemáticas identificadas por los estudiantes son situaciones de su interés que se presentan en el municipio en el que viven, por lo que al tratar de dar solución a éstas involucrando conocimientos de diferentes asignaturas, su aprendizaje será interdisciplinar y aplicable, dándoles un sentido de compromiso y responsabilidad que potencia su entusiasmo y persistencia. Así mismo, los estudiantes evalúan sus avances y ajustan las condiciones de su proyecto, lo que les permite identificar áreas de mejora y formas más efectivas de aprender.
El desarrollo del proyecto sigue unas etapas: inicial, de desarrollo y evaluación.	En la etapa inicial, los estudiantes definen los miembros de equipo, identifican la problemática a trabajar, consultan y analizan la información necesaria para definir alternativas de solución desde la ciencia y la tecnología, se toman decisiones para elegir la más adecuada de acuerdo con los recursos disponibles. En la etapa de desarrollo: establecen los objetivos del proyecto, la propuesta de diseño del prototipo a elaborar siguiendo una secuencia de pasos, implementan el proyecto, obtienen y analizan resultados, formulan conclusiones, presentan sus proyectos y generan nuevas preguntas. Etapa de evaluación: el docente realiza una evaluación continua del avance de cada grupo, la elaboración y presentación del proyecto en cooperación con los integrantes del grupo. Se propician espacios de retroalimentación entre compañeros, docentes y comunidad en general, sobre las fortalezas y oportunidades de mejora de los proyectos.

Fuente: Elaboración propia

Con base en los principios de diseño establecidos, la CoP define los elementos clave que guiarán el proceso de planificación, ejecución y evaluación del proyecto en cada una de sus etapas de los cinco (5) grupos conformados por los estudiantes. En la figura 3 se presentan los aspectos más importantes a definir y el número de sesiones destinadas para dicho fin.

Figura 3*. Prototipo de estrategia ABP para una EER en el municipio de Socotá (Boyacá)*



Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos en la primera iteración evidencian la aplicación efectiva de los principios de diseño, lo cual permitió contribuir de manera significativa a la educación en energías renovables, en un contexto en el que las fuentes no renovables son las predominantes en la economía del municipio, a través de la implementación del prototipo de intervención educativa. Tal como señalan Cobo-Huesa et al. (2021), la implementación de una innovación educativa permite validar las perspectivas teóricas propuestas por expertos, integradas en los principios de diseño, conjugando aspectos sociológicos y epistemológicos, un enfoque reflexivo que potencia el pensamiento crítico, la consideración de dimensiones emocionales que favorecen la apropiación de conocimientos y

experiencias, la articulación de enfoques metodológicos como las cuestiones socio científicas y el aprendizaje basado en proyectos.

Con base a lo anterior, la comunidad de practica (CoP) se reunió con el fin de reflexionar en torno a los principios de diseño y compartir sus apreciaciones sobre los logros alcanzados y dificultades evidenciadas durante el proceso, con la pretensión de guiar la mejora del prototipo en la segunda iteración. De manera que, se ajustaron los principios de diseño (Tabla 7), teniendo en cuenta el contexto, las características reales de los estudiantes y del aula, así como los objetivos perseguidos; lo que podría continuar orientando futuras intervenciones educativas, en otros contextos para seguir consolidando su validez.

Tabla 7. *Ajustes a los principios de diseño que orientan la elaboración de prototipos basados en CSC para la EER*

Principios de diseño	Análisis realizado por la CoP para los ajustes del prototipo
Abordan desafíos a nivel local, nacional o mundial que tienen gran relevancia en la sociedad, son actuales, auténticos y controvertidos, estrechamente vinculados con la ciencia y abiertos a diversas soluciones.	La explotación de carbón en la actualidad es la principal actividad económica a nivel local en Socotá, pero también a nivel nacional en otros departamentos como la Guajira, Cesar, Antioquia y Valle del Cauca. A nivel global los principales productores de carbón son China, EU, India, Australia, Rusia y Sudáfrica. Sin embargo, a nivel nacional y local las empresas mineras están en alerta por las recientes normas que está expidiendo el gobierno, que reduce a cero su capacidad de operación, constituyéndose en un desafío al tener repercusiones a nivel social y económico, por supuesto en pro de la sostenibilidad ambiental.
Puede tratar evidencias científicas incompletas o confrontantes.	La explotación del carbón es una actividad que trata evidencia científica confrontante, en la medida en la que, aunque genera beneficios económicos y energéticos, también conlleva impactos negativos a nivel ambiental, social y de salud pública. Sin embargo, conviene cuestionarse si los beneficios económicos se distribuyen equitativamente entre la población que participa en esta práctica económica, o si favorecen exclusivamente a una minoría, como los dueños de las minas.
Se difunden a través de los medios de comunicación masiva, generando preguntas y discusiones, incentivando diferentes	En la segunda iteración se replantean algunas actividades como la explicación magistral del docente, por otras que se centran el rol del estudiante como constructor de su propio

Principios de diseño	Análisis realizado por la CoP para los ajustes del prototipo
interpretaciones de la actividad científica.	conocimiento, tales como el abordaje de los impactos de la minería del carbón a través de foros o círculos de diálogo entorno a lecturas y preguntas orientadoras, exposiciones, visitas guiadas, entrevistas, ensayos argumentativos, elaboración de videos, maquetas, elaboración de historias, dramatización de una situación real o hipotética, reflexiones, los cuales propician en los estudiantes discusiones, el intercambio de ideas y la libre expresión.
Fomentan la diversidad de opiniones entre distintos actores, la toma de decisiones tanto a nivel individual como social, así como el análisis de costo y beneficio.	En la segunda iteración, las preguntas fueron reformuladas para conectar de forma más directa y personal con los estudiantes: ¿Qué pasaría si se acabara el carbón en el municipio? ¿cómo tú y tu familia se verían afectados?, ¿Qué acciones ambientales, sociales o políticas serían necesarias para evitar los impactos de la minería? ¿Qué harías tú si fueras el ambientalista/minero/alcalde? Y el análisis de los impactos de la actividad minera del carbón da cuenta del costo beneficio de la misma. Todo esto propicia diferentes opiniones en estudiantes, docentes e incluso acudientes.
Abarcan aspectos relacionados con la sostenibilidad, valores, razonamiento ético y moral; al involucrar las dimensiones sociales, culturales, políticas, ambientales.	La minería del carbón en relación con la sostenibilidad es contradictoria, en la medida en que la extracción, genera impactos ambientales y sociales significativos (contaminación del agua y aire, deforestación, pérdida de biodiversidad, generación de residuos, cambio climático, desplazamiento de la población, problemas de salud, deserción escolar, etc.). Se evidenció que para los estudiantes ha sido de mayor interés los impactos de la minería a nivel ambiental y en la salud, por lo que, para la segunda iteración, la Comunidad de Práctica (CoP) ha decidido implementar únicamente la CSC 1. Socotá: riqueza ecológica y potencial hídrico y la CSC 2. El pulmón negro, una consecuencia de la explotación de carbón; como integradoras de los aspectos mencionados en este principio de diseño.
Su implementación difiere entre países, al estar influenciada por condiciones territoriales,	Colombia como miembro de las naciones unidas en su actual gobierno y en el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026, busca la transición energética con el fin de proyectar una sostenibilidad

Principios de diseño	Análisis realizado por la CoP para los ajustes del prototipo
geográficas, sociales, ambientales, económicas, culturas y tradiciones.	ambiental y económica con equidad social. Por lo que actualmente, está impulsando normativas que prohíban la minería del carbón a nivel nacional, especialmente en las zonas en donde mayor explotación se ejerce y cuyos impactos sobre los páramos son inminentes. De esta manera, se busca también reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y proteger la biodiversidad, impulsando el desarrollo de fuentes de energía limpia. Por lo tanto, la educación en energías renovables mediante el abordaje de CSC, se pretende que los estudiantes identifiquen otras fuentes de energía renovables y alternativas que podrían potenciar la matriz energética en su municipio.
Ofrece la posibilidad de integrar los conocimientos previos con lo aprendido en la CSC, promoviendo la reflexión, razonamiento crítico, argumentación y toma de decisiones.	En la CSC se retroalimentan constantemente las ideas previas que se identificaron en la etapa de diagnóstico en la fase preliminar, con lo trabajado en relación con la minería del carbón y fuentes alternativas de energía, con el fin de que los estudiantes confronten sus ideas con evidencia científica y fortalezcan sus argumentos y toma de decisiones. Por lo tanto, se pretende que en la segunda iteración se fomente la discusión, la escucha activa y la reflexión sobre lo aprendido.
Facilitan la comprensión y el uso de conceptos interdisciplinares.	En la segunda iteración se trabaja desde la interdisciplinariedad en las asignaturas de ciencias naturales e inglés, involucrando los impactos que tiene la minería del carbón sobre recursos como el agua, el suelo, el aire, la biodiversidad; así como a la salud pública y las problemáticas subyacentes.
Emplea la tecnología para enriquecer las experiencias de aprendizaje de los estudiantes.	En la segunda iteración se utiliza como herramienta para mejorar la comunicación entre estudiantes una cabina de sonido con micrófono. Así mismo, se utiliza computador, videobeam y televisor, para proyección de videos, documentales, diapositivas.
Reflexiona de manera individual y colectiva sobre lo aprendido y su comprensión del contexto.	En la segunda iteración se generan momentos en los que los estudiantes analizan sus experiencias personales y colectivas, en el intercambio de ideas, el surgimiento o resolución de dudas y en la retroalimentación continua, promoviendo una comprensión más amplia de su entorno. Lo anterior se materializa mediante procesos de evaluación,

Principios de diseño	Análisis realizado por la CoP para los ajustes del prototipo
	autoevaluación y coevaluación que se implementan en esta segunda iteración a partir de rubricas que establecen criterios de participación, comunicación, argumentación, análisis de información, empatía.
Emplea diversas estrategias comunicativas para expresar con sus propias palabras lo que ha comprendido.	La primera iteración culminó, como es lo habitual, con una exposición oral por parte de cada equipo. No obstante, para la segunda iteración se busca que los estudiantes diseñen estrategias de presentación en las que se priorice la comprensión y el análisis de la información, por encima de la memorización textual. Se espera que sus intervenciones sean más originales, reflejen un verdadero procesamiento de sus experiencias prácticas, y se caractericen por un lenguaje fluido y una comunicación didáctica y atractiva, enriquecida con ejemplos, metáforas y comparaciones que faciliten la comprensión del público

Fuente: Elaboración propia

Con base en los ajustes realizados a los principios de diseño, la CoP define de igual manera los ajustes al prototipo de la intervención educativa, específicamente a la cuestión socio científica CSC 1. Socotá: riqueza ecológica y potencial hídrico y la CSC 2. El pulmón negro, una consecuencia de la explotación de carbón; como integradoras a partir de las cuales se oriente a los estudiantes a la identificación y resolución de problemáticas en materia de energías articuladas a su contexto sociocultural, ambiental y geográfico, así como el proceso de evaluación, retroalimentación y reflexión, que permitan identificar aspectos positivos, desafíos y áreas de mejora; modificaciones que se adjuntan en el Anexo 3 y se resume en la figura 4.

Figura 4*. Ajustes del prototipo de CSC para una EER en el municipio de Socotá (Boyacá) para la segunda iteración*

Fuente: Elaboración propia

La implementación de la segunda iteración al prototipo de intervención educativa se llevó a cabo con otro grupo de 26 estudiantes de grado sexto en la IE Técnica Francisco José de Caldas del municipio de Socotá, Boyacá (Colombia), en las asignaturas de ciencias naturales biología e inglés. Las sesiones fueron grabadas y transcritas, posteriormente, se realiza un análisis llevado a cabo por la CoP sobre los resultados obtenidos, realizando una triangulación de la información con el marco teórico, con el fin de determinar coherencia, practicidad y la efectividad real de la intervención, de manera que los resultados puedan servir como insumo para futuras implementaciones en otros contextos escolares.

A partir del abordaje de las cuestiones socio-científicas, los estudiantes reconocen las problemáticas presentes en su municipio y plantean alternativas de solución a través de la ejecución de proyectos de aula. Para llevar a cabo la estrategia de ABP, la comunidad de práctica (CoP) definió los ajustes a los principios de diseño, los cuales se detallan en la Tabla 8.

Tabla 8. *Ajustes a los principios de diseño que orientan la elaboración de prototipos basados en ABP para la EER*

Principios de diseño	Análisis realizado por la CoP para los ajustes del prototipo
El estudiante asume un rol activo como pensadores críticos y solucionadores de problemas a través de la planificación y ejecución de proyectos, que van a contribuir a la comunidad, considerando aspectos	El análisis de cuestiones socio científicas abordadas, junto con la observación del contexto fuera del aula, los hechos sociales vinculados a las dinámicas de la minería del carbón y las necesidades de la población socotence, permiten a los estudiantes identificar las implicaciones económicas, sociales y ambientales asociadas a las fuentes, producción y consumo de energía. Lo anterior se constituye como el punto de partida para formular alternativas de solución, asumiendo una postura

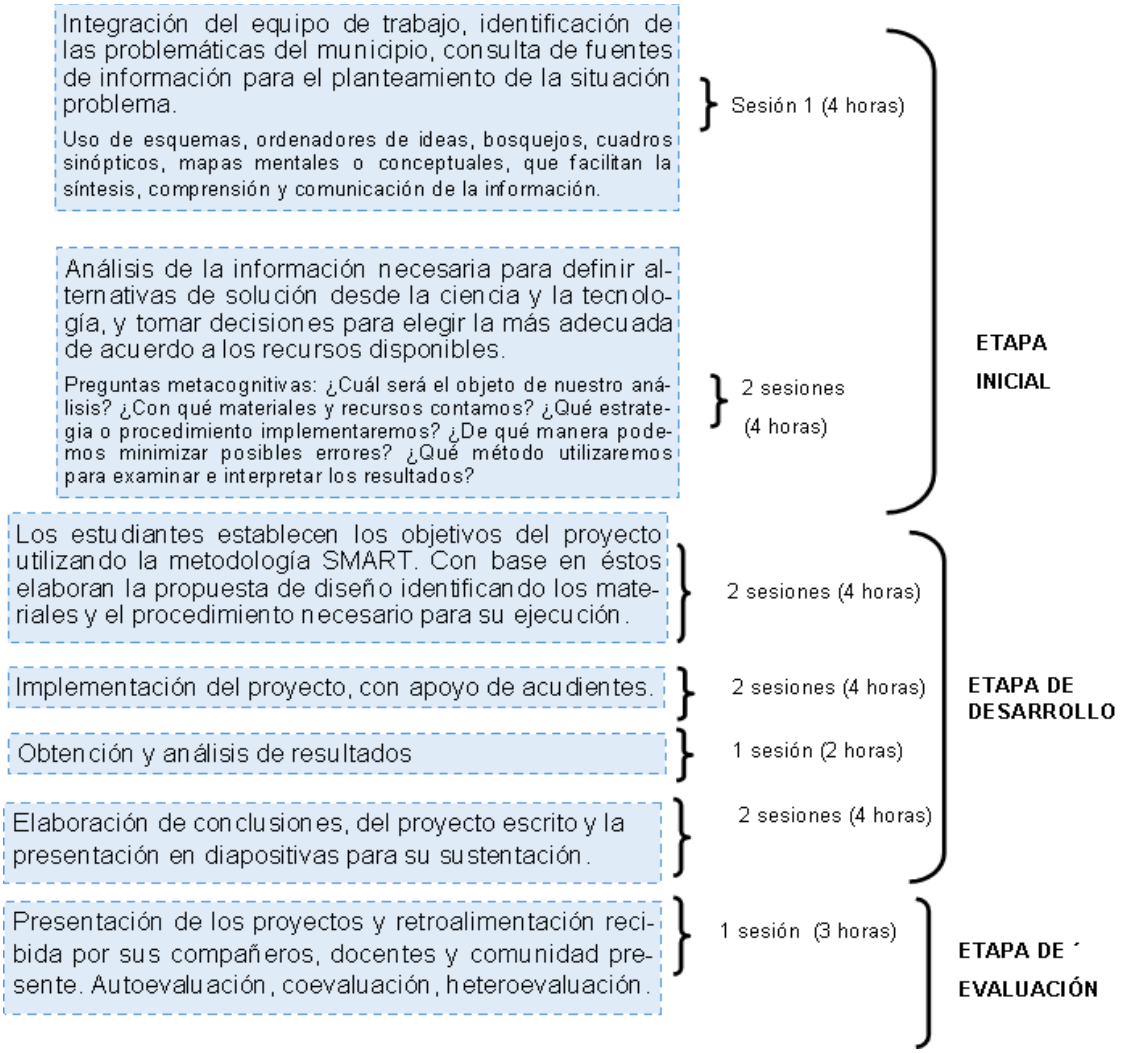
económicos, sociales y ambientales.	crítica que les permita evaluar la viabilidad de su implementación conforme a los recursos con humanos, materiales y tecnológicos disponibles.
El docente asume el rol de orientador y guía.	El rol del docente como guía y facilitador del aprendizaje, debe permitir no solamente cuestionar a los estudiantes para la toma de decisiones de forma colaborativa, sino también contribuir para esclarecer el lenguaje técnico e incomprensible, orientar la búsqueda de información pertinente y confiable, facilitar los medios necesarios para posibilitar el aprendizaje, propiciar espacios para el análisis y la discusión, ayuda a anticipar dificultades, brinda retroalimentación continua y sugerencias constructivas, promueve la reflexión acerca de los resultados, los aprendizaje adquiridos y cómo transferir lo aprendido a otros contextos.
Explorar problemas reales y actuales	Los estudiantes han identificado problemáticas inherentes a su propio contexto: la tala de árboles, la contaminación por basuras, las asociadas a la explotación minera entre ellas la contaminación del agua, del aire, del suelo, la deserción escolar, el alza en el precio de los productos de primera necesidad, la falta de responsabilidad social, la deserción escolar, el alcoholismo, entre otros. Esto se convierte en un insumo fundamental, al vincular el aprendizaje con situaciones reales, relevantes y significativas para los estudiantes, favoreciendo la pertinencia de los proyectos de aula a diseñar.
Desarrollo de habilidades como: trabajo en equipo, creatividad, pensamiento crítico, investigación activa, resolución de problemas y la comunicación.	Durante la primera iteración fue evidente que hace falta seguir trabajando en el desarrollo de habilidades de comprensión de lectura, síntesis y análisis de la información, argumentación de los puntos de vista, expresión propia de lo aprendido dentro del equipo y con otros públicos con el fin de recibir retroalimentación constructiva. Se evidencia que el compromiso establecido entre los miembros del grupo favorece la cooperación, distribución de tareas y responsabilidades compartidas, la escucha, el debate de propuestas y la negociación en la toma de decisiones para llevar a cabo el proyecto.
Potencia la motivación, reflexión y participación al fomentar una visión holística.	Las problemáticas que los estudiantes reconocen corresponden a situaciones de su interés presentes en el municipio donde residen. Al abordar su solución integrando saberes de distintas asignaturas, se promueve un aprendizaje interdisciplinar y contextualizado, que fortalece su sentido de compromiso y responsabilidad, incrementando la motivación y la perseverancia. Así mismo, los estudiantes realizan una evaluación continua de sus avances y ajustan las condiciones del proyecto, lo que les permite detectar áreas de mejora y adoptar estrategias más eficaces para aprender. Para ello, en la segunda iteración se ha propuesto incluir preguntas metacognitivas: ¿Cuál será el objeto de nuestro análisis?

	¿Con qué materiales y recursos contamos? ¿Qué estrategia o procedimiento implementaremos? ¿De qué manera podemos minimizar posibles errores? ¿Qué método utilizaremos para examinar e interpretar los resultados? Además, se integra la autoevaluación, coevaluación y heteroevaluación a través de rubricas para promover procesos de reflexión.
El desarrollo del proyecto sigue unas etapas: inicial, de desarrollo y evaluación.	En la etapa inicial, los estudiantes definen los miembros de equipo, identifican la problemática a trabajar, consultan y analizan la información necesaria para definir alternativas de solución desde la ciencia y la tecnología, se toman decisiones para elegir la más adecuada de acuerdo con los recursos disponibles. Para la segunda iteración, se sugiere el uso de esquemas, ordenadores de ideas, bosquejos, cuadros sinópticos, mapas mentales o conceptuales, que facilitan la síntesis, comprensión y comunicación de la información. Así mismo, proporcionar no solamente información documental, sino exploración empírica mediante actividades como trabajos de campo, experimentación, análisis de casos, revisión de fuentes documentales primarias, investigación-acción en la comunidad, entre otras. En la etapa de desarrollo: establecen los objetivos del proyecto, la propuesta de diseño del prototipo a elaborar siguiendo una secuencia de pasos, implementan el proyecto, obtienen y analizan resultados, formulan conclusiones, presentan sus proyectos y generan nuevas preguntas. En la segunda iteración se propone que los estudiantes desarrollen la habilidad de formular los objetivos de su proyecto siguiendo la metodología SMART (específicos, medibles, alcanzables, relevantes y con un plazo definido), de manera que se favorezca la claridad en su planteamiento y la viabilidad del proyecto. Así mismo, se propone que acudientes, padres de familia y comunidad en general, pueda ser participe y apoyo en la implementación del proyecto. **Etapa de evaluación**: el docente realiza una retroalimentación continua del avance de cada grupo, la elaboración y presentación del proyecto en cooperación con los integrantes del grupo. Se propician espacios de retroalimentación entre compañeros, docentes y comunidad en general, sobre las fortalezas y oportunidades de mejora de los proyectos. En la segunda iteración, se integra la autoevaluación, coevaluación y heteroevaluación a través de rubricas para promover procesos de reflexión.

Fuente: Elaboración propia

Con base en los ajustes a los principios de diseño establecidos, la comunidad de práctica (CoP) define los elementos clave que guiarán el proceso de planificación, ejecución y evaluación del proyecto en cada una de sus etapas de los cinco grupos conformados por los estudiantes. En la figura 5 se presentan los aspectos más importantes a definir y el número de sesiones destinadas para dicho fin.

***Figura 5**. Ajustes del prototipo de estrategia ABP para una EER en el municipio de Socotá (Boyacá) para la segunda iteración*



Fuente: Elaboración propia

Finalmente se realiza un análisis llevado a cabo por la CoP, sobre los resultados obtenidos, evaluando la practicidad y efectividad real de la segunda iteración en relación con la primera; con el fin de determinar el impacto que tuvo el diseño e implementación del prototipo de intervención educativa basada en proyectos de aula y CSC para que los estudiantes de básica secundaria de la IE Técnica Francisco José de Caldas del municipio de Socotá, lograran identificar y resolver problemáticas en materia de energías renovables desde un enfoque CTS.

Resultados y Discusión del Primer Ciclo

El análisis de los resultados de la primera iteración se realiza reflexionando sobre los supuestos teóricos adoptados, las herramientas didácticas empleadas y las actividades que han demostrado ser efectivas en el aprendizaje de los estudiantes, al tiempo que se identifican los elementos que no contribuyeron significativamente al proceso de Educación en Energías Renovables. Este análisis incluye una reflexión sobre los principios de diseño, teniendo en cuenta las interacciones que tienen lugar en el entorno diseñado, la dinámica observada entre los componentes del diseño y las personas involucradas en el contexto específico Guisasola (2024).

A continuación, se presenta el análisis de la cuestión socio científica (CSC) correspondiente a la primera implementación de la intervención educativa. En cada caso, se incluyen evidencias gráficas y textuales del trabajo desarrollado por los estudiantes.

CSC 1. Socotá: riqueza ecológica y potencial hídrico

Se describe la biodiversidad presente en el municipio, la cual es reconocida por los estudiantes a través de una salida pedagógica al Páramo de Pisba, guiada por profesionales de Parques Naturales Nacionales (PNN). Durante la visita, se identifican los efectos que la minería de carbón ha tenido sobre los recursos naturales, el agua, el suelo, el aire, el paisaje y la vida.

En la sesión 1, se realiza una lectura y se indaga acerca de ¿Cuáles son los motivos por los que las personas deberían venir a conocer Socotá? Obteniendo las siguientes respuestas por parte de los estudiantes: *“porque hay muchas lagunas y paisajes”, “por su diversidad”, “porque es muy bonito el lugar”, “por las minas, por la agricultura”, “por los páramos”, “porque es un lugar agradable, campesino y ganadero”.*

La intencionalidad de que los estudiantes reconozcan y valoren el contexto en el que viven, juega un papel importante en el abordaje de la CSC, ya que es desde su realidad que pueden establecer vínculos significativos con los conceptos propios de las ciencias naturales, lo que despierta en ellos un mayor interés por comprender lo que ocurre a su alrededor, las causas y consecuencias de las problemáticas que enfrentan. Esta conexión facilita la integración de nuevos conocimientos con aquellos que han adquirido a través de sus experiencias cotidianas (Montoya-Ocampo, 2022) y genera un intercambio constante donde ocurren simultáneamente procesos de enseñanza y aprendizaje (Bedoya-Ortiz, 2023).

Así mismo, se cuestiona acerca de ¿Cuáles son las problemáticas a nivel ambiental, social, económico, cultural, etc., que se presentan en el municipio? A lo que responden: *“la minería ilegal”, “la basura”, “por culpa de la minería nuestro ecosistema se va a dañar poco a poco”, “El problema más grande es el económico y el ambiental, porque la minería está escasa y está perdiendo valor, mientras que*

el ambiente está siendo afectado por la minería".

En la sesión 2, se realizó la visita guiada al Parque Natural Pisba (Imagen 1), en donde los estudiantes pudieron conocer que Colombia tiene la mitad de los páramos del mundo, en donde nace la mayor cantidad de agua por lo que se constituye una riqueza natural. Así mismo, el parque también es un símbolo histórico de nuestro país, pues por allí pasó la Ruta Libertadora hace 205 años, el recorrido que realizó Bolívar, con sus valientes guerreros para dar la libertad a varias naciones.

***Imagen 1**. Registro fotográfico de la visita guiada al Parque Natural Pisba. Fotos tomadas por Laura Zuñiga.*

Durante la visita los estudiantes entrevistaron a los funcionarios de Parques Nacionales Naturales (Anexo 4) acerca de la ubicación y extensión del Parque Nacional Natural Pisba, así como su importancia como patrimonio histórico de Colombia; las comunidades que habitan el páramo de Pisba; ¿Qué problemáticas se viven en el Parque? ¿Cómo era Socotá antes de la minería? ¿Cómo era el pueblo en su paisaje?

El abordaje de esta cuestión socio científica contribuye al fortalecimiento de una Educación en Energías Renovables (EER), al fomentar la reflexión crítica y argumentada sobre las problemáticas derivadas de la explotación del carbón, tanto en el contexto local de Socotá como a nivel global. Las problemáticas identificadas por los estudiantes asociadas a la minería de carbón —como la contaminación del agua, la alteración del ecosistema, el desplazamiento de actividades productivas locales, la introducción de especies maderables, los efectos en la salud, la falta de responsabilidad social y ambiental, el calentamiento global, la baja en los costos del carbón— permiten la formación de opiniones, la sensibilización ambiental y el reconocimiento, de tal manera que se valora la importancia de los contextos y realidades sociales dentro de los procesos formativos (Viehmann et al., 2024). Resulta fundamental que los estudiantes, desde una edad temprana, comprendan

que las acciones humanas generan impactos significativos que no deben ser ignorados, con el propósito de formar conciencia, valores y una visión crítica de la ciencia entendida como una práctica social (Bedoya-Ortiz, 2023).

La socialización de estas situaciones entre pares y con personas de otras instituciones como los funcionarios de Parques Nacionales Naturales, de acuerdo con Bedoya-Ortiz (2023) funciona como una herramienta educativa altamente significativa, ya que se aprende en interacción con otros, fomenta el análisis crítico, el trabajo colaborativo, la investigación conjunta, el contraste de ideas, así como la identificación de problemas y a la mejora del razonamiento resolutivo partiendo de opciones y recomendaciones con valor social, como por ejemplo potenciar la agricultura ya que el carbón es un recurso no renovable, está bajando su valor y las familias requieren de un sustento. De esta manera, se busca no sólo la reflexión sino la acción colectiva atendiendo a las problemáticas identificadas, propiciando el mejoramiento de habilidades, actitudes y formas de abordar situaciones como semilla de futuros desarrollos (Susilawati y Irwanto, 2021).

De manera que, en la interacción con la familia, los docentes, los compañeros y los funcionarios de Parques Nacionales Naturales, a propósito de la cuestión socio científica trabajada; se configuran las formas de enfrentar los problemas que afectan a la comunidad socotence, así como las herramientas para resolverlos, reflejando valores colectivos amplios que son de acuerdo con Córdova-Gutiérrez (2024), el primer paso hacia la transformación de las prácticas sociales de los individuos, como por ejemplo, hacia el uso racional y sostenible de la energía.

También se evidencia, la relevancia de la enseñanza aprendizaje de las energías renovables, sus aplicaciones y funcionamiento, su contribución a la reducción de problemáticas en materia ambiental, ya que representan una solución importante en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero para combatir el cambio climático y el calentamiento global (Garzón y Bellon, 2023). Así mismo, se tiene un sentido realista de las limitaciones energéticas de las energías no renovables y se puede dar a las energías renovables, una oportunidad de convertirse en una fuente de sustento, al aprovechar de manera sostenible, limpia y estratégica, los recursos naturales, biodiversidad y riqueza ecológica del municipio (sol, viento, agua) disponibles permanentemente, generando empleo en su instalación, utilización y mantenimiento. De esta manera, el estudiante le da un sentido a un concepto tan abstracto como la energía, y el ambiente escolar se convierte en un espacio orientado a la reflexión sobre cuestiones energéticas, al fomento de los valores del individuo en relación con el hogar (Dias et al., 2021).

En la sesión 3, la docente realiza una explicación sobre combustibles fósiles enfocándose en la producción de energía y abordando las ideas previas identificadas en la etapa de diagnóstico. Del trabajo en grupo realizado posteriormente, los estudiantes ilustraron los efectos de la minería en el agua, el suelo, el aire y la biodiversidad (Imagen 2).

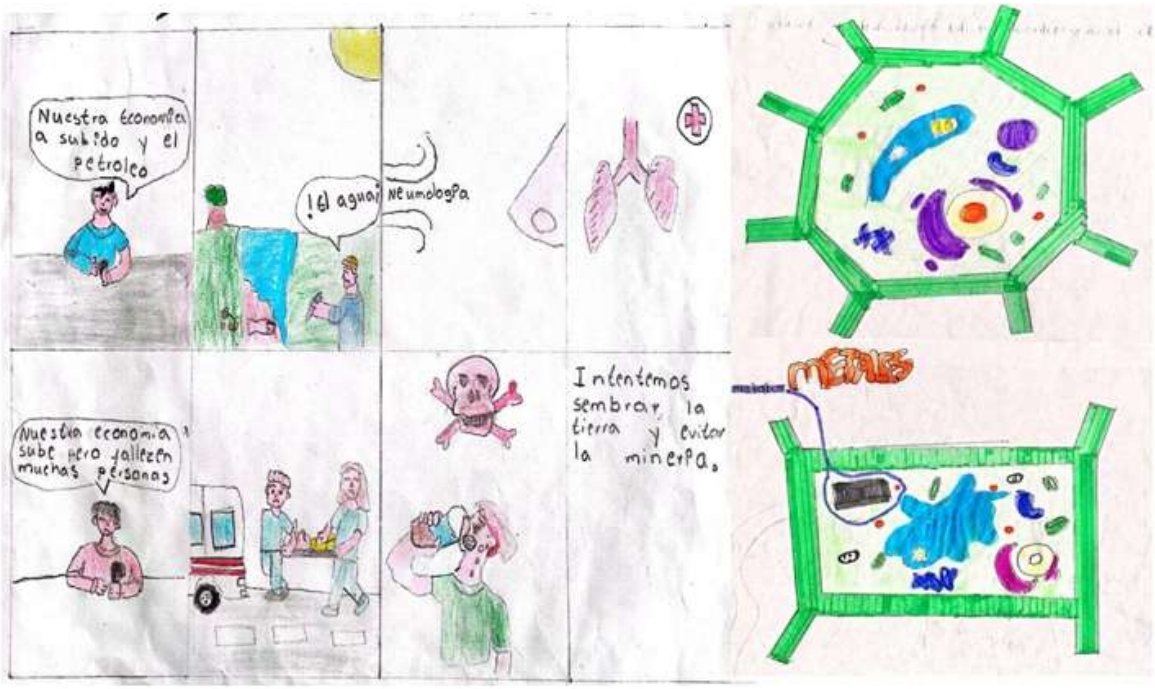


Imagen 2. *Representación de los estudiantes sobre el impacto de la minería en los seres vivos. Fotos tomadas por Laura Zuñiga.*

El trabajo realizado, en el que los estudiantes identificaron las características de los seres vivos en cuanto a su organización celular, metabolismo y homeostasis, las consecuencias que sobre estos tiene la minería de carbón, principalmente en lo que tiene que ver con los efectos de los metales pesados, cianuro y mercurio, provenientes de esta actividad, lo que puede provocar la contaminación del agua y del suelo, la consecuente desaparición de especies a nivel local y la disminución en la biodiversidad (Arévalo et al., 2023); permite contextualizar los contenidos conceptuales de ciencias naturales y deja ver que el conocimiento se ve permeado por las acciones sociales y económicas; vinculándose con la afectividad y la cultura (Bedoya-Ortiz, 2023), al tomar posturas frente a un problema, examinando las causas, consecuencias, pros y contras, implicando el uso del conocimiento no sólo de la ciencia, sino de otras disciplinas, el razonamiento moral y ético en relación con el desarrollo tecnológico, con el ambiente, la sociedad y otros.

Lo anterior refleja la necesidad, que los estudiantes en formación, como ciudadanos, reconozcan las dinámicas sociales de su contexto, haciendo uso del conocimiento científico. En ese sentido, es evidente la interrelación que se da entre asignaturas escolares, promoviendo la transversalidad e interdisciplinariedad de las áreas, lo que permite afirmar que las cuestiones socio científicas facilitan la integración, organización y secuenciación significativa de los contenidos curriculares, haciéndolos más accesibles y comprensibles para los estudiantes, ya que responden a su realidad y abordan situaciones que captan su atención e interés (Montoya-Ocampo, 2022).

Durante la explicación, los estudiantes mencionan estar en contra de la minería

porque *“contamina el medio ambiente”, “afecta a los páramos*”; sin embargo, otros afirman tener razones para estar en contra, pero también a favor, por ejemplo, “*Yo estoy como a favor y en contra de la minería. Digamos, a favor, porque casi todas las familias de acá de Socotá dependen de la minería, es el sustento de todos los días. Pero también estoy en contra porque la minería también ensucia el agua, y esa agua nosotros hay veces que la consumimos, y eso llega a afectar nuestro organismo”.*

También identifican los cambios que ha tenido el municipio en su paisaje *“En su alrededor sus paisajes han cambiado muchísimo porque mi abuelita me contaba que cuando ella tenía diez u once años, decía que los paisajes eran más verdes y eran coloridos, en cambio ahora se ven destrozados, secos, llenos de carbón”, “antes las montañas eran llenas de cultivos, ahora se practica muy poco, ahora solo se practica la minería”.*

También mencionan sobre los efectos de la minería que *“cuando hace la minería sale agua, y entonces el agua ya sale contaminada, no sirve ni para riego ni para consumo”* y sobre su responsabilidad social y ambiental “*Y a los mineros no les importa, si hay fuentes de arroyo, de agua, la botan ahí, y esa agua que limpia, la terminan de contaminar con eso”*

Lo anterior evidencia, que la cuestión socio científica abordada permite a los estudiantes asumir posturas propias frente a la situación de la minería de carbón en su municipio, facilitando el desarrollo de habilidades y/o aprendizajes sobre las ciencias naturales en este caso, generando debate, evaluando la idoneidad de sus ideas (Montoya-Ocampo, 2022). Se evidencian actitudes y valores que pueden orientar la toma de decisiones hacia un uso racional de la energía y hacia la promoción de las tecnologías de energía renovable (Dias et al., 2021), puesto que los valores guían a las personas sobre qué situaciones participar y cómo actuar en ellas, funcionando como criterios para evocar un sentimiento de pertenencia y establecer juicios, preferencias y elecciones. Al respecto, Córdova-Gutiérrez et al. (2024) menciona que si los conceptos de energía y su uso, adquieren sentido dentro del sistema de valores del estudiante, como un conocimiento estructurado y significativo, permitiendo la aplicación de esas ideas, se espera que se genere un comportamiento orientado al ahorro y sostenibilidad energética.

Con esta cuestión socio científica se superan desafíos como la falta de información, el desconocimiento del territorio, el tiempo, los aspectos operativos, el apoyo de las familias, la colaboración interinstitucional, los espacios para el desarrollo de las sesiones, la rigidez del currículo, lo que evidencia un avance en cuanto a la importancia de contextualizar contenidos, de diversificar estrategias de enseñanza aprendizaje, de llevar a cabo prácticas educativas sociales que promuevan una ciudadanía con actitudes y valores que contribuyan a enfrentar los retos energéticos de las comunidades (Högström et al, 2025).

CSC 2. Antecedentes de las fuentes de energía en Socotá

La cuestión socio científica hace un reconocimiento a través de una línea del tiempo, de las fuentes de energía empleadas en las civilizaciones antiguas de Asia, África, Europa, América Latina; hasta llegar al municipio de Socotá en la actualidad, identificando los posibles impactos ambientales generados en el uso que se le daba a la energía, en las diferentes civilizaciones y poblaciones.

En la sesión 1 se realiza una lectura y se elabora una línea del tiempo sobre el uso de diferentes fuentes de energía en las diferentes civilizaciones, tal como se muestra en la imagen 3.

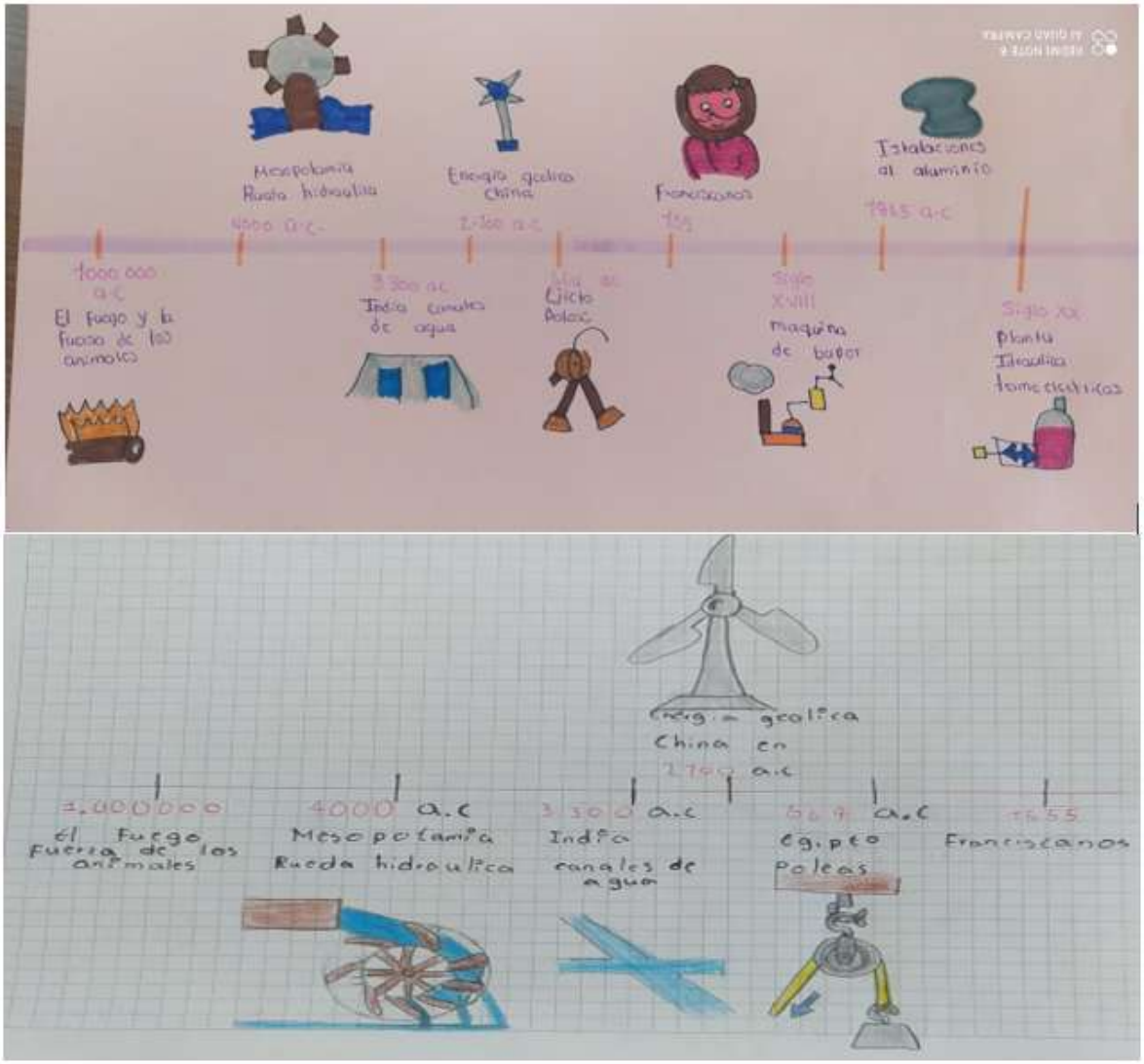


Imagen 3. *Línea del tiempo sobre la evolución de las fuentes de energía en las civilizaciones elaboradas por los estudiantes. Fotos tomadas por Laura Zuñiga.*

Durante la sesión 2, la docente realizó una explicación y se contrastaron las ideas previas, retroalimentando la línea del tiempo. Inicialmente los estudiantes

manifiestan sus conocimientos acerca del concepto de energía: *"es como la electricidad, el alimento que consumimos para podernos mover"; "es lo que nosotros utilizamos para el televisor, cargar el celular, utilizar la estufa eléctrica"; "cuando hace mucho calor, o también cuando hay rayos"; "la energía eléctrica se produce de energía eólica, energía nuclear, energía química y energía de agua no sé cómo se llama. La energía es la herramienta que se utiliza para consumirla, por ejemplo, en televisores, equipos de sonido, audiovisuales, etc."*

Al respecto, Cuellar et al. (2021) menciona que la energía es una propiedad inherente a la materia que le permite generar calor, realizar trabajo mediante el movimiento, emitir luz, impulsar procesos biológicos como el crecimiento y producir cambios. Es evidente en las respuestas de los estudiantes, que se reconoce la energía como esencial para la vida, se relaciona con la electricidad como una de sus formas de expresión, asociada con lo que está en su entorno, como por ejemplo un relámpago, el encendido de una bombilla y demás aparatos de uso eléctrico.

Así mismo, los estudiantes reconocen los trabajos de las primeras civilizaciones *"recolección de alimentos, cazar y con las pieles de los animales hacían sus trajes";* la importancia de la hidrografía en las antiguas civilizaciones para la producción de energía, por ejemplo *"Los dos ríos que rodeaban a Mesopotamia, el Tigris y el Eufrates, eran civilizaciones fluviales porque eran al lado de un río, sus tierras eran fermentadas y de eso podían cultivar"* Así como el funcionamiento de la rueda hidráulica *"Que la rueda, mientras va girando, va aumentando la energía y reciclando el agua"*; los mecanismos que utilizó la civilización egipcia para mover rocas grandes y construir las pirámides *"cuando nosotros hacemos una estructura con un tipo de mecanismo que tiene digamos, como el peso que a veces nuestros abuelos utilizaban para pesar la carne comparándola con el peso de otros alimentos como el arroz, y debería quedar igualmente para saber que si había un kilo por ejemplo. O también poniendo una roca más pesada".*

El estudio de la historia del desarrollo de las fuentes de energía, es de gran importancia en la medida en que permite vislumbrar la construcción y comprensión del significado del término "energía" en el campo de las ciencias, como un proceso dinámico y humano, que aprovecha los recursos del entorno de donde proviene o se almacena (González, 2018). Así mismo, permite confrontar ideas previas de los estudiantes al estudiar la evolución de las ideas científicas sobre la energía, pasar por ejemplo de entender que la energía no desaparece, sino que se transforma, consolida sus nociones sobre bases significativas, favoreciendo una visión más crítica y fundamentada (Bussotti, 2023).

También identifican que las poblaciones indígenas de Socotá vivían del trueque, de la agricultura, utilizaban leña para calentarse; pero sus costumbres cambiaron con la llegada de los franciscanos en la época de la colonización española, con lo que se migró hacia el uso del carbón como combustible, con la invención de la máquina de vapor. Además, reconocen el carbón como fuente no renovable de energía, mientras que el viento y las mareas como fuentes renovables. En ese

sentido, se analizan los problemas a nivel ambiental de utilizar el carbón o petróleo para producir energía *"afecta la salud de los habitantes digamos del lado de la economía, porque les puede dar pulmón negro"; "contamina el agua".* Se explica en qué consiste el efecto invernadero y el cambio climático, identificando como consecuencias *"que podemos sufrir enfermedades, fiebre, dolor de cabeza"; "se dañan los cultivos debido a las sequias o lluvias excesivas"*; Si no hay cultivos no hay alimentos, por lo *tanto "hay que traerlos de otras partes y suben los costos, como cuando no había papa"*; otras consecuencias son los *"incendios de bosques y reservas naturales, lo que genera pérdida de agua por los frailejones y se morirían algunas especies".*

Resulta relevante, el aporte a la historia de las fuentes de energía en el municipio de Socotá, teniendo en cuenta que posibilita identificar cómo han ido cambiando los problemas ambientales derivados de las mismas. La comprensión acerca de la evolución y consolidación de los modelos industriales de producción, con el uso intensivo de carbón y del petróleo como fuentes de energía, fomenta una perspectiva crítica, al identificar relaciones de causalidad entre el desarrollo energético y los impactos sociales, económicos, geopolíticos, culturales y ecológicos subyacentes (Arévalo et al., 2023). Es entonces la crisis climática que se vive en la actualidad una consecuencia de decisiones energéticas tomadas en el pasado, lo que debe conllevar a preguntarse por qué se sigue utilizando carbón y petróleo a pesar de sus consecuencias; y qué alternativas de energías renovables existen como parte de una transición energética necesaria.

Los estudiantes reconocen que la energía de Boyacá proviene del agua, sin embargo, la docente aclara que *"De las fuentes hidráulicas y de las termoeléctricas. Termoeléctricas como, por ejemplo, la Termopaipa. La energía en Colombia y en Boyacá particularmente, en Socotá, donde nosotros estamos, proviene de las hidroeléctricas, pero las hidroeléctricas son a base de agua. Sin embargo, cuando hay sequía, ¿qué pasa con los embalses? Se secan, y si se secan, pues las hidroeléctricas ya no pueden funcionar. En esas épocas, cuando hay sequía, cuando hay mucho sol, entran las termoeléctricas a trabajar".*

Los estudiantes consideran que obtener la energía a través de hidroeléctricas es mejor porque *"no contamina tanto"*. Sin embargo, se explica que, *para poder hacer hidroeléctricas, lo que se necesita son embalses grandes de agua. ¿Cómo se crean esos embalses? Muchas veces ha tenido que desviar el cauce natural de los ríos, lo que genera desabastecimiento para la región. ¿Pero qué más causa? "Mueren los animales y los vegetales".*

En las intervenciones de los estudiantes, se evidencia la percepción limitada sobre los impactos asociados a las hidroeléctricas, considerando que, por ser una fuente de energía renovable, es limpia al no emitir gases de efecto invernadero en su operación, es buena e inofensiva (Calixto, 2022). Sin embargo, en el abordaje de la cuestión socio científica, los estudiantes pudieron identificar algunos impactos sobre los ciclos hidrológicos, los ecosistemas y las comunidades humanas, como lo

es la modificación de los cauces de los ríos, con la consecuente migración de comunidades y especies; de tal manera que desarrollan una actitud crítica también frente a las tecnologías de energías renovables.

En la sesión 3 los estudiantes elaboraron un cuadro comparativo sobre fuentes de energía que reconocen en el municipio de Socotá y sus impactos (Imagen 4).

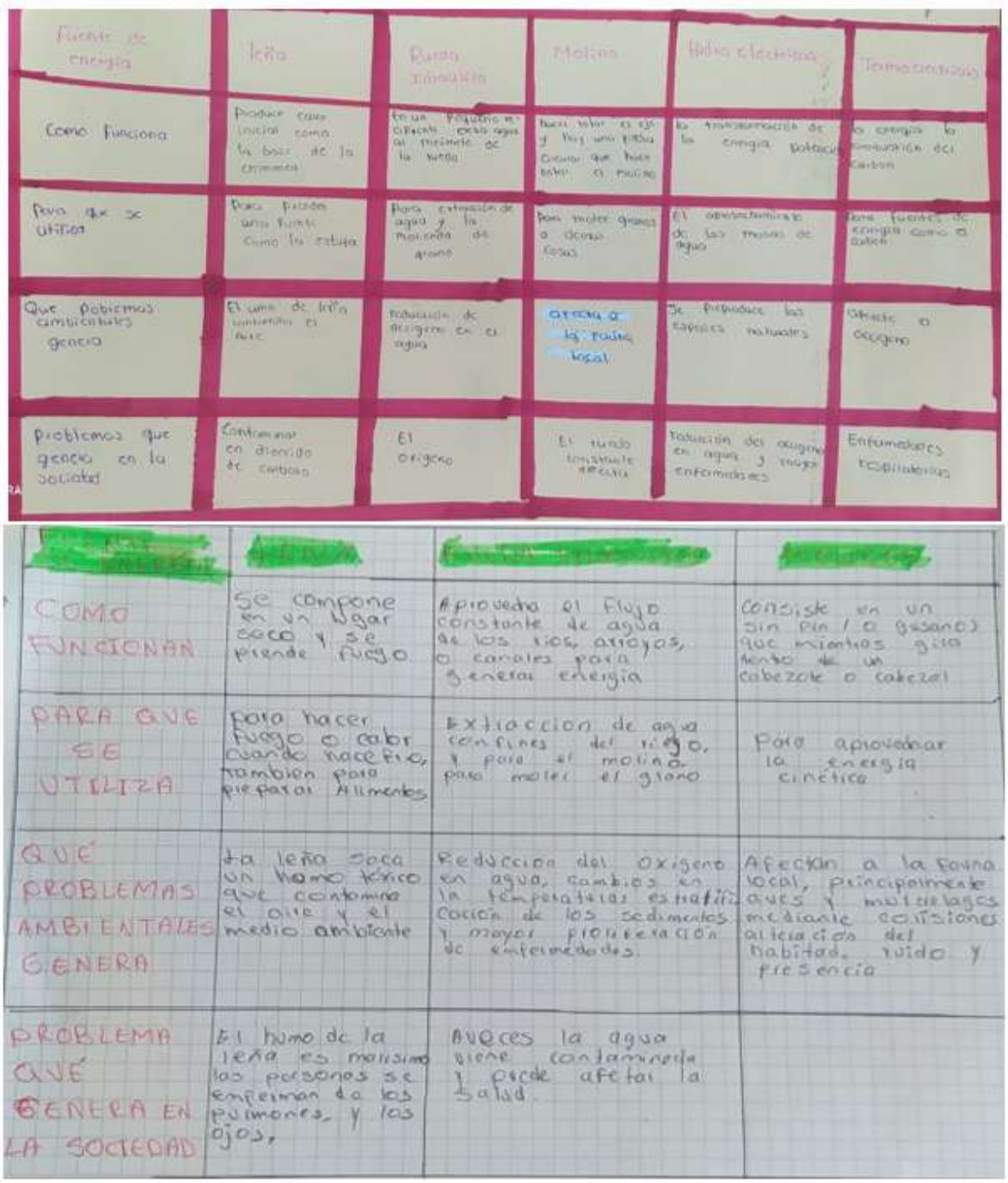


Imagen 4. *Cuadro comparativo sobre las fuentes de energía en Socotá y sus impactos, elaborado por los estudiantes. Fotos tomadas por Laura Zuñiga.*

El cuadro comparativo elaborado por los estudiantes, es una herramienta clave en el abordaje de la cuestión socio científica, ya que permite identificar el funcionamiento, ventajas y limitaciones de cada fuente de energía utilizada a lo largo de la historia, y entender la evolución de las mismas, así como las consecuencias que han traído consigo. Con esta actividad se ha fortalecido el pensamiento científico y crítico de los estudiantes, quienes serán capaces de evaluar acerca de cuál sería el modelo energético del futuro, teniendo en cuenta que todas las fuentes de energía, incluidas las renovables, tienen consecuencias a nivel ambiental, social y económico (Mesa et al., 2023); de tal manera que se garantice la sostenibilidad para su municipio, dadas las condiciones climáticas, geográficas, sus recursos naturales e intentando minimizar al máximo las problemáticas encontradas en relación con la producción de dióxido de carbono, reducción del oxígeno en el agua, afectaciones en la salud, afectación del hábitat de diferentes especies, entre otras.

CSC 3. Economía de Socotá

Se analiza el aumento del costo de vida, el cambio en las actividades económicas de las familias a partir de la implementación de la minería de carbón en el municipio, así como el consumo de energía a partir del análisis de variables cuantitativas identificadas en los recibos de la luz.

En la sesión 1 se realiza la lectura y el análisis a las siguientes preguntas ¿cuál es la actividad económica que realiza tu núcleo familiar? ¿Qué pasaría si se acabara el carbón en el municipio?

Las respuestas obtenidas a estos cuestionamientos dejan ver que la mayoría de las familias basan su economía en la minería del carbón, los estudiantes expresan algunas ventajas y desventajas de esta actividad: *“la actividad económica de mi familia se basa en la minería, los mineros no ganan un porcentaje muy grande y baja cuando baja el precio del carbón”, “mi papá trabaja en minería, la ventaja es que a veces puede ganar mucho dinero, pero también corre el riesgo de perder la vida”, “Mi papá es concesionario de la minería y la ventaja es que todos eligen. La desventaja es que el trabajo nos hace tal vez alejarnos de nuestra familia en algunos momentos”, “Mi papá es dueño de tres minas y la ventaja es que a veces le entran a 40 millones de pesos y la desventaja es que él corre el riesgo de tener que pagar por algún accidente”, “las desventajas son que la explotación de minas daña el medio ambiente”.* Por otro lado, son muy pocas las familias que obtienen su sustento de la agricultura, ya que *“la actividad económica de mi familia se basa en la agricultura, es bueno porque produce papa, produce trigo, muchas cosas; y malo porque no tiene una buena compensación económica”.*

Tal como sucede en Colombia y específicamente en el municipio de Socotá, el patrón de crecimiento y desarrollo económico de los países, favorece el aumento en el uso de fuentes de energías no renovables, mientras que el uso de fuentes

renovables no es impulsado de manera significativa; por lo que se hace necesario implementar políticas energéticas y ambientales que incentiven la transición energética (Caraballo y García, 2017). Así mismo, es evidente que el consumo de energía renovable reduce la contaminación por emisiones de CO_2 y el de no renovables la aumenta, por lo que es conveniente un modelo energético que busque la sostenibilidad, aunque ello implique unas tasas de crecimiento y desarrollo económico más moderadas (Boudiaf, 2023).

Así mismo, los estudiantes reflexionan acerca de qué pasaría en el municipio si se acabara el carbón *"Si se acaba la minería, las personas que tenían por ejemplo tierras y comenzarían a sembrar, y las personas que tenían ahorrado de lo que trabajaron en la mina les tocaría comprar tierras para sembrar".* Y acerca del calentamiento global y el efecto invernadero, como consecuencia del uso de combustibles fósiles como el carbón *"Directamente del sol no vienen, sino por culpa del dióxido de carbono, nuestra capa de ozono no deja que salgan los rayos que llegan acá y pues por culpa del dióxido de carbono hay calentamiento global".*

Los estudiantes evidencian que, en caso que no haya producción de carbón, reconociendo que causa un impacto ambiental considerable por las emisiones de dióxido de carbono y el consecuente calentamiento global; se volvería a la producción agrícola. No obstante, resulta fundamental considerar el potencial que ofrecen los recursos renovables disponibles en el municipio de Socotá, principalmente la energía solar y eólica. Estas fuentes de energía podrían convertirse en motores clave para el desarrollo y crecimiento económico local, de acuerdo con Dirma et al., (2024), su aprovechamiento incentivaría la generación de empleo, al requerir personal calificado en diversas áreas, desde la ingeniería hasta técnicos en instalación. Además, promovería la inversión tanto pública como privada en innovación e infraestructura, permitiría una reducción en los precios de la energía para los consumidores, fomentaría la competencia en el mercado y disminuiría la dependencia de fuentes no renovables de energía, muchas de ellas importadas. A su vez, contribuiría a la protección del medio ambiente y a una mayor estabilidad energética.

En la sesión 2, se realiza una explicación en la que se contrastan las ideas previas identificadas de los estudiantes y se desarrolla un ejercicio práctico en el que los estudiantes identifican variables cuantitativas en el recibo de la energía, como por ejemplo el consumo, el costo, el número de personas que viven en el hogar, cómo reducir el consumo de energía para las mismas actividades. En la imagen 5, se evidencia las variables, población, muestra, y tipo de variables identificadas por los estudiantes. Posteriormente y con base en los datos obtenidos, hallan las medidas de tendencia central (media aritmética o promedio, mediana, moda) y elaboran un diagrama de barras para cada variable representando la información. Finalmente concluyen acerca de la información obtenida en el estudio estadístico y reflexionan sobre sobre las estrategias que como alcalde tomaría para reducir el consumo de energía.

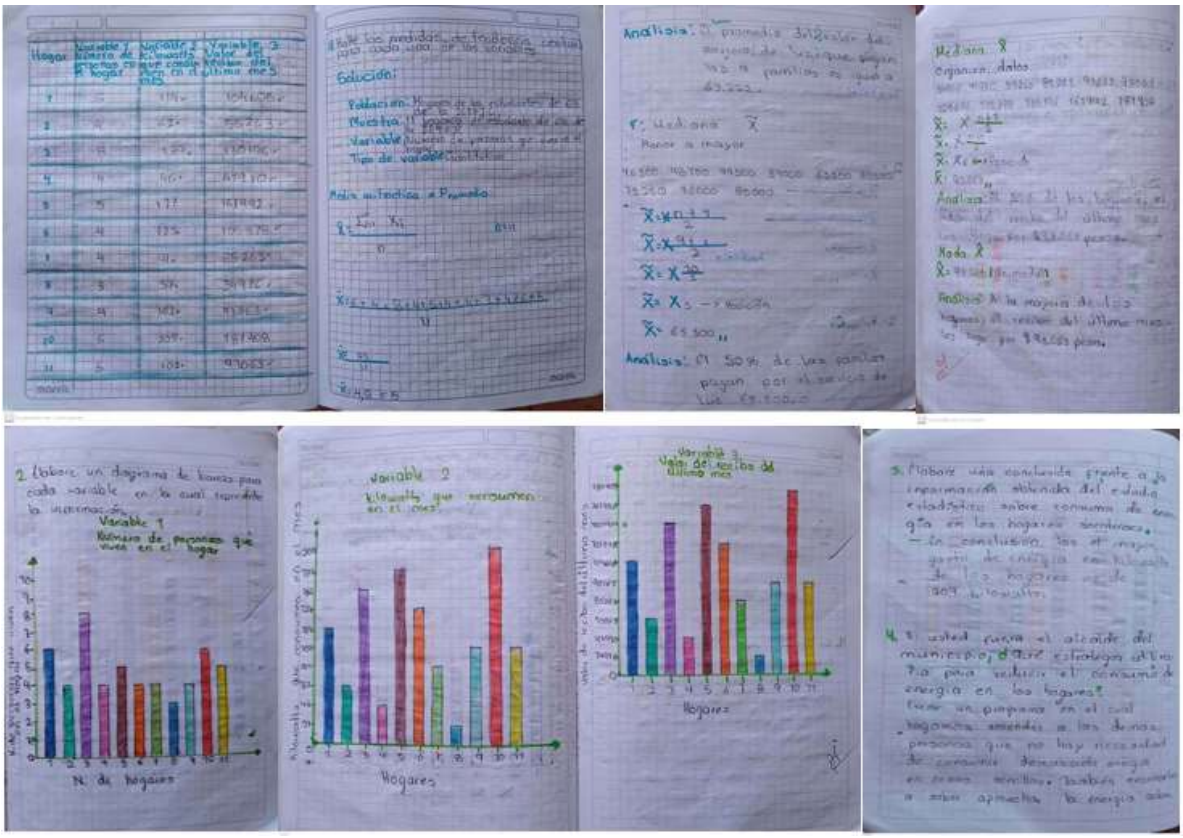


Imagen 5. *Análisis estadístico sobre consumo de energía en los hogares de Socotá, elaborado por los estudiantes. Fotos tomadas por Laura Zuñiga.*

Los resultados muestran que, en promedio, las familias de Socotá pagan alrededor del 4,44% del salario mínimo legal vigente (s.m.l.v.) para 2025 por el servicio de energía. El 50% de los hogares reporta pagos de hasta 4,6% del s.m.l.v., mientras que, en el último mes, la mitad de las familias recibió facturas cercanas a 6,54% del s.m.l.v. A partir del análisis, los estudiantes concluyen que el mayor consumo energético registrado en los hogares fue de 209 kWh. Como estrategia para reducir el consumo, proponen la implementación de un programa de concientización que promueva el uso responsable de la electricidad en actividades cotidianas y fomente el aprovechamiento de la energía solar como una alternativa eficiente y sostenible.

Según lo expresado por los estudiantes, es necesario transformar la manera en que se comprenden los procesos energéticos. Esto implica que las personas aprendan a utilizar la energía de forma consciente en su vida diaria, evitando el desperdicio del servicio, y comprendan las consecuencias que conlleva la falta de ahorro energético, tanto en su economía personal como en el medio ambiente y en la sociedad en general (Días et al., 2021). En este sentido, contextualizar el concepto de energía a partir de la cuestión socio científica trabajada, permite reconocerlo como un problema directamente vinculado con la vida cotidiana de los estudiantes y sus familias.

CSC 4. El pulmón negro, una consecuencia de la explotación de carbón

Se reconocen las afectaciones a la salud que tiene la práctica de minería en el municipio, a través de entrevistas que los estudiantes realizan a familiares y amigos que trabajan en las minas.

En la sesión 1 se realizó una lectura, se presentó un documental y se socializaron las respuestas a las siguientes preguntas:

- ¿En qué consiste la enfermedad del pulmón negro (fibrosis masiva progresiva)? Describe sus efectos.

Los estudiantes manifiestan textualmente que *"Black lung disease is cause by low using protecting elements in the mine (La enfermedad del pulmón negro se produce por no utilizar los elementos de protección en la mina)"*, *"El carbón se le entra a uno y daña los pulmones, y ya es cuando uno jode los pulmones y ya no puede respirar", "la enfermedad del pulmón negro se da por el carbón que los mineros inhalan cuando están trabajando, pero no solo afecta a los mineros sino también a las comunidades que están cerca", "para evitar la enfermedad del pulmón negro, los mineros deben utilizar la protección que la minería les da y así se curaría eso", "La enfermedad del pulmón negro consiste en el polvo de la minería cuando sacan carbón, y ese polvo se entra dentro de los pulmones, por eso hay que utilizar mascara, botas, casco y guantes".*

- ¿Cuáles son las causas de sufrir de la enfermedad del pulmón negro?

De acuerdo con las palabras textuales de los estudiantes *"It consists of black lung being generated by not using work elements (Consiste en que el pulmón negro se genera por no usar elementos de trabajo)", "No utilizar las protecciones que les dan a los mineros cuando van a sacar el carbón", "Las enfermedades que causaría el pulmón negro serian, no poder respirar", "cuando hace viento y las comunidades que viven cerca la pueden respirar".*

- ¿Conoces en tu entorno personas que trabajan en las minas de carbón? ¿Cuál es la razón por la que estas personas toman la decisión de ser mineros de carbón? ¿podrían estas personas sufrir de la enfermedad del pulmón negro? Justifica tu respuesta.

Tal como lo expresan textualmente los estudiantes *"It's for feeding us, for studying, and for many other things. Yes, because you could suffer from lung problems and suffer serious damage in the future. (Es para darnos de comer, estudio y muchas cosas más. Sí porque podría sufrir de los pulmones y sufrir daños graves en un futuro)", "profe mi papá trabaja en la minería, pero él también se dedica a la ganadería, empezó a trabajar en mina por lo que no tenía un sueldo fijo para comer, porque en la ganadería a veces fía entonces le quedan mal con la plata, y entonces*

le toca trabajar en la mina; a veces compra ganado digamos en un millón, lo deja por ahí un mes engordando, y lo vende por ahí en tres millones. Pero entonces como él fía, a veces no le pagan y se lo roban", "profe es que mi papá también trabaja en la ganadería, él trabaja en la mina, él también tiene ganado, pero es que el prefiere no esperar y trabaja en la mina, para que cuando él, como le dan descansos, va a sus tierras y vende su ganado cuando este gordo. Pero si tuviera un ingreso fijo trabajando en la ganadería, él no trabajaría en la mina, porque ya está acostumbrado a ser campesino, antes le gustaría porque él miraba, por ejemplo, que ellos tienen ya sus minas, si pudiera hacer eso mi papá se cambiaría a la ganadería y no viviríamos acá, viviríamos en el campo", "trabajan por dinero y mantener a sus familias".

- ¿Qué cambia en la vida de una persona cuando sufre del pulmón negro?

En palabras de los estudiantes *"Life of a person who suffers of the black lung disease change when they get old, can't breathe well, they can't work (La vida de una persona que sufre de la enfermedad del pulmón negro cambia cuando envejece, no puede respirar bien y no puede trabajar)", "apenas le da el pulmón negro y cuando ya va muy avanzada ya les toca andar con un tanque de oxígeno porque no pueden hacer nada, ya no pueden hacer ejercicio", "cambia su estado físico", "no puede hacer deporte".*

- ¿Cómo podemos evitar que esto siga ocurriendo?

Tal como lo expresan textualmente los estudiantes *"We can avoid it continuous happen by using that implements (Podemos evitar que esto siga sucediendo mediante el uso de implementos)", "que los mineros sean responsables y utilicen todos sus elementos de protección, como la máscara", "que se intercambie por la ganadería", "No trabajando en la minería sino trabajar en otras formas, puede ser en otras empresas para que los trabajadores de acá de las minas tengan empleo, o pueden también cultivar".*

Los estudiantes han evidenciado el impacto a nivel de salud pública, que representa la explotación de carbón en el municipio, no sólo para los mineros, sino para la comunidad en general, viéndose vulnerados los derechos a la salud, a la vida y a un ambiente sano. Las enfermedades respiratorias como el pulmón negro o neumoconiosis, asma y hasta cáncer de pulmón; accidentes de trabajo por manejo de maquinaria pesada, derrumbes, incendios, presencia de gases, sustancias químicas (mercurio, dióxido de azufre, dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno, material particulado, metales pesados cancerígenos como el arsénico, níquel, cadmio y zinc) y explosiones que pueden llevar a la muerte; no dejando de lado los factores psicosociales a los que se exponen por la carga laboral, estrés, malos hábitos alimenticios y su calidad de vida laboral (Leguizamón et al., 2024), son riesgos a los que se exponen muchos de los familiares de los estudiantes por buscar un sustento y una fuente de empleo, a cambio de reducir sus expectativas de vida.

Asimismo, existen otras problemáticas sociales significativas asociadas a la explotación minera de carbón. Entre ellas se destaca la vinculación temprana de personas al trabajo en este sector, lo cual, con el paso del tiempo, puede generar enfermedades crónicas e incluso consecuencias fatales. A esto se suma el desplazamiento de otras actividades productivas, la falta de desarrollo integral en el municipio y la preocupación por la sostenibilidad de los recursos a largo plazo. Esta última se relaciona con el ritmo actual de extracción, que podría comprometer la disponibilidad futura del recurso y, por ende, afectar de manera directa los ingresos económicos de la región (Pacheco y Saldarriaga, 2019). Frente a esta situación, los propios estudiantes reconocen la necesidad de que se promuevan políticas públicas orientadas a generar nuevas oportunidades laborales y económicas. Proponen, entre otras alternativas, el impulso de actividades como la agricultura y la ganadería sostenibles, el ecoturismo y el desarrollo de tecnologías basadas en energías renovables, la promoción de inversiones, generación de conocimiento, instituciones e infraestructura, con el fin de garantizar ingresos estables para las familias, fortalecer el tejido productivo, diversificar la economía y el comercio en el municipio.

En la sesión 2, la docente explicó los contenidos relacionados con las consecuencias de la minería en la salud de las personas, el uso de *there be*, la descripción de personas, sustantivos posesivos, adjetivos en inglés, los cuales fueron posteriormente identificados y analizados en la lectura titulada "¿What are the symptoms of the black lung disease?". Posteriormente, los estudiantes ilustraron de manera creativa lo trabajado, lo cual se evidencia en la imagen 6.

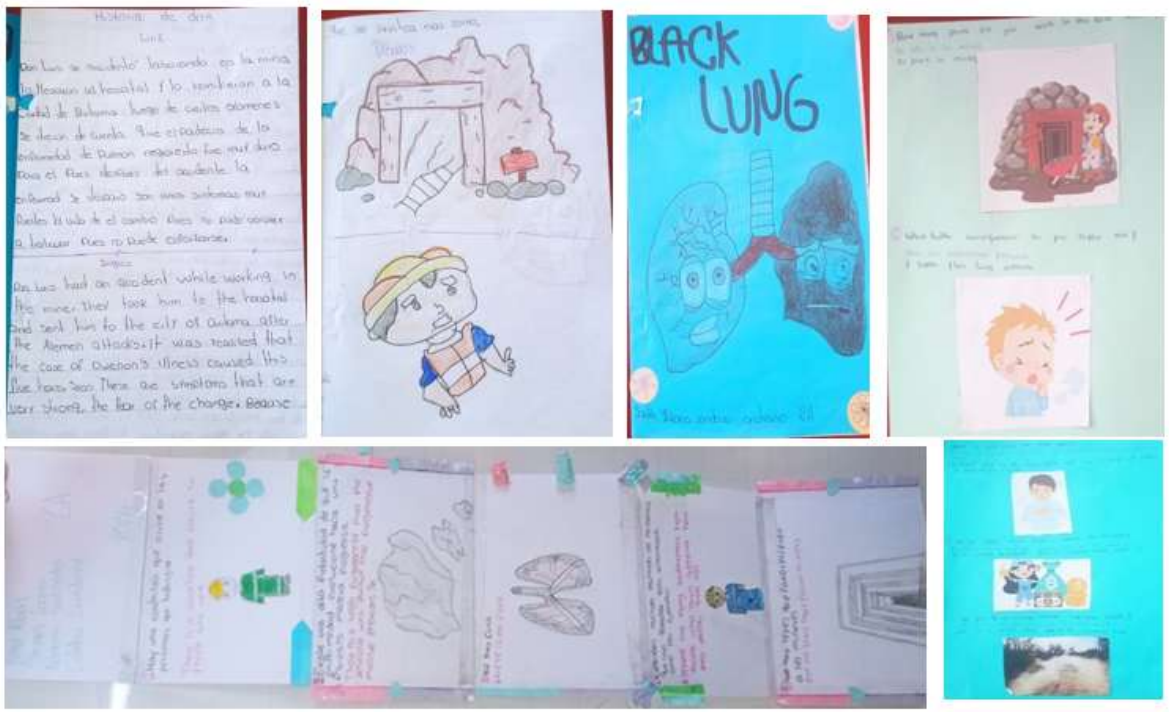


Imagen 6. *Consecuencias de la minería en la salud, elaborado por los estudiantes. Fotos tomadas por Laura Zuñiga.*

En los trabajos desarrollados por los estudiantes se reflejan diversas preocupaciones frente a las consecuencias que conlleva vivir con la enfermedad del pulmón negro, especialmente por la limitación del esfuerzo físico debido a la dificultad respiratoria, lo que impide a los afectados desempeñar actividades laborales. En este sentido, Hu et al. (2023) evidencian que la mayoría de quienes padecen esta enfermedad crónica, incapacitante y de difícil tratamiento, son hombres adultos sin educación superior, que han estado expuestos al polvo por más de cinco años. Estos trabajadores enfrentan una disminución significativa de la función pulmonar, baja tolerancia al ejercicio, pérdida de la capacidad laboral, y como consecuencia, graves afectaciones económicas. Además, sufren la ausencia de derechos laborales básicos y condiciones de seguridad en el trabajo, reflejadas en la limitada disponibilidad de servicios de salud ocupacional, atención médica y sistemas de rehabilitación integrales, los cuales deberían incluir programas de ejercicio físico moderado, educación en salud, acompañamiento psicológico y orientación nutricional. A ello se suma la falta de mecanismos de indemnización para quienes desarrollan esta enfermedad profesional. Por lo tanto, hacen un llamado a establecer políticas públicas eficaces en materia de seguridad, salud y bienestar laboral, orientadas tanto a los trabajadores afectados como a aquellos en riesgo, promoviendo la concienciación sobre los peligros laborales, el fortalecimiento de la legislación nacional en salud ocupacional y la implementación de exámenes médicos periódicos para lograr diagnósticos tempranos y oportunos.

Del mismo modo, los estudiantes señalan que no existen leyes que realmente protejan a los trabajadores del sector minero y que, si bien la actividad extractiva del carbón contribuye al sustento económico de muchas personas, lo hace a costa de su salud. En particular, destacan la presencia de minería ilegal en el municipio, una problemática que constituye uno de los principales conflictos socioambientales en el país. Según la Procuraduría General de la Nación (2023), esta actividad genera consecuencias graves, como desplazamientos forzados, violencia, explotación laboral y un aumento significativo en los riesgos para la salud, afectando tanto a quienes trabajan en la minería como a las comunidades aledañas, especialmente a grupos vulnerables como niños y mujeres embarazadas. Esta situación se ve agravada por la falta de regulación y aplicación efectiva de las leyes laborales y de seguridad en estas actividades ilícitas.

Finalmente, en la tercera sesión, los estudiantes en un trabajo colaborativo, entrevistaron personas que han sufrido problemas de salud a causa de la minería (Anexo 4), qué problemas han sufrido, cuáles fueron sus principales causas, si han recibido atención médica, como ha sido su vida después de padecer estas afecciones. Las entrevistas revelan la ocurrencia de accidentes laborales que han sufrido los mineros, algunos de los cuales han resultado en discapacidades permanentes, así como en afecciones respiratorias que les han impedido continuar trabajando, caminar con normalidad o realizar esfuerzos físicos, afectando significativamente su calidad de vida. No obstante, en los testimonios también se

evidencia los esfuerzos de las empresas legalmente constituidas, en el desarrollo de capacitaciones en salud ocupacional y la provisión de elementos de protección personal para el desarrollo seguro de las labores. Sin embargo, estas acciones preventivas, aunque importantes, resultan insuficientes si no se complementan con la implementación de exámenes médicos ocupacionales periódicos que permitan establecer diagnósticos precisos sobre el estado de salud de los trabajadores y así adoptar medidas oportunas para su protección integral.

A partir de las cuestiones socio científicas abordadas, se evidencia un prototipo coherente con la educación en energías renovables en relación a la contextualización del conocimiento y a la aproximación de los estudiantes a conceptos científicos como la minería, impactos ambientales, energía y transformación energética, fuentes renovables y no renovables, biodiversidad, ecosistemas de páramo, efecto invernadero y cambio climático, salud ocupacional y enfermedad del pulmón negro; consumo energético y análisis estadístico; sostenibilidad y relaciones ambiente–sociedad. Los estudiantes muestran procesos de reconocimiento conceptual y establecimiento de relaciones entre fenómenos naturales y sociales. Se observan avances al vincular contenidos científicos con situaciones cotidianas del municipio, por ejemplo: comprender los efectos de la minería sobre agua, biodiversidad y salud; reconocer consecuencias del uso histórico de combustibles fósiles; interpretar datos asociados al consumo energético; identificar riesgos laborales derivados de la extracción de carbón.

Así mismo, se involucraron dimensiones éticas, económicas y políticas, reflexionado sobre responsabilidad ambiental, salud y bienestar colectivo, cuidado del territorio, consecuencias intergeneracionales, sostenibilidad de los recursos. Los y las estudiantes reconocen tensiones entre necesidades humanas y conservación ambiental, especialmente frente al uso del carbón y sus efectos sobre ecosistemas y calidad de vida. También identifican la dependencia económica de la minería, la volatilidad del precio del carbón, la transformación de actividades productivas, el impacto económico del consumo energético, efectos de la enfermedad sobre el trabajo, alternativas económicas para el municipio, emergiendo propuestas orientadas a políticas públicas vinculadas con la agricultura, ganadería, ecoturismo, energías renovables.

El nivel de apropiación conceptual alcanzado, les permitió a los y las estudiantes utilizar ese conocimiento para confrontar las ideas previas evidenciadas en el diagnóstico, tomar decisiones acerca de la problemática a trabajar y aplicar modelos conceptuales en la implementación de proyectos de aula. En cuanto a capacidades argumentativas se desarrolló la formulación y reformulación de argumentos que articulaban la identificación de causas y consecuencias, reconocimiento de múltiples perspectivas, comparación de alternativas y construcción inicial de juicios a partir de las construcciones e informaciones logradas en la intervención de aula. Los y las estudiantes expresan posturas como: estar a favor o en contra de la minería, cuestionar el uso de combustibles fósiles, reconocer impactos incluso de

las energías renovables, proponer alternativas económicas.

De igual manera, se evidencian habilidades para la toma de decisiones en los y las estudiantes que sugieren avances en la identificación de problemas, formulación de propuestas, valoración de alternativas, pensamiento prospectivo, el desarrollo de posicionamientos más críticos frente al territorio, desde explicaciones simplificadas hacia interpretaciones más integradoras. Los y las estudiantes proponen fortalecer agricultura y ganadería, implementar energías renovables, reducir consumo energético, fortalecer medidas de protección laboral, diversificar la economía. Así mismo, reconocen que el desarrollo económico genera impactos ambientales y sociales, las tecnologías energéticas no son completamente neutras sino que generan impactos negativos desde su construcción hasta su implementación y uso, la minería sostiene económicamente a las familias, pero implica riesgos a la salud y el ambiente y que las decisiones actuales con respecto a la explotación de combustibles fósiles y el uso de energías alternativas condicionan el futuro del municipio en aspectos económicos, ambientales y sociales.

La implementación del prototipo de CSC fue un trabajo colaborativo entre docentes y estudiantes, esta propuesta de innovación educativa participó a través de un video que resume la experiencia (el cual se puede visualizar en el siguiente link https://youtu.be/w9TiV0C_LGY); en la **convocatoria Reto Pedagógico CRESE**, realizada por el Ministerio de Educación Nacional (MEN) y la Universidad de Antioquia, en la que se invitó a las instituciones educativas oficiales del país a presentar estrategias pedagógicas con un enfoque territorial incluyente, alineados en este caso con una educación para la ciudadanía y la lucha contra el cambio climático. Como resultado de la participación en la convocatoria, la IE Técnico Francisco José de Caldas recibió un estímulo económico, con el fin de continuar fortaleciendo la ejecución de dicha propuesta de innovación

Así mismo, las cuestiones socio científicas trabajadas han permitido a los estudiantes identificar las problemáticas de su interés, generadas en su municipio por la explotación minera del carbón y asociadas a fuentes de energía tanto renovables como no renovables: la contaminación del agua y del suelo a causa de la minería del carbón, la generación de enfermedades respiratorias como el pulmón negro, impactos de las principales fuentes de energía de Boyacá (hidroeléctricas y termoeléctricas), el aumento en el consumo energético e impactos negativos de la energía solar. Ante estas situaciones identificadas por los estudiantes, se han planteado alternativas de solución que se han materializado en proyectos de aula, diseñados e implementados teniendo en cuenta los principios de diseño establecidos para tal fin (Tabla 6) y el prototipo con cada una de las etapas de desarrollo (Figura 2). Se logró la propuesta de cinco proyectos que se mencionan a continuación:

Proyecto 1. Sistema purificador de agua a través de evaporación impulsado por energía solar

En este proyecto, los estudiantes tomaron una muestra de un cuerpo de agua ubicado en la vereda la vega, del municipio de Socotá, el cual queda próximo a una mina de carbón, tal como se observa en la imagen 7. Los estudiantes con base en lo trabajado en el desarrollo de las cuestiones socio científicas y en las consultas realizadas, plantearon las problemáticas que afectan los ecosistemas de agua dulce (como ríos, lagos y fuentes subterráneas) generadas por la actividad minera. Así mismo, identificaron la acidez de la muestra de agua tomada, a través de la determinación del pH. Como alternativa de solución a la problemática trabajada, construyeron un dispositivo purificador de agua que, a través de evaporación impulsada por energía solar, les permitiera reducir la contaminación del agua. Los estudiantes midieron nuevamente el pH del agua recogida al pasar por el dispositivo, evidenciando una reducción en la acidez. En la tabla 7, se observa el desarrollo del proyecto realizado por los estudiantes con la orientación de los docentes.

gg

Imagen 7. *Proyecto "Sistema purificador de agua a través de evaporación impulsado por energía solar", elaborado por los estudiantes. Fotos tomadas por Laura Zuñiga.*

El desarrollo de este proyecto es de gran importancia, no solamente para la formación integral de los estudiantes como ciudadanos comprometidos con la sostenibilidad, sino para la comprensión y actuación frente a problemáticas reales de su contexto en materia ambiental (García et al.,2020), visibilizando las afectaciones ecológicas y sociales que tiene la minería del carbón y promoviendo una actitud crítica y participativa como parte de una educación transformadora (Ríos et al., 2021), en el desarrollo de habilidades científicas y comunicativas, desde enfoques interdisciplinarios, como la observación, la formulación de hipótesis, el análisis de datos, la comunicación oral (Álvarez-Berríos y Aide, 2015).

Tabla 9. *Desarrollo del Proyecto realizado por los estudiantes "Sistema purificador de agua a través de evaporación impulsado por energía solar"*

Identificando problemáticas	Objetivos	Propuesta de Diseño	Resultados	Conclusiones	Bibliografía
La contaminación del agua a causa de la Minería de Carbón La contaminación del agua generada por la minería de carbón es un problema ambiental grave que afecta ríos, lagos y fuentes subterráneas, a causa de: **Drenaje ácido de minas (DAM)**: Ocurre cuando minerales sulfurados, como la pirita, reaccionan con el agua y el oxígeno, formando ácido sulfúrico. Este ácido disuelve metales pesados (arsénico, plomo, mercurio), contaminando el agua y afectando ecosistemas acuáticos. **Sedimentación y turbidez**: La remoción de suelo y rocas genera sedimentos que obstruyen los cuerpos de agua, afectando la vida acuática y la calidad del agua potable. **Filtración de productos químicos**: En el proceso de extracción y lavado del carbón, se usan químicos que pueden filtrarse en las aguas subterráneas. **Liberación de metales pesados**: Mercurio, cadmio y plomo pueden acumularse en la cadena alimenticia, afectando la salud humana y de los ecosistemas. **Derrames de residuos mineros**: Los desechos almacenados en represas pueden romperse y liberar	**Objetivo general** Elaborar un sistema casero purificador de agua por destilación solar para reducir la contaminación del agua y hacer uso de fuentes de energías renovables. **Objetivos Específicos** Diseñar y construir un prototipo funcional de un destilador solar casero utilizando materiales accesibles y de bajo costo. Realizar pruebas de calidad del agua antes y después del proceso de	**Materiales** Vidrio Dos Botellas Corta vidrios Lija Silicona para vidrio Papel de pH Muestra de agua **Desarrollo** Construcción del dispositivo evaporador: **1.** Se cortan cinco vidrios de tal manera que se construya la cabina triangular. Lijar los vidrios y pegarlos con silicona para vidrios. Forrar el dispositivo con papel contact negro. **2.** Conectar al dispositivo dos mangueras, una de ingreso y la otra de salida de agua.	**pH de la muestra de agua** El **pH** es un factor clave para definir la **calidad del agua**, ya que mide su acidez o alcalinidad en una escala de **0 a 14,** lo que permite evaluar la potabilidad del agua y su impacto en la salud y el medio ambiente. Por eso, se mide en tratamientos de agua y sistemas de purificación: ● **pH < 7** → Agua ácida. ● **pH = 7** → Agua neutra (ideal para el consumo humano). ● **pH > 7** → Agua alcalina (puede contener minerales como calcio y magnesio). El pH de la muestra de agua fue de 6, lo que indica un pH ácido, la cual puede ser corrosiva o contener metales pesados. **Efectos en la Salud Humana** **Irritación del sistema digestivo**: Puede causar molestias estomacales y afectar la absorción de nutrientes. **Toxicidad por metales pesados**: Un pH bajo disuelve metales como plomo, mercurio y cobre, los cuales pueden ser tóxicos para el cuerpo. **Afectación en dientes y huesos**: Un consumo prolongado de agua ácida puede deteriorar el esmalte dental y afectar la densidad ósea. **Efectos en el Medio Ambiente** **Alteración de ecosistemas acuáticos**: Un pH < 5 puede ser letal para peces, anfibios y microorganismos. Reduce la biodiversidad y altera la cadena alimenticia. **Menor disponibilidad de nutrientes para las plantas**: Un suelo acidificado impide la absorción de minerales esenciales, afectando la agricultura. **Lluvia ácida**: Aumenta la acidez de ríos y lagos, deteriora bosques y corroe estructuras.	La minería de carbón, si no se controla adecuadamente, puede transformar los cuerpos de agua en entornos hostiles para la vida. La prevención y el tratamiento del drenaje ácido de minas son esenciales para proteger los ecosistemas. El **pH es fundamental** para evaluar la potabilidad del agua y su impacto en la salud y el medio ambiente. Por eso, se mide en tratamientos de agua y sistemas de purificación. Un **pH ácido** es dañino para la salud, el ambiente y la infraestructura. Es fundamental monitorear y corregir la acidez del agua para garantizar su calidad y seguridad. Los destiladores solares caseros permiten eliminar sales y minerales, bacterias, virus, no requiere químicos, es natural y ecológico y aprovecha las energías renovables.	*WHO. (2017). Guidelines for Drinking-water Quality.* Disponible en: https://www.who.int *EPA. (2022). Water Quality Standards Handbook.* Disponible en: https://www.epa.gov *INSP. (2021). Evaluación de la calidad del agua y sus efectos en la salud.* Stumm, W., & Morgan, J. J. (1996). *Aquatic Chemistry: Chemical Equilibria and Rates in Natural Waters.* Wiley. Hem, J. D. (1985). *Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water.* USGS. Carbotecnia. (s.f.). *Proceso de purificación del agua*. Recuperado el 2

Identificando problemáticas	Objetivos	Propuesta de Diseño	Resultados	Conclusiones	Bibliografía
grandes cantidades de contaminantes en ríos y lagos. *Los impactos que se generan en el Medio Ambiente y la Salud son:* **Afectación a los ecosistemas acuáticos**: La acidificación y los metales pesados afectan peces, algas y microorganismos. El agua ácida irrita y daña las branquias, dificultando la respiración. La acidez disminuye la capacidad del agua para retener oxígeno, afectando la supervivencia de los peces. Elementos como el mercurio y el plomo se acumulan en los tejidos de los peces, afectando su crecimiento, reproducción y sistema nervioso. Algunos peces dejan de reproducirse en aguas contaminadas, reduciendo su población. **Afectación a la Agricultura**: El agua contaminada daña cultivos y afecta la calidad del suelo. **Efectos en la Salud humana**: El consumo de agua contaminada puede causar enfermedades como cáncer, daño neurológico y problemas renales.	destilación para verificar la eficacia del sistema. Promover la concienciación ambiental sobre la contaminación del agua y la importancia del uso de tecnologías sostenibles.	**3.** A cada extremo de las mangueras conectar las botellas. **4.** Medir el pH de la muestra de agua. **5.** Llenar la botella de ingreso con la muestra de agua y colocarlo a la luz del sol.	**Efectos en Infraestructura y Materiales** **Corrosión de tuberías y equipos**: El agua ácida desgasta metales y acelera el deterioro de sistemas de plomería. **Mayor costo de mantenimiento**: Se requiere tratamiento químico para corregir la acidez y evitar daños estructurales. **Mecanismo de evaporación del agua** **Calentamiento del agua** Se aplica calor al agua contaminada, generalmente del sol (destilación solar) o de otra fuente de calor. A medida que la temperatura aumenta, las moléculas de agua ganan energía y comienzan a moverse más rápido. El papel contact negro ayuda a absorber y fijar la luz solar, los colores oscuros, especialmente el negro, absorben más radiación solar en comparación con los colores claros. Esto ocurre porque el negro no refleja la luz, sino que la convierte en calor. Al cubrir la superficie con papel contact negro, se aumenta la temperatura del área expuesta al sol. Esto es útil para calentar agua más rápido en sistemas de destilación solar, acelerando la evaporación. **Evaporación** Cuando las moléculas de agua alcanzan suficiente energía, escapan de la superficie líquida en forma de vapor. La mayoría de impurezas, metales pesados, sales y microorganismos NO se evaporan, ya que tienen puntos de ebullición más altos o quedan atrapados en los residuos. **Condensación** El vapor de agua sube y se encuentra con una superficie fría (por ejemplo, vidrio o metal). Al perder calor, el vapor se convierte nuevamente en agua líquida pura, libre de contaminantes. **Recolección del agua purificada** El agua condensada se dirige a un recipiente limpio, lista para el consumo.		de marzo de 2025, de https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/tratamiento-de-agua/proceso-de-purificacion-de-agua J. Huesa. (s.f.). *Evaporación en el tratamiento de aguas*. Recuperado el 2 de marzo de 2025, de https://jhuesa.com/tecnologias/evaporacion iAgua. (s.f.). *Concepto de evaporación del agua*. Recuperado el 2 de marzo de 2025, de https://www.iagua.es/respuestas/que-es-evaporacion-agua Kalstein. (s.f.). *Purificación del agua mediante destilación*. Recuperado el 2 de marzo de 2025, de https://kalstein.co.ve/procesos-para-la-purificacion-del-agua

Proyecto 2. Campaña informativa para prevenir sobre la enfermedad del pulmón negro (black lung)

Los estudiantes identificaron como problemática los efectos a la salud que muchos de sus familiares y vecinos han sufrido como consecuencia de trabajar en las minas de carbón, en específico, lo relacionado con la enfermedad del pulmón negro. Analizaron la manera de contribuir a reducir esta problemática y decidieron que informar a la comunidad a través de una campaña innovadora, sería una forma de prevenir esta situación. Los docentes y estudiantes de grado once de la especialidad de electricidad, apoyaron esta iniciativa, y les orientaron sobre el uso de la pantalla inteligente y de la impresora 3D, en las que hicieron varias réplicas en diferentes tamaños, del pulmón, y con temperas recrearon los efectos del carbón (imagen 8). El desarrollo del proyecto realizado por los estudiantes se presenta en la Tabla 9.

Imagen 8. *Proyecto "Campaña informativa para prevenir sobre la enfermedad del pulmón negro (black lung)", elaborado por los estudiantes. Fotos tomadas por Laura Zuñiga.*

La importancia de este proyecto radica en que permite fortalecer estrategias para la prevención en salud y sensibilizar a la comunidad escolar y familiar, sobre los riesgos asociados a la minería del carbón, actividad que se constituye como una de las principales fuentes de economía en el municipio y es naturalizada por la población (Rodríguez y Morales, 2021). Así mismo, permite fortalecer en los estudiantes competencias tecnológicas a través del uso de herramientas TICs, competencias de liderazgo, investigativas y comunicativas, así como el pensamiento crítico, al adquirir una mayor percepción del riesgo, actitudes frente a la protección del entorno y al ser agentes multiplicadores de información basada en evidencia científica (Pérez y Rodríguez, 2020); permite reflexionar acerca de las problemáticas que aquejan a sus familias, llevando a cuestionar la relación entre actividad económica y calidad de vida, fomentando el derecho a la información y participación ciudadana, a la toma de decisiones locales, empoderándolos para ser ciudadanos activos y socialmente responsables que impulsen procesos de transformación cultural (Osorio y Sánchez, 2019).

Tabla 9 *Desarrollo del Proyecto realizado por los estudiantes "Campaña informativa para prevenir sobre la enfermedad del pulmón negro (black lung)"*

Identificando problemáticas	Objetivos	Propuesta de Diseño	Resultados	Conclusiones	Bibliografía
El pulmón negro (también llamado neumoconiosis de los mineros del carbón) es una enfermedad pulmonar causada por la inhalación prolongada de polvo de carbón en minas y entornos industriales. Es una enfermedad pulmonar crónica y progresiva que ocurre cuando las partículas de carbón se depositan en los pulmones, provocando inflamación, cicatrización y disminución de la capacidad respiratoria. En Colombia, esta patología representa entre el 4% y el 9% de las enfermedades profesionales reportadas (Universidad CES, s.f.). Un estudio realizado en el departamento de Cundinamarca estimó una prevalencia de neumoconiosis del 42,3% entre mineros de carbón en minas subterráneas. Esta alta prevalencia se asoció a exposiciones laborales de 25 años o más y a niveles elevados de polvo de carbón (Universidad del Rosario, s.f.). Además, se han documentado casos clínicos de neumoconiosis en mineros colombianos con síntomas como disnea y tos crónica, respaldados por hallazgos radiográficos característicos de la enfermedad (Revista Colombiana de Neumología, s.f.).	**Objetivo General** Realizar una campaña informativa para prevenir sobre la enfermedad del pulmón negro, utilizando modelos elaborados en impresora 3D. **Objetivos Específicos** Diseñar y elaborar modelos anatómicos en 3D que representen pulmones sanos y afectados por el pulmón negro, para facilitar la comprensión del impacto de la enfermedad. Realizar charlas y	**Materiales** Impresora 3D Filamento PCL Computador Internet Témperas Pinceles **Desarrollo** **1.** Buscar el diseño del pulmón en la página www.thingiverse.com en inglés “Lung” y descargar en formato STL. **2.** Conectar el formato al computador, en este caso en la pantalla táctil, abrir el programa de la impresora 3D y colocar las condiciones de impresión (tamaño, soportes, posición, etc.) **3.** Cuando ya se haya generado la	**Efectos del Carbón en los Pulmones** Cuando los pulmones se cubren de carbón debido a la exposición prolongada al polvo de carbón en la minería, ocurre una acumulación progresiva de partículas que causa daño irreversible en los tejidos pulmonares. Al inhalar el polvo de carbón, las partículas llegan a los pulmones y se acumulan en los alvéolos (son pequeños sacos de aire donde ocurre el intercambio de oxígeno entre el aire y la sangre al inhalar, y de dióxido de carbono al exhalar). A diferencia del polvo común, el cuerpo no puede eliminar completamente estas partículas. Por otro lado, el sistema inmunológico intenta atacar y eliminar el carbón, lo que genera una inflamación constante. Con el tiempo, los pulmones forman tejido cicatricial (fibrosis pulmonar), lo que los vuelve rígidos y menos funcionales. La acumulación de partículas de carbón daña el tejido pulmonar, provocando tos crónica, falta de aire y fatiga. En fases avanzadas, los pulmones se endurecen y dejan de funcionar adecuadamente, lo que puede causar insuficiencia respiratoria. Algunas personas que tienen insuficiencia respiratoria pueden tener mucho sueño o perder el conocimiento. También pueden tener arritmia (latidos cardíacos irregulares). Es posible que tenga estos síntomas si su cerebro y corazón no reciben suficiente oxígeno. La exposición prolongada al polvo de carbón en la minería, aumenta el riesgo de sufrir otras enfermedades como: • Bronquitis crónica: Inflamación persistente de las vías respiratorias. • Enfisema pulmonar: Pérdida de elasticidad en los pulmones, reduciendo la capacidad de respirar.	El pulmón negro es una grave consecuencia de la minería del carbón, afecta la calidad de vida de los trabajadores y puede ser mortal si no se detecta a tiempo. La prevención y regulación de condiciones laborales son esenciales para reducir los riesgos. Es importante crear conciencia en los mineros y sus comunidades sobre los riesgos del pulmón negro, utilizando herramientas innovadoras como la impresión 3D para mejorar la comprensión visual y didáctica. Es de vital la importancia implementar medidas preventivas y de control en la industria minera del carbón en Colombia para proteger la salud de los trabajadores. Es importante fomentar el uso de medidas preventivas en la minería, promoviendo el uso de equipos de protección respiratoria, ventilación adecuada, monitoreo de la calidad del aire y	Universidad CES. (s.f.). *Neumoconiosis de los mineros del carbón en Colombia*. Recuperado el 3 de marzo de 2025, de https://repository.ces.edu.co/bitstreams/62524568-79a4-49fd-b54a-d55efc1f9039/download Universidad del Rosario. (s.f.). *Prevalencia de neumoconiosis en mineros de carbón en Cundinamarca, Colombia*. Recuperado el 3 de marzo de 2025, de https://repository.urosario.edu.co/bitstreams/bf0871ee-e44f-4671-b981-1b244870057b/download Revista Colombiana de Neumología. (s.f.). *Casos clínicos de neumoconiosis en mineros colombianos*.

Identificando problemáticas	Objetivos	Propuesta de Diseño	Resultados	Conclusiones	Bibliografía
	talleres educativos en comunidades mineras, usando los modelos 3D como herramienta didáctica para sensibilizar a los trabajadores del carbón. Evaluar el impacto de la campaña mediante retroalimentación de los participantes, con el fin de medir el nivel de conciencia adquirido sobre la enfermedad y su prevención.	impresión, pintar el modelo con temperas. **4.** Elaborar las diapositivas y realizar la charla informativa.	• Cáncer de pulmón: La exposición prolongada al polvo de carbón puede aumentar el riesgo de desarrollar tumores. Síntomas • Etapa temprana: Tos crónica, dificultad leve para respirar, fatiga. • Etapa avanzada: Dolor en el pecho, dificultad grave para respirar, insuficiencia respiratoria y mayor riesgo de infecciones pulmonares. **Diagnóstico y Tratamiento** • Se diagnostica mediante radiografías de tórax y pruebas de función pulmonar. • No tiene cura, pero se puede controlar con oxigenoterapia, medicamentos antiinflamatorios y evitando más exposición al carbón. **Medidas de Prevención** • Conocimiento sobre normatividad que regula la salud ocupacional de la minería de carbón en Colombia. • Uso de equipos de protección respiratoria en minas. • Ventilación adecuada en espacios de trabajo. • Revisiones médicas periódicas para detección temprana.	buenas prácticas laborales, para reducir la exposición al polvo de carbón. Colombia cuenta con una sólida normativa en salud ocupacional para mineros de carbón, enfocada en prevención de riesgos, condiciones laborales seguras y monitoreo ambiental. Sin embargo, su cumplimiento depende del compromiso de las empresas mineras y de la supervisión del Estado.	Recuperado el 3 de marzo de 2025, de https://revistas.asoneumocito.org/index.php/rcneumologia/article/view/538

Proyecto 3. Remediación de la contaminación del suelo por la minería de carbón mediante pacas biodigestoras

Los estudiantes reconocieron los efectos negativos que tiene la minería del carbón sobre el suelo, destacando especialmente la pérdida de fertilidad. Con el acompañamiento docente y tras un proceso de indagación, identificaron la biomasa como una alternativa viable para mitigar esta problemática. Además, observaron que los residuos orgánicos generados en el restaurante escolar representaban una oportunidad para ser aprovechados. Por medio de la implementación de pacas biodigestoras (imagen 9), plantearon la transformación de estos desechos en abono y energía, recursos que contribuirían a mejorar la calidad del suelo, optimizando su productividad, estructura, aireación y capacidad de retención de agua, entre otros beneficios (Restrepo y Escobar, 2019). El desarrollo del proyecto realizado por los estudiantes se presenta en la Tabla 10.

Imagen 9. *Proyecto "Remediación de la contaminación del suelo por la minería de carbón mediante pacas biodigestoras", elaborado por los estudiantes. Fotos tomadas por Laura Zuñiga.*

Este proyecto representa un importante aporte tanto en el ámbito ambiental como educativo, ya que no sólo promueve la recuperación de suelos afectados por la minería del carbón, sino que también fortalece la educación ambiental desde una perspectiva práctica, promoviendo el aprendizaje activo y la participación estudiantil en la construcción de soluciones a problemáticas locales, integrando saberes de biología, química, ecología, ciudadanía, entre otros (Rincón y Gutiérrez, 2020). Por otra parte, el aprovechamiento de residuos orgánicos como insumo para la producción de abono y biogás, constituye una aplicación concreta de los principios de la economía circular, permitiendo cerrar el ciclo de los desechos orgánicos escolares, mejorar la gestión de los mismos y optimizar las condiciones del entorno educativo y comunitario (Martínez y Salazar, 2021).

Tabla 10. *Desarrollo del Proyecto realizado por los estudiantes "Remediación de la contaminación del suelo por la minería de carbón mediante pacas biodigestoras"*

Identificando problemáticas	Objetivos	Propuesta de Diseño	Resultados	Conclusiones	Bibliografía
Contaminación del suelo por minería de carbón La minería del carbón es una de las actividades industriales con mayor impacto ambiental, especialmente sobre el suelo. Este tipo de contaminación puede afectar la fertilidad, biodiversidad y capacidad productiva del suelo, dificultando su recuperación natural. **Pérdida de fertilidad** En la minería a cielo abierto, se remueve la capa superior del suelo, que contiene materia orgánica y nutrientes esenciales para el crecimiento vegetal. La pérdida de microorganismos del suelo dificulta la descomposición de materia orgánica y la regeneración de la fertilidad. La minería del carbón provoca la degradación del suelo, afectando su fertilidad y su capacidad para sostener la vida vegetal. Este impacto se debe a la remoción de la capa fértil, compactación, contaminación con metales pesados y cambios en la composición química del suelo. **Toxicidad para la biota del suelo** Metales pesados y compuestos tóxicos afectan microorganismos esenciales para la fertilidad del suelo. La oxidación de minerales sulfurados (pirita - FeS_2) genera ácido sulfúrico, acidificando el suelo	**Objetivo general** Mejorar la fertilidad del suelo contaminado por la minería de carbón mediante la implementación de pacas biodigestoras **Objetivos Específicos** Diseñar e implementar pacas biodigestoras con materiales orgánicos que se generan en el restaurante escolar, para acelerar la descomposición de materia orgánica y la regeneración del suelo. Fomentar la actividad microbiana del suelo a través de la inoculación de	**Materiales** *Material húmedo:* Residuos orgánicos del restaurante *Material seco:* Ramas pequeñas, paja, hojas secas, aserrín, carbón triturado, etc. *Un espacio en donde se pueda mantener la humedad adecuada.* **Desarrollo** **1.** Escoger el lugar, en este caso elegimos la finca del colegio. **2.** Como la paca es superficial, delimitamos el espacio de la paca con piedras, sin embargo, también se puede realizar con madera, bloques o malla metálica. **3.** Colocar una capa de ramas y material seco (hojas secas, paja o cartón) en el fondo, con el fin de que permita el flujo de aire y evite que la paca se compacte demasiado. **4.** Alternar las capas de material seco y húmedo.	Las pacas biodigestoras son una técnica sostenible para la recuperación de suelos degradados, ya que aportan materia orgánica, mejoran la estructura, la fertilidad y promueven la actividad microbiana. Son especialmente útiles en suelos afectados por la minería, la erosión y la baja fertilidad. Después del tiempo de descomposición, la paca se convierte en un abono rico en nutrientes que puede usarse para cultivos, reforestar suelos degradados o recuperar tierras impactadas por la minería. Los beneficios del uso de abonos orgánicos para mejorar la calidad del suelo son: **Mejora de la estructura del suelo:** al aumentar la porosidad y aireación, reduce la compactación y favorece la retención de agua. **Aporte de materia orgánica y nutrientes:** Restablece el ciclo de nutrientes esenciales como nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), y favorece la proliferación de microorganismos benéficos en el suelo, facilitando la degradación de contaminantes. **Neutralización de la acidez:** como la minería del carbón acidifica el suelo, los abonos orgánicos pueden aumentar el pH y mejorar la fertilidad. **Fijación y reducción de metales pesados:** La materia orgánica del abono puede quelar metales pesados como plomo (Pb), cadmio (Cd) y arsénico (As), reduciendo su toxicidad.	La minería del carbón provoca la pérdida de fertilidad del suelo al eliminar la capa fértil, compactando, contaminando y alterando su pH. Sin embargo, con estrategias adecuadas de remediación y un manejo ambiental responsable, es posible recuperar estos suelos mediante la implementación de pacas biodigestoras. Las pacas biodigestoras son una solución ecológica y efectiva para restaurar suelos impactados por la minería de carbón y otros procesos contaminantes. Su implementación es sencilla y sus beneficios son significativos para la recuperación del ecosistema.	Bell, F. G., Bullock, S. E. T., Halbich, T. F. J., & Lindsay, P. (2001). *Environmental impacts associated with an abandoned mine in the Witbank Coalfield, South Africa*. International Journal of Coal Geology, 45(2-3), 195-216. https://doi.org/10.1016/S0166-5162(00)00021-5 Singh, A. N., Raghubanshi, A. S., & Singh, J. S. (2002). *Plantations as a tool for mine spoil restoration*. Current Science, 82(12), 1436-1441. https://www.jstor.org/stable/24106634 Bradshaw, A. D. (1997). *Restoration of mined lands—using natural processes*. Ecological

Identificando problemáticas	Objetivos	Propuesta de Diseño	Resultados	Conclusiones	Bibliografía
y reduciendo la disponibilidad de nutrientes esenciales como nitrógeno (N), fósforo (P), calcio (Ca), magnesio (Mg) y potasio (K) se lixivian fácilmente, afectando la fertilidad. El pH bajo moviliza metales pesados como hierro (Fe), arsénico (As), cadmio (Cd) y plomo (Pb) que son tóxicos para las plantas y organismos del suelo. Uso de aceites, solventes y explosivos en las operaciones mineras que dejan compuestos tóxicos en el suelo. **Erosión y desertificación** La pérdida de vegetación y la compactación del suelo aumentan el riesgo de erosión hídrica y eólica. La minería a cielo abierto elimina la capa fértil del suelo, dejando terrenos estériles. La compactación del suelo por el uso de maquinaria pesada, reduce la porosidad y la capacidad de retención de agua, impide el crecimiento de raíces, la infiltración del oxígeno y el crecimiento de vegetación.	microorganismos benéficos presentes en las pacas biodigestoras, promoviendo un ecosistema biológicamente activo y equilibrado.	**5.** Compactar la paca pisando el material para reducir el oxígeno, sin comprimir demasiado. **6.** Cubrir con una capa de paja para mantener la humedad y evitar la proliferación de plagas. **7.** Dejar reposar la paca durante 3 a 6 meses.			Engineering, 8(4), 255-269. https://doi.org/10.1016/S0925-8574(97)00022-0 Barrios, E. (2007). *Soil biota, ecosystem services and land productivity*. Ecological Economics, 64(2), 269-285. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.03.004 Corpoboyacá. (2023). *Cartilla: Pacas digestoras Silva*. Recuperado de https://www.corpoboyaca.gov.co/cms/wp-content/uploads/2023/06/Cartilla-pacas-digestoras-Silva.pdf

Proyecto 4. Prototipo de una vivienda alimentada con energía solar

La problemática identificada por los estudiantes tiene que ver con los impactos derivados de las fuentes de energía que en la actualidad proveen al departamento de Boyacá, entre ellas, las hidroeléctricas y termoeléctricas. Así mismo, en el proceso de indagación, buscaron fuentes de energía alternativas, encontrando que la energía solar cuenta con beneficios que podrían subsanar los impactos identificados. De manera que, los estudiantes decidieron ilustrar mediante un prototipo a pequeña escala, cómo se alimenta una vivienda con paneles solares. Los docentes y estudiantes de grado once de la especialidad de diseño arquitectónico, apoyaron esta iniciativa, y les orientaron sobre la construcción del prototipo y las conexiones eléctricas para la instalación del panel solar (imagen 10). El desarrollo del proyecto realizado por los estudiantes se presenta en la Tabla 11.

Imagen 10. *Proyecto "Prototipo de una vivienda alimentada con energía solar", elaborado por los estudiantes. Fotos tomadas por Laura Zuñiga.*

La relevancia de este proyecto radica en que brinda a los estudiantes la oportunidad de comprender los desafíos que enfrenta el mundo en relación con el cambio climático y las consecuencias del uso de combustibles fósiles, como el carbón. En este contexto, se resalta la necesidad de transitar hacia fuentes de energía limpias, como la solar. De acuerdo con Ramírez y Rodríguez (2021), la incorporación de proyectos educativos que involucren energía solar, favorece la comprensión y aplicación de los fenómenos físicos, al tiempo que promueven una conciencia ambiental. De manera similar, López y Gutiérrez (2020) señalan que estas experiencias facilitan la apropiación práctica de los saberes científicos, tecnológicos, de ingeniería y matemáticas (STEM), así como de los objetivos del desarrollo sostenible. Por su parte, Pérez y Morales (2019), destacan que este tipo de iniciativas incrementan la motivación y el interés por la ciencia, fortaleciendo valores ecológicos en los estudiantes.

Tabla 11. *Desarrollo del Proyecto realizado por los estudiantes "Prototipo de una vivienda alimentada con energía solar"*

Identificando problemáticas	Objetivos	Propuesta de Diseño	Resultados	Conclusiones	Bibliografía
Impactos de las principales fuentes de energía en Boyacá Las fuentes de energía que proveen al departamento de Boyacá (Colombia), son principalmente hidroeléctrica y térmica. El departamento cuenta con ríos como el Chicamocha y el Magdalena, que son aprovechados para la generación de energía; y con varias centrales operando en la región: **Hidroeléctrica de Chivor** (Macanal) con una capacidad de ~1,000 MW cuyo afluente es el río Garagoa y el embalse La Esmeralda. **Hidroeléctrica de Teatinos** (Chitaraque) con una capacidad de ~18MW cuyo afluente es el río Suárez. **Hidroeléctrica de Sogamoso** (Santander y Boyacá) con una capacidad de ~820MW cuyo afluente es el río Sogamoso. Sin embargo, la energía hidroeléctrica presenta algunos impactos negativos: **Impacto en los ecosistemas acuáticos**: afecta la migración de peces y altera los ciclos naturales de los ríos, lo que disminuye la biodiversidad y puede generar la pérdida de especies. **Desplazamiento de comunidades**: La construcción de embalses puede obligar a comunidades a abandonar sus hogares. **Alteración del ciclo del agua**: Puede afectar la disponibilidad de agua aguas abajo del embalse. **Riesgo de desastres**: la posible ruptura de represas puede causar inundaciones y daños severos. **Acumulación de sedimentos**: reduce la capacidad del embalse y afecta la vida útil de la hidroeléctrica.	**Objetivo general** Buscar alternativas de fuentes de energía diferente a los combustibles fósiles (carbón), como por ejemplo la energía solar. Por lo tanto, el presente proyecto consiste en construir una maqueta o prototipo de una vivienda que se alimente con energía solar. **Objetivos Específicos** Diseñar un modelo a escala de la vivienda, seleccionando los materiales adecuados para la construcción de la maqueta. Incorporar un sistema de	**Materiales** Cartón paja Icopor Cartulina Palillos de madera Tijeras Silicona Regla Pinceles y temperas Mini figuras de árboles 5 bombillos LED Cable de Timbre Panel solar de 12V Cautín y estaño Multímetro **Desarrollo** **1.** Se realiza el diseño de la maqueta y conforme al mismo se cortan las piezas de cartón y cartulina, se pegan y se pintan. **2.** Se verifica la salida del panel solar, identificando el terminal positivo (+) y negativo (-) del panel. **3.** Preparar los cables de timbre, pelando los extremos del cable unos 5 mm, si es necesario, se estaña los extremos	Se empleó un panel solar de 12V para iluminar 5 bombillos LED de 2V cada uno. Para alimentar una vivienda con energía solar, el voltaje del panel y su costo dependerá del tipo de instalación y consumo de los aparatos eléctricos. Por ejemplo: Para sistemas pequeños en donde se ilumine pocos dispositivos, como luces LED, ventiladores pequeños o cargar celulares, se pueden utilizar paneles de 12V y utilizar baterías de 12V y reguladores de carga. Los paneles de 12V oscilan en un valor de 300 mil pesos. Sistemas medianos para alimentar electrodomésticos básicos como refrigeradora, televisor, laptop y más luces, requieren de paneles de 24V y baterías de 24V y un inversor a 110V/220V. Los paneles de 24V oscilan en un valor de 600 mil pesos. Para sistemas grandes con alto consumo se utilizan paneles de 48V o más con baterías en serie y un inversor potente para convertir a la red eléctrica del hogar, los cuales oscilan en un valor de 1 millón de pesos. **Beneficios ambientales:** son una fuente de energía renovable que es inagotable y disponible en casi todo el mundo, no genera	El prototipo elaborado sirve como una representación de cómo la energía solar puede aplicarse en viviendas y comunidades para reducir costos de electricidad y promover el uso de energías limpias. A través del sistema fotovoltaico implementado en el prototipo, se comprobó que es posible alimentar dispositivos de bajo consumo, como bombillos LED, de manera eficiente. La maqueta demuestra cómo la energía solar puede utilizarse como una fuente limpia y renovable, reduciendo la dependencia de fuentes de energía convencionales y combustibles fósiles.	Johansson, T. B., & Burnham, L. (1993). *Renewable energy: Sources for fuels and electricity*. Island Press. Lewis, N. S. (2007). Toward cost-effective solar energy use. *Science, 315*(5813), 798-801. https://doi.org/10.1126/science.1137014 Agencia Internacional de Energía. (2023). Energía solar fotovoltaica y térmica. *International Energy Agency*. https://www.iea.org/topics/renewables/solar-energy

Identificando problemáticas	Objetivos	Propuesta de Diseño	Resultados	Conclusiones	Bibliografía
Pérdida de tierras fértiles y bosques: grandes áreas de tierra pueden quedar inundadas, afectando la agricultura y la flora. Así mismo, la Energía térmica se obtiene a partir de la combustión de carbón, ya que Boyacá es un departamento con grandes reservas carboníferas. La planta de TermoPaipa, operada por Gensa, es una de las más importantes de generación térmica en Colombia. El carbón es un combustible fósil que presenta múltiples problemáticas: **Cambio climático**: La quema de combustibles fósiles libera grandes cantidades de dióxido de carbono (CO_2) y otros gases de efecto invernadero, lo que contribuye al calentamiento global. **Contaminación del aire**: Generan smog y partículas finas que afectan la calidad del aire y la salud humana. **Lluvia ácida**: Las emisiones de azufre y nitrógeno causan lluvia ácida, dañando suelos, cultivos y cuerpos de agua. **Agotamiento de los recursos no renovables,** su extracción se vuelve más costosa con el tiempo, generando fluctuación en los precios. **Enfermedades**: La contaminación del aire genera asma, bronquitis y otras afecciones pulmonares. La exposición a ciertos contaminantes derivados de los fósiles puede aumentar el riesgo de padecer cáncer y enfermedades cardiovasculares. **Deforestación**: La extracción de carbón requiere destruir ecosistemas. **Extinción de especies**: La contaminación y el cambio climático afectan los hábitats naturales.	paneles solares en miniatura que simule la captación y el uso de energía renovable. Representar de manera visual y funcional el sistema eléctrico alimentado por energía solar dentro de la maqueta.	con un cautín para mejorar la conexión. **4.** Para realizar la conexión directa al panel solar, conecta el cable verde al terminal positivo (+) del panel, y el cable blanco al terminal negativo (-) del panel. Asegura las conexiones con soldadura. **5.** Se conectan los bombillos LED, 5 unidades cada uno de 2V, la patita más larga que corresponde al ánodo, el lado positivo (+) del LED se conecta al cable verde, y la patita más corta es el cátodo, el lado negativo (-) del LED que va conectado al cable blanco. Si el panel recibe suficiente luz, el LED encenderá. **6.** Prueba el sistema utilizando multímetro para verificar el voltaje.	emisiones de dióxido de carbono ni otros gases de efecto invernadero durante su uso, disminuye la dependencia de carbón, petróleo y gas, ayudando a combatir el cambio climático, no contamina el agua ni requiere grandes extensiones de tierra para instalaciones domésticas. **Beneficios económicos:** permite reducir costos en la factura de la energía a largo plazo, tienen una vida útil de 25 a 30 años con mantenimiento mínimo, se puede llevar electricidad a comunidades remotas sin acceso a la red eléctrica, impulsa el desarrollo de industrias de instalación, fabricación y mantenimiento de sistemas solares. **Beneficios tecnológicos y de eficiencia:** permite usar la energía incluso de noche o en días nublados al utilizar baterías para su almacenamiento, puede instalarse en techos, vehículos, estaciones de carga y plantas solares a gran escala, se puede empezar con una pequeña instalación e ir ampliándola según las necesidades.		

Proyecto 5. Prototipo de una vivienda alimentada con energía eólica

El aumento en el consumo energético identificado en el análisis estadístico que se realizó en la CSC 3, así como la duda de si realmente las energías limpias no contaminan, llevaron a los estudiantes a identificar los impactos asociados a la energía solar. Así mismo, en el proceso de indagación, buscaron qué fuente de energía alternativa podría evitar los impactos identificados, encontrando que la energía eólica cuenta con beneficios significativos. De manera que, los estudiantes decidieron ilustrar mediante un prototipo a pequeña escala, cómo se alimenta una vivienda con aerogeneradores. Los docentes y estudiantes de grado once de la especialidad de diseño arquitectónico, apoyaron esta iniciativa, y les orientaron sobre la construcción del prototipo y las conexiones eléctricas para la instalación del aerogenerador (imagen 11). El desarrollo del proyecto realizado por los estudiantes se presenta en la Tabla 12.

Imagen 11. *Proyecto "Prototipo de una vivienda alimentada con energía eólica", elaborado por los estudiantes. Fotos tomadas por Laura Zuñiga.*

Este proyecto escolar aporta significativamente a la formación integral de los estudiantes, al articular y trabajar de manera interdisciplinar, conocimientos de física, tecnología, matemáticas y medio ambiente (Sánchez y Ortiz, 2021). Además, permite comprender el funcionamiento de las fuentes de energía renovable, destacando su importancia como alternativa sostenible frente al uso de combustibles fósiles; a través de la construcción y experimentación con el prototipo, fomentando el desarrollo de la creatividad, el trabajo colaborativo y sensibilizando sobre el cuidado del planeta, los desafíos energéticos actuales y la importancia de avanzar hacia fuentes más limpias (Moreno y Ríos, 2019).

Tabla 12. *Desarrollo del Proyecto realizado por los estudiantes "Prototipo de una vivienda alimentada con energía eólica"*

Identificando problemáticas	Objetivos	Propuesta de Diseño	Resultados	Conclusiones	Bibliografía
El aumento en el consumo energético El aumento del consumo energético no solo afecta nuestras facturas mensuales, sino que también tiene un impacto negativo ambiental importante, contribuyendo al agotamiento de recursos naturales y al cambio climático por el uso excesivo de combustibles fósiles para generar electricidad. De igual manera, las plantas termoeléctricas y la extracción de recursos energéticos contaminan ecosistemas, afectando bosques y hábitats naturales; estos recursos son finitos, su sobreexplotación y la falta de tecnologías limpias pueden generar crisis energéticas. En algunos lugares, el alto consumo en ciudades hace que el suministro no llegue a comunidades alejadas o rurales. **Impactos negativos de la energía solar** Aunque la energía solar es una alternativa limpia y sostenible, también tiene algunos impactos negativos que es importante considerar: Las grandes plantas solares requieren grandes extensiones de terreno, lo que puede afectar ecosistemas y la biodiversidad. Algunas tecnologías solares térmicas necesitan agua para	**Objetivo general** Buscar alternativas de fuentes de energía diferente a los combustibles fósiles (carbón), como por ejemplo la energía eólica. Por lo tanto, el presente proyecto consiste en construir una maqueta o prototipo de una vivienda que se alimenta con energía eólica. **Objetivos Específicos** Diseñar un modelo a escala de la vivienda, seleccionando los materiales adecuados para la construcción de la maqueta.	**Materiales** Cartón paja Icopor Cartulina Palillos de madera Tijeras Silicona Regla Pinceles y témperas Mini figuras de árboles Dinamo de 8V Cable de Timbre Cautín y estaño Multímetro **Desarrollo** **1.** Se realiza el diseño de la maqueta y conforme al mismo se cortan las piezas de cartón y cartulina, se pegan y se pintan. **2.** Para construir el aerogenerador se recortan 4 aspas de cartón, dándole una ligera curva para mejorar la captura del viento. **3.** Unir las aspas al eje del dínamo con silicona, y a su vez en la parte superior del soporte construido con palos de madera. **4.**Se verifica los terminales de salida de energía en el dinamo, identificando los terminales, positivo (+) y negativo (-). **5.** Preparar los cables de timbre, pelando los	La energía eólica es una fuente de energía renovable que aprovecha la fuerza del viento para generar electricidad. Se basa en el uso de aerogeneradores, que transforman la energía cinética del viento en energía mecánica y luego en energía eléctrica. Su principio de funcionamiento consiste en que el viento mueve las aspas de un aerogenerador, las aspas giran un rotor conectado a un eje, el eje activa un generador, que convierte el movimiento en electricidad, la energía generada se transporta a la red eléctrica o se almacena en baterías. **Beneficios ambientales:** es una fuente limpia y renovable, por lo que no emite gases de efecto invernadero ni contaminantes, lo que ayuda a combatir el cambio climático. No requiere combustibles fósiles ni genera residuos peligrosos, se pueden instalar aerogeneradores en áreas agrícolas o ganaderas sin afectar su uso. A diferencia de otras fuentes de energía, no necesita agua para su funcionamiento. **Beneficios económicos:** Una vez instalada, la energía eólica es económica de producir en comparación con otras fuentes. Impulsa la generación e empleo y la industria local con trabajos en instalación, mantenimiento y fabricación de turbinas. Reduce la dependencia de combustibles fósiles importados, fortaleciendo la seguridad energética.	El aumento del consumo energético es un reto global que requiere uso eficiente de la energía, inversión en energías renovables y tecnologías sostenibles para reducir su impacto negativo. El prototipo permitió comprender cómo el viento puede generar electricidad a través de un aerogenerador, convirtiendo energía cinética en energía eléctrica de manera eficiente. El prototipo demuestra la viabilidad de la energía eólica como una fuente limpia y sostenible, destacando su potencial para reducir la dependencia de combustibles fósiles.	Global Wind Energy Council. (2023). *Global Wind Report 2023*. Recuperado de https://gwec.net/global-wind-report-2023/ Wikipedia. (2025). *Energía eólica*. Recuperado de https://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_e%C3%B3lica Statkraft. (2025). *Statkraft, el coloso vikingo de las renovables quiere la energía española*. Recuperado de https://elpais.com/economia/negocios/2025-03-04/statkraft-el-coloso-vikingo-de-las-renovables-quiere-la-energia-espanola.html Tyagi, D. (2025). *Una estudiante simplifica un problema matemático de hace cientos de años y amenaza*

Identificando problemáticas	Objetivos	Propuesta de Diseño	Resultados	Conclusiones	Bibliografía
enfriamiento, lo que puede generar estrés hídrico en regiones secas. Los paneles solares contienen materiales como silicio, plomo y cadmio, que pueden generar contaminación si no se reciclan adecuadamente. Aunque la operación de los paneles es limpia, su fabricación consume energía y puede generar emisiones de CO_2. La producción de paneles solares requiere minerales como litio y silicio, cuya extracción puede afectar el medio ambiente y las comunidades locales. Aunque los costos han bajado, la instalación inicial de sistemas solares sigue siendo una barrera para muchas personas y empresas. La generación de energía depende de la luz solar, por lo que es menos eficiente en días nublados o de noche, requiriendo baterías o respaldo de otras fuentes de energía.	Incorporar un sistema de aerogenerador en miniatura que simule la captación y el uso de energía renovable. Representar de manera visual y funcional el sistema eléctrico alimentado por energía eólica dentro de la maqueta.	extremos del cable unos 5 mm, si es necesario, se estaña los extremos con un cautín para mejorar la conexión. **6.**Para realizar la conexión directa al dinamo, conecta el cable verde al terminal positivo (+) del dinamo, y el cable blanco al terminal negativo (-) del dinamo. Asegura las conexiones con soldadura. **7.**Se conectan los bombillos LED, 4 unidades cada uno de 2V, la patita más larga que corresponde al ánodo, el lado positivo (+) del LED se conecta al cable verde, y la patita más corta es el cátodo, el lado negativo (-) del LED que va conectado al cable blanco. **8.** Sopla sobre las aspas o usa un ventilador. Si giran lo suficientemente rápido, el dínamo generará electricidad y encenderá los bombillos LED. Prueba el sistema utilizando multímetro para verificar el voltaje.	**Beneficios tecnológicos y sociales**: Fomenta la investigación en tecnologías más eficientes y sostenibles, puede llevar electricidad a comunidades alejadas sin necesidad de grandes infraestructuras eléctricas, se puede combinar con solar o almacenamiento en baterías para una red eléctrica más estable.		*con revolucionar la energía eólica*. Recuperado de https://www.huffingtonpost.es/sociedad/una-estudiante-simplifica-problema-matematico-cientosnos-amenaza-revolucionar-energia-eolica.html El País. (2025). *Así avanza la transición verde del sector marítimo en España: barcos con alas de avión, ferris eléctricos y puertos renovables*. Recuperado de https://elpais.com/clima-y-medio-ambiente/2025-03-10/asi-avanza-la-transicion-verde-del-sector-maritimo-en-espana-barcos-con-alas-de-avion-ferris-electricos-y-puertos-renovables.html

Etapa Inicial

Identificando problemáticas

El trabajo por proyectos es una forma de inspirar en los estudiantes un espíritu investigativo y colaborativo, a partir de preguntas o situaciones que consideran valiosas y que surgen de ellos mismos (Sánchez y Reyes, 2025), favoreciendo la acción educativa y el currículo, en la medida en la que parte de las necesidades de la comunidad, la escuela y los estudiantes, propiciando un dialogo de saberes, un consenso entre posturas diferentes, la búsqueda de soluciones comunes (Paz-Saavedra y Fierro-Marcillo, 2015). En la etapa inicial, de la implementación del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), y en base a lo trabajado previamente con las cuestiones socio científicas; los estudiantes en grupos de trabajo, iniciaron con la identificación de una de las problemáticas de su municipio, reconociendo el contexto en el que viven y siendo orientados por la docente para llegar a un planteamiento de la misma, como se evidencia en el siguiente diálogo.

Docente: *¿qué problemática van a trabajar?*

Estudiante: *El Páramo de Pisba.*

Docente: *¿y cuál es la problemática en el Páramo de Pisba?*

Estudiante: *Pues, que las aguas se están agotando, los ríos.*

Docente: *Ah bueno, entonces resulta que el Páramo de Pisba es una reserva natural, que es importante, ¿por qué?*

Estudiante: *Por su utilidad con los animalitos, tiene buenas culturas.*

Docente: *Por los animales, por la cultura, pero hay una función vital que cumple el Páramo. Que es supremamente importante por esa función vital.*

Estudiante: *El agua.*

Docente: *El agua, sabemos que en los Páramos hay frailejones, y los frailejones son los que empiezan a capturar el agua para poder pasarla de estado gaseoso, que está en el ambiente, en la humedad, pasarlo a estado líquido y que nosotros podamos adquirirla a través de los ríos, las quebradas, los cuerpos de agua. Pero, ¿qué pasa cuando se hace minería ilegal, por ejemplo?*

Estudiante: *Se contamina el agua.*

Docente: *¿Por qué creen que se dé esa problemática?*

Estudiante: *Porque es importante nuestro Páramo de Pisba.*

Docente: *Digamos que esa es la justificación. ¿Pero por qué la gente llega a hacer minería en los páramos?*

Estudiante: *Porque nace más carbón y más petróleo.*

Docente: *Acuérdense que aquí en Socotá ¿sacan petróleo? ¿Qué sacan de las minas?*

Estudiante: *Carbón.*

Docente: *Entonces, claro, en los páramos hay yacimientos de carbón, pero también son fuentes de agua, ¿Y qué consecuencias tiene el que contaminen el agua?*

Estudiante: *Que enferman a los animales.*

Docente: *No solamente a los animales, a nosotros también. Ustedes saben que aquí muchas personas tienen esas enfermedades gastrointestinales, porque el agua que sale de la llave no está totalmente pura, contiene metales, y por eso es importante no consumir el agua de la llave.*

En el diálogo se evidencia, que la labor docente no se limita a la transmisión de contenidos, sino que, resalta la importancia de la orientación con una actitud investigativa y reflexiva por parte del docente, resulta fundamental el acompañamiento para a través de preguntas evidenciar el interés, los conocimientos y experiencias de los estudiantes, atender las dudas individuales y colectivas, escuchar y analizar las inquietudes o dificultades que expresan, con el fin de identificar la problemática contextualizada a trabajar (Cebrián y Junyent, 2014). Esta capacidad del docente, permite construir procesos formativos desde enfoques participativos y transformadores (Martínez et al. 2019), que promueven el papel central de los estudiantes como constructores de sus realidades y conocimientos.

Así mismo, Paz-Saavedra y Fierro-Marcillo (2015) afirman que, al momento de elegir la temática del proyecto, que aborde una problemática significativa para los estudiantes, es importante que sea propuesto por ellos mismos y que genere algún tipo de impacto en su comunidad. Con ello, se suscita la motivación en el estudiante, como elemento clave para obtener mejores resultados, en la medida en la que trabajan de manera más cómoda en aquello que les genera gran interés y llama su atención; además, se promueve la formación integral de ciudadanos que se comprometen con el mejoramiento de su entorno local.

Análisis de información necesaria para definir alternativas de solución

Una vez identificada la problemática a trabajar, los estudiantes indagan acerca de las posibles alternativas de solución. En este proceso, el docente cumple

una función orientadora, mediante preguntas clave propicia la reflexión, con el fin de que las propuestas formuladas por los estudiantes se constituyan en acciones concretas que mitiguen, compensen o remedien los impactos identificados. Dichas acciones deben ser viables, realistas, y acordes a los recursos disponibles, promoviendo así un equilibrio entre el desarrollo socio económico y la sostenibilidad ambiental. Esta dinámica se evidencia en el siguiente diálogo.

Docente: *Ya identificamos la problemática, ahora, si ustedes saben que esto está ocurriendo en Socotá, que los trabajadores de la mina se están enfermando, que tienen altas posibilidades de sufrir de pulmón negro ¿Qué soluciones ustedes como estudiantes le pueden dar a esa problemática? ¿Qué podríamos hacer para reducir esta enfermedad?*

Estudiante: *Los dueños de la mina deberían darles como más elementos para que se pongan la nariz, la boca y no pueden inhalar ese polvo. Como una mascarita para ponerle como en la nariz y en la boca para que no absorban ese polvo.*

Docente: *Pero, eso lo haría la empresa, que es la responsable de darle elementos de protección personal a los trabajadores. Pero ustedes, Felipe, Sarita, Leidy y Mariana, ¿qué podrían hacer ustedes para contribuir a que esa problemática no suceda o se disminuya? Entonces, todos tenemos aquí, muchos de nuestros familiares trabajan en las minas. Entonces, Felipe, ¿tienes familiares que trabajan en la mina?*

Felipe: *Sí, mi papá.*

Sarita: *mi papá.*

Leidy: *Mi hermano.*

Mariana: *Mi padrino y mi primo.*

Docente: *Listo. Todos tenemos familiares y a ustedes les gustaría que sus familiares sufrieran de la enfermedad.*

Estudiantes: *No.*

Docente: *No, ¿cierto? Entonces, ¿qué podrían hacer ustedes para evitar esta problemática en esos familiares a los que ustedes aprecian, le tienen un gran cariño porque son sus familiares? ¿Qué podríamos hacer, cada uno de nosotros para prevenir que ellos sufran de esa enfermedad? ¿Sus familiares saben qué es la enfermedad del pulmón negro? ¿Esas personas que trabajan en la mina saben en qué consiste esa enfermedad?*

Estudiantes: *No*

Docente: *¿Tú padrino qué dice acerca de la enfermedad?*

Estudiantes: *Pues no hace nada.*

Docente: *¿No hace nada?*

Estudiantes*: Prefiere morir.*

Docente: *¿y sus familiares saben algo de esa enfermedad?*

Estudiantes: *No.*

Docente: *Entonces, hay una problemática que es el desconocimiento. O sea, ¿por qué la gente sufre el pulmón negro que se genera a causa de la minería? ¿Por qué primero que todo no conocen la enfermedad? A veces no saben los riesgos a los que se someten cuando hacen su labor. Entonces, ¿ustedes qué podrían hacer?*

Estudiantes: *Nosotros tendríamos que decirles que tienen que tener mucho cuidado.*

Docente: *Entonces, ¿ustedes podrían informarles a esas personas en qué consiste la enfermedad y cómo pueden prevenirla? Porque lo importante de muchas enfermedades es la prevención. Entonces, busquen de qué manera podrían informar a sus familiares que trabajan en la mina, con el fin de prevenirlos frente a esos riesgos laborales.*

La docente anima a consultar y buscar en fuentes de información, de qué manera podrían dar solución a las problemáticas identificadas, desde su rol como estudiantes y teniendo en cuenta los recursos disponibles en la institución. En este proceso, el uso de las TICs y el acceso a internet es un factor preponderante en la búsqueda y procesamiento de la información obtenida de diferentes fuentes, puesto que la biblioteca institucional carece de libros actualizados que aborden las temáticas a trabajar. En ese sentido, los estudiantes utilizaron sus celulares y la docente garantizó la conectividad para que se pudiera efectuar la consulta de información.

Sin embargo, se identificó la dificultad para ubicar fuentes documentales pertinentes y usar de manera adecuada la inteligencia artificial (IA), puesto que no diferencian la información de fuentes académicas confiables en relación con la generada por la IA, por lo tanto, no verifican la veracidad de la misma. Esta situación, de acuerdo con Walter et al. (2024), limita el pensamiento crítico al copiar literalmente las respuestas sin analizarlas o entenderlas. A pesar de ello, se constituyen como herramientas a las que los estudiantes tienen acceso, y que se hace necesario que aprendan a manipular y consultar para obtener información relevante con base en la cual, con la ayuda del docente, tomar decisiones frente a las acciones a desarrollar en el proyecto de investigación que adelantan (Mylonas et al., 2021).

Por lo anterior, la docente orientó el uso de la IA como una herramienta valiosa de aprendizaje activo y reflexivo, en el trabajo colaborativo que se adelantaba con la indagación documental, de manera que los estudiantes buscaran

a través de la plataforma ChatGPT, los artículos de revistas académicas y/o científicas pertinentes a la problemática abordada y alternativas de solución a la misma; accedieran a los documentos, los leyeran y analizaran qué propuesta se podía implementar en el contexto y con los recursos disponibles. En general, se observó que los documentos consultados por los estudiantes fueron bastante útiles y de fácil acceso, sin embargo, el lenguaje técnico y la complejidad de las temáticas, hizo necesario el acompañamiento de la docente, con el fin de apoyar en la aclaración de dudas, concretar ideas de la propuesta y de esta manera evitar la dispersión, frustración y/o desinterés de los estudiantes.

En esta tarea, fue fundamental la comunicación y el trabajo en equipo, puesto que la falta de comprensión lectora es una dificultad que aqueja a los estudiantes, en especial en los grados de escolaridad inferiores, por lo que se corría el riesgo de que no leyeran, revisaran de forma superficial el contenido y no lograran comprender lo relevante del texto. Por lo tanto, la docente indicó que cada estudiante del grupo leyera una parte del documento y mencionara a sus compañeros lo entendido, con sus propias palabras, de tal manera que al final, entre los integrantes del equipo, y con la asesoría de la docente, hicieran un análisis general e integrador de las ideas. Fue una labor exigente para la docente, no obstante, el hecho de contar únicamente con cinco proyectos fue una ventaja, puesto que permitió realizar un acompañamiento cercano y efectivo a cada grupo. De haberse planteado un mayor número de proyectos, esta tarea habría sido considerablemente más compleja.

Etapa de Desarrollo

Propuesta de diseño: identificando objetivos, materiales y procedimiento

Como resultado de la etapa de inicio, los estudiantes han identificado mediante la consulta en fuentes de información y con el acompañamiento permanente de la docente, cuál podría ser la alternativa de solución más adecuada para el abordaje de la problemática planteada. Para consolidar la propuesta y estructurar lo que se quiere hacer y cómo se quiere hacer, cada grupo elabora los objetivos que direccionan el propósito del proyecto, de manera que sean claros y alcanzables. Sin embargo, se presentan dificultades en su estructuración, puesto que los estudiantes no conocen qué es un objetivo, cómo se formula y qué finalidad tienen dentro del proyecto. De acuerdo con (Pérez y Castaño, 2021), es común la redacción de objetivos como actividades, lo que limita su función orientadora y evaluativa, debido a que no existe claridad entre el objetivo (lo que se quiere lograr), la actividad (lo que se va a hacer) y la meta (el resultado esperado). Por lo tanto, se hizo necesario que la docente aclarara estos conceptos y guiara la formulación de

objetivos en cada proyecto, de tal manera que se pudieran superar las barreras mencionadas.

Posteriormente, los estudiantes hicieron una lista de materiales necesarios para llevar a cabo la ejecución de la propuesta, para ello fue importante tener en cuenta que estuvieran disponibles en la institución o que fueran de fácil adquisición a bajo costo. Cabe agregar, que los estudiantes desconocían que la institución contaba con un laboratorio STEM, (pantalla digital e impresora 3D), con material de laboratorio de ciencias, con material de trabajo en el taller de arquitectura, con una finca; por lo que, los aportes de la docente en su identificación, incorporación en el proyecto y adecuada manipulación, fue fundamental. Adicionalmente, algunos materiales como el panel solar, dinamo, corta vidrios, cautín y estaño, fueron proporcionados directamente por la docente, dado que tanto la institución educativa como los estudiantes y sus familias, enfrentan limitaciones presupuestarias, lo que no se podía constituir en un obstáculo, ante la motivación e interés de los equipos en el desarrollo de sus proyectos.

A continuación, los estudiantes describieron paso a paso la ruta a seguir para dar cumplimiento a los objetivos establecidos durante la implementación del proyecto, lo que implicó planear actividades específicas, secuenciales y coherentes con la problemática abordada, la alternativa de solución elegida y los materiales identificados previamente. En este proceso, la docente orientó el desarrollo del pensamiento organizativo y metodológico de los estudiantes, guiándolos en la definición de acciones concretas en concordancia con los recursos necesarios en cada paso del procedimiento. Los estudiantes lograron estructurar un plan de trabajo claro, viable y ejecutable, en el que principalmente entendieran lo que iban a hacer y cómo lo iban a llevar a cabo.

Implementación, obtención de resultados, análisis y conclusiones

Sin duda, la ejecución de lo estructurado por los estudiantes es la parte más estimulante del trabajo por proyectos, el llevar a la práctica lo planeado, de acuerdo con Paz-Saavedra y Fierro-Marcillo (2015), es donde se experimenta el uso de herramientas tecnológicas y científicas, se recogen evidencias, se recopila y analiza información, se contrastan las ideas con las evidencias, se desarrollan destrezas en el montaje de modelos eléctricos, por ejemplo, o en el uso de herramientas tecnológicas; se vivencia el trabajo en equipo, investigativo e interdisciplinar. En este proceso, el trabajo colaborativo en un clima de respeto, fue primordial para la construcción colectiva de conocimientos y experiencias, a través del intercambio de inquietudes e iniciativas, lo cual fue favorecido por el seguimiento realizado por los docentes de ciencias y de las especialidades, que de alguna manera apadrinaron los proyectos, y se aseguraron de que todos los estudiantes participaran en la ejecución de las acciones.

La conformación de los equipos de trabajo fue decisión de los mismos estudiantes, basándose en criterios como: integrarse con los compañeros con los que más comparten y empatizan o con aquellos que se destacan por ser responsables y cumplidores de sus deberes. Se observó la particularidad, de que establecieron un compromiso de trabajo, para cumplir con el tiempo y actividades establecidas, y no perjudicar el rendimiento de sus compañeros; de manera que se favoreció un ambiente de colaborativo caracterizado por relaciones cordiales, participativas, de autonomía y sentido de responsabilidad. Así mismo, se evidenciaron manifestaciones de liderazgo, en mayor o menor medida, en cada uno de los integrantes, expresadas en el desarrollo de habilidades de escucha, reconocimiento del otro, establecimiento de acuerdos orientados a la implementación exitosa del proyecto y al logro de objetivos comunes.

Lo anterior, propició que la observación y registro de datos se llevara a cabo de manera atenta, caracterizada por la constante curiosidad e inquietudes de los estudiantes, lo que enriqueció el posterior análisis de resultados, en el que nuevamente consultaron fuentes de información confiables que les permitieran explicar las evidencias empíricas obtenidas. Durante este proceso, el docente resuelve dudas e inquietudes que surgen, considerando que muchos estudiantes en el grado de escolaridad en el que están, no cuentan con los conocimientos suficientes para comprender e interpretar adecuadamente los resultados obtenidos, en particular aquellos relacionados con conceptos matemáticos.

Por lo tanto, la información y orientaciones brindadas por los docentes del área de ciencias —particularmente los de física y biología—, así como los docentes de la especialidad de electricidad y diseño arquitectónico, fueron fundamentales para que los estudiantes comprendieran no sólo los fenómenos experimentados, sino también, los contenidos conceptuales involucrados. Este trabajo interdisciplinar, además de enriquecer el proceso de enseñanza-aprendizaje, alivió la exigencia de que un solo docente tenga que dominar las teorías y conocimientos de múltiples áreas del saber. Así mismo, el seguimiento al trabajo de los estudiantes, se constituyó en una valiosa fuente de retroalimentación, que permitió a los docentes identificar creencias e ideas previas, tanto propias como de los estudiantes, responder a situaciones fortuitas y actualizar o fortalecer sus saberes a través de un proceso reflexivo y reiterativo.

Finalmente, los estudiantes formularon sus propias conclusiones a partir de la experiencia vivida durante el desarrollo del proyecto, logrando evidenciar avances en su educación en energías renovables, así como en la adopción de comportamientos sostenibles y hábitos de consumo responsables. No obstante, este no fue un proceso fácil, ya que muchos de ellos consideraban que las conclusiones eran simplemente un resumen del trabajo, sin establecer una articulación clara entre los resultados obtenidos y los objetivos inicialmente planteados. Pese a la orientación brindada por la docente, no se logró establecer una reflexión profunda ni una conexión significativa con los propósitos formulados,

omitiendo aspectos clave como las dificultades encontradas, aprendizajes logrados o recomendaciones surgidas. Esta capacidad de análisis crítico continúa siendo un aspecto en construcción en su proceso formativo.

Etapa de Evaluación

Presentación de los proyectos y retroalimentación

En la etapa final, correspondiente a la evaluación, los estudiantes elaboraron en la clase de tecnología y como medio de difusión de su trabajo, una presentación en Power Point, con el fin de socializar su proyecto en un encuentro con padres de familia invitados, docentes y compañeros de la institución educativa (Imagen 12). Este espacio tuvo como propósito, no sólo compartir sus vivencias y lo aprendido en el proceso, sino también evaluar el proceso y recibir retroalimentación. La docente, acompañó la preparación de la presentación, sugiriéndoles a los estudiantes que expusieran con sus propias palabras lo que habían realizado, evitando la repetición memorística y mecánica de los contenidos. Sin embargo, los nervios y el temor a hablar en público, de hablar en voz alta, les quitó confianza y algunos estudiantes optaron por leer directamente de las diapositivas lo que querían comunicar.

De acuerdo con Sánchez y Reyes (2025) en la comunicación oral se hace necesario un vocabulario fluido, con términos sencillos y de fácil comprensión por parte del estudiante. Sin embargo, la expresión de ideas propias no ha sido propiciada en la escuela, en donde los estudiantes se limitan a copiar textualmente y a repetir memorísticamente, lo que dificulta el dominio de un amplio vocabulario que logre ser empleado en su cotidianidad. Por lo tanto, un aspecto a mejorar en las siguientes iteraciones, consiste en facilitar escenarios y otras formas de expresión, para que los estudiantes conversen libremente, sean conscientes de las palabras que utilizan, su coherencia y si realmente expresan lo que pretenden comunicar.

No obstante, algunos estudiantes fueron más allá, invitaron a los asistentes a la reflexión acerca de las problemáticas presentadas y que afectan a cada una de las familias socotences; lo que resulta trascendental, puesto que el conocimiento no se debe quedar en las paredes del aula de clase, es importante que sea divulgado y llegue a la comunidad, con el fin de sensibilizar, prevenir y generar acciones sostenibles en beneficio de todos. Lo anterior se evidencia en las siguientes acotaciones realizadas por los estudiantes.

Integrante proyecto 1. *“Si ustedes tienen esposos, hermanos, hijos mineros o vecinos, les pedimos el favor, no les estamos diciendo que dejen de trabajar con el carbón, porque el carbón es un suministro necesario para algunas familias, con eso es con lo que comen día a día. Pero sí les pedimos el favor, que lo manejen con*

cuidado, porque día tras día están dañando más el agua, y puede que un día ya no tengamos agua potable".

Integrante proyecto 2: *Bueno, quiénes de aquí, de los que nos están acompañando tienen familiares en las minas. Todos. Para que les informen que se hagan chequeos de los pulmones, porque esto les puede afectar mucho su respiración, gracias.*

Imagen 12. *Socialización de proyectos estudiantiles ante la comunidad educativa. Fotos tomadas por Laura Zuñiga.*

Por otro lado, se resalta la evaluación continua que se dio a lo largo de cada una de las etapas del proyecto, que no sólo fue un trabajo de los docentes, sino también de los estudiantes dentro de sus equipos de trabajo, en momentos en los que a través del dialogo se identificaban avances y/o dificultades, así como las maneras de superarlas. Desde esta perspectiva, la evaluación se concibe como un proceso integrador dentro de la dinámica escolar, que no busca emitir juicios, sino fomentar la participación activa de los estudiantes, permitir la retroalimentación e identificar oportunidades de mejora.

En este marco, fue relevante que los estudiantes no estuvieran condicionados a una nota, es decir, en lugar de preocuparse por aprobar o reprobar, el proceso se orientó hacia el reconocimiento del esfuerzo, la manifestación de conocimientos y habilidades, el respeto de las ideas del otro, la motivación, la iniciativa y el interés que demostraron a lo largo del desarrollo del proyecto; lo que les permitió experimentar una mayor satisfacción por el trabajo realizado, el cual merecía ser valorado y aprobado. La retroalimentación recibida, tanto por parte de los docentes como de los padres de familia, reafirmó este sentimiento, al resaltar la dedicación, el compromiso y el empeño evidenciados en cada una de las etapas: desde la identificación de la problemática hasta la presentación final, como se evidencia en las siguientes apreciaciones:

Madre de familia: *Me pareció muy interesante todas las propuestas, muy interesante para el medio ambiente, para lo del carbón, para la contaminación, muy bien, gracias.*

Madre de familia: *muy interesante que estos chicos que están comenzando, ya tengan estos enfoques, también que tenemos que preocuparnos por el medio ambiente, lo que dijo algún chico de los proyectos, es verdad, con el tiempo vamos a sufrir mucho por el agua como consecuencia de toda la contaminación que se está realizando, todo está muy interesante y ojalá sigan haciendo estos proyectos.*

Madre de familia: *Creo que lo que hicieron los chicos está muy bien, nos damos cuenta que en Socotá hay mucha contaminación del agua, de los suelos; sería bueno que los mineros generaran esa conciencia de trabajar con una minería mejor, que los empleados tuvieran mejores condiciones, lo mismo, que en donde contaminan reestablecieran los suelos porque Socotá está muy contaminado.*

Madre de familia: *Yo estaba viendo a los niños, que ellos van entendiendo quizás cosas que no habían visto.*

Docente de ciencias naturales biología: *Me parece muy bonito, que les digo que no pierdan esa esa cualidad que están explotando en este momento que es la curiosidad, como decía la profe Laura. Ustedes saben que en eso se basa el conocimiento, en eso se basa el poder encontrar sus propias ideas de las cosas, lo hemos hablado en nuestras clases también, el año pasado hablábamos del método científico y que chévere verlos que están aplicando algo de eso, profundizando un poco más en esas cosas y teniendo estos resultados tan interesantes. Mucho por mejorar, claro que sí, siempre, ustedes saben, en eso se basa también, en que, de cada pregunta, de cada problemática, de cada solución que demos, siempre se van a generar unas nuevas preguntas, unas nuevas oportunidades de hacer las cosas mejor, entonces que no pierdan el ánimo y de verdad muchas felicitaciones.*

Madre de familia: *Buenas tardes, felicitar a los estudiantes por estos proyectos, estas maquetas que presentaron y que son trabajos que nos dejan una reflexión sobre el cuidado del medio ambiente, la contaminación del agua y como decimos aquí en nuestro municipio, la problemática ha sido la minería.*

Cabe destacar, como un aspecto particular del contexto de Socotá, que en la reunión de socialización asistieron exclusivamente madres de familia. Esto responde a una dinámica sociocultural común en la región, donde los hombres suelen estar comprometidos con labores que garantizan el sustento económico del hogar. No obstante, se confía en que las madres asistentes actúen como multiplicadoras de la información, promoviendo la reflexión colectiva sobre las problemáticas que afectan al municipio y posibles vías de solución.
Por otro lado, es importante resaltar la necesidad de fortalecer el respaldo institucional, tanto desde las directivas como del cuerpo docente y la comunidad educativa en general, a través del impulso de metodologías activas, la dotación de

recursos, la disponibilidad de tiempo, el mejoramiento de la infraestructura tecnológica y el acceso a herramientas que posibiliten la realización de proyectos significativos y contextualizados.

Finalmente, algunos equipos dejaron planteados cuestionamientos que reflejan no sólo la curiosidad y el compromiso de los estudiantes con el proceso, sino también la posibilidad de que estos proyectos sirvan como punto de partida para nuevas investigaciones escolares. Por ejemplo, del proyecto 1 surgieron como interrogantes ¿Qué otros parámetros de calidad del agua, además del pH, podrían haberse medido para justificar con mayor rigor la contaminación del agua y la eficacia del dispositivo purificador? En el caso del proyecto 3, emergieron dudas acerca de ¿cuánto tiempo se tarda en descomponerse la materia orgánica para convertirse en abono? ¿qué parámetros de calidad del suelo se hubieran podido medir para evaluar su contaminación y la efectividad del abono para contrarrestarla? Por su parte, el grupo 4 se cuestionó acerca de ¿cómo medir la radiación solar en el municipio de Socotá y determinar si esta fuente de energía sería suficiente para abastecer energéticamente una vivienda? Una pregunta similar fue planteada en el Proyecto 5, en relación a la velocidad del viento y su viabilidad como fuente energética en el municipio.

La primera iteración de esta intervención educativa fue presentada por la docente investigadora como una propuesta en el Foro Educativo 2025, durante las fases municipal y provincial, en el marco del eje temático “educación ambiental, cambio climático y proyectos escolares”. Esto con el fin de que en este espacio de diálogo y construcción colectiva entorno a los desafíos del sistema educativo, se reflexione sobre las oportunidades la educación en energías renovables en términos de políticas públicas, para que a través de la construcción participativa del IV Plan Nacional Decenal de Educación 2026-2035, se impulse su incorporación en todos los niveles de escolaridad, articulada a los currículos de todas las áreas, respaldada por materiales didácticos adecuados, docentes capacitados y una acción interinstitucional coordinada.

Resultados y Discusión del Segundo Ciclo

En el segundo ciclo, el prototipo de intervención educativa ajustado, se aplicó de forma íntegra y continua, obteniendo resultados favorables y satisfactorios en relación a la primera iteración. A continuación, se presenta el análisis de los resultados de la implementación de la cuestión socio científica (CSC). Se incluyen evidencias gráficas y textuales del trabajo desarrollado por los estudiantes.

Segundo ciclo CSC 1. Socotá: riqueza ecológica y potencial hídrico

En este apartado se aborda el reconocimiento del contexto de Socotá, destacando su riqueza ambiental y el análisis de las fuentes de energía. Los estudiantes participaron en foros de discusión, elaboraron diferentes formas de representación y redactaron ensayos argumentativos. Asimismo, participaron de una salida

pedagógica a la Laguna del Soldado en el municipio vecino de Socha, la cual hace parte del Parque Nacional Natural Pisba, acompañados por profesionales de Parques Nacionales Naturales (PNN); en donde observaron y reflexionaron acerca de los impactos que la minería de carbón ha generado sobre los recursos naturales, incluyendo el agua, el suelo, el aire, el paisaje y la biodiversidad.

En la sesión 1, se realiza un foro o circulo de diálogo entorno a una lectura y preguntas activadoras: ¿Cuáles son los motivos por los que las personas deberían venir a conocer Socotá? obteniendo las siguientes respuestas por parte de los estudiantes: *"porque acá en Socotá hay muchas fiestas, mucha cultura, porque es bonito", "por los páramos, los nacimientos de agua y todas las culturas que nos hacen ser únicos y boyacenses", "Por la historia que tiene", "Hoy en día la minería, como una oportunidad de trabajo", "Por su naturaleza, sus animales, todo es muy bonito aquí en Socotá", "Porque hay varias especies de animales", "Porque hay mucha biodiversidad".*

A partir de estas afirmaciones se evidencia un reconocimiento integral y positivo del contexto de Socotá, que resalta aspectos ambientales, socioeconómicos, culturales e históricos. Esta valoración del patrimonio del municipio resulta imprescindible en el sentido en el que el aprendizaje parte de la identificación del entorno, como base para construir conocimiento e impulsar procesos de transformación social con sentido de pertenencia y compromiso ciudadano (Gallay et al, 2021).

También se pone de manifiesto una comprensión por parte de los estudiantes sobre el papel que desempeña la minería en la dinámica socioeconómica del municipio. Esto resalta la necesidad de una educación crítica en energías renovables que, mediante el abordaje de cuestiones socio-científicas, permita analizar las tensiones entre las oportunidades laborales y la sostenibilidad, fomentando una reflexión informada sobre los impactos tanto económicos como ecológicos (Florencio da Silva et al., 2023).

De igual manera, los estudiantes se identifican como integrantes de su territorio, lo que contribuye al fortalecimiento del sentido de pertenencia y al desarrollo de una conciencia ciudadana orientada a la participación activa, la adopción de comportamientos proambientales y el compromiso con el cuidado del entorno. Como señala Kudryavtsev (2012), la identidad ambiental emerge cuando los estudiantes articulan su sentido de pertenencia con acciones concretas en el ámbito local y comunitario.

Posteriormente, se cuestionó acerca de ¿Cuáles son las problemáticas a nivel ambiental, social, económico, cultural, etc., que se presentan en el municipio de Socotá? Las respuestas obtenidas se muestran en la Tabla 13.

Tabla 13. *Problemáticas del municipio de Socotá identificadas por los estudiantes*

Ambiental	Social	Económico	Cultural
La tala de árboles *"Para la madera de las minas", "La madera la utilizan para las minas, para que no se derrumben cuando los trabajadores están al fondo, para no quedar atrapados", "para hacer tolvas para recoger el carbón"* ¿Por qué es un problema que talemos los árboles? *"Porque los árboles purifican el aire", "porque hay árboles que son de roble y en sus raíces almacenan agua, y a las plantas pequeñas que están a su alrededor, les pueden proporcionar agua cuando ellas lo necesiten", "Hay muchos animales que comen de sus frutas", "Porque si uno tala los árboles, los árboles le dan sombra a los más pequeños".*	*"El carbón, que baja de precio a veces y no se alcanza para los suficientes gastos económicos", "el carbón cuando se sube el precio, sube los alimentos y hay gente que no tiene suficiente dinero para comprar los alimentos y sufre mucho por la comida", "Cuando hay un sepelio de alguien, se ponen tomar y a veces hay peleas y termina mucha gente herida", "En el pueblo tenemos muchas posibilidades de comenzar a cultivar y vender, pero la gente valora más la minería y cuando el carbón se baja de precio no tienen suficiente dinero para comprar las cosas necesarias para la familia", "También cuando trabajan las minas y las dejan abandonadas, desperdician el agua", "Porque hay personas que son inconscientes y malgastan el agua y otras personas*	*"Porque las personas que trabajan en la minería no tienen otra entrada de dinero, o sea, no trabajan y siempre se mantienen de lo que trabajan en la minería. Y cuando el carbón baja mucho, hay cosas que suben, hay comidas que suben más y hay personas que no les alcanza la plata para todo lo que necesitan", "también porque los patrones cuando el carbón sube, ellos le bajan más el precio y no le suben", "Porque dependen mucho del carbón y pues no buscan otras maneras de trabajar ni conseguir dinero, pues ellos creen que cuando el carbón se va a*	*"Porque cuando hay fiestas, hay personas que se van a tomar hasta muy tarde y pelean por cualquier cosa y puede haber muchas personas heridas", "Que las fiestas y el Día de las Locas es muy peligroso, porque cuando echan harina puede caer en los ojos y eso podría afectar", "Hay gente que el día de las locas que no les importa la comida y por eso tiran el agua en las vías y hay veces no tenemos para comer", "En la política cuando van a escoger alcalde hay unos que votan por un alcalde y hay otros que por otro. Y de ahí salen los conflictos, se botan piedra con armas, se matan y pues por eso hay mucha gente que se muere y mucha gente lastimada", "Halloween es mucha la explotación de dulces contaminados ya que le echan drogas para dormir*
Por tirar basura. *"Porque cuando la gente bota basura en la calle y llueve, pues se tapan las alcantarillas y pues no pasa el agua, y se inunda", "porque la basura contamina el suelo y como que queman todos los minerales que tiene el*			

Ambiental	Social	Económico	Cultural
suelo para las plantas", "Cuando botan botellas de vidrio o cosas que se hacen de vidrio, cuando el sol les pega, hace fuego y eso hace los daños forestales", "Cuando las botan a una fuente de agua, puede ser perjudicial para la salud".	*que viven más abajo que ellos, pueden tener conflictos porque también necesitan el agua", "Depender mucho del carbón".* ¿Cómo creen ustedes que esas problemáticas que han manifestado ustedes nos afecta, por ejemplo, la educación, a los niños en las escuelas?	*la quiebra, ellos creen que todo se va a acabar", "En la minería, las familias se van a trabajar allá, hay veces dejan a sus hijos solos por ahí en la casa y eso es un peligro. Y también los padres por allá se meten a esos huecos y puede derrumbarse la mina y puede fallecer", "Porque, a veces los mineros no les importa el medio ambiente y hay animales que necesitan alimentarse y por eso algunas carnes son muy caras", "También porque los patrones ellos a veces deben como tres meses y tampoco quieren pagar y le dicen que la otra semana y tampoco", "Pues también*	*a los niños y algunas personas que, pues trabajan para las cosas malas, con magia negra, sacrifican a los niños y los matan y los sacrifican a sus dioses".* ¿Hay alguna práctica cultural que se relacione con la minería?
Explotación Minera. *"Porque, o sea, hacer huecos en la tierra, hace que la tierra se desestabilice, se baje, se caiga y haya un daño enorme", "cuando hacen los huecos de la minería, descarrilan el agua o se va por otro lado, en vez de irse por el lado que es", "Porque cuando ellos, digamos, excavan la tierra, toman el carbón y cuando ya no lo utilizan, ellos lo llevan y lo tiran en montañas, y cuando llueve, pues eso se corre a los ríos y a los nacimientos de agua, entonces, contamina el agua", "Porque cuando las minas botan el carbón al lado de las tomas, el carbón absorbe el agua y hace que las tomas se sequen", "Cuando las volquetas llevan el carbón dónde se quema, a los*	*"Porque a veces los padres los ponen a trabajar y los niños prefieren más la plata que la educación", "Porque cuando pasan las volquetas van cargadas, dañan los caminos para que los niños puedan llegar a estudiar", "Porque hay… sí, hay niños que prefieren irse a la minería en lugar de estudiar y los padres los obligan también a irse a la minería y que no estudien y no estudien una carrera porque el carbón da mucho dinero", "Porque el carbón contamina*		*"Porque había personas indígenas del pasado que cuando acabaron la tierra descubrieron el carbón y como ellos creían en el dios, en el sol, en la luna, entonces ellos pensaron que era un regalo de un dios y por eso hoy en día se valora tanto el carbón", "Cuando los mineros hacen sus fiestas, celebrando los meses o ya fin de año, ya terminando todas las vacaciones, pueden terminar en muchos conflictos tomando y comiendo y desperdiciando mucha comida".*

Ambiental	Social	Económico	Cultural
hornos, con el humo, contaminan el aire, y con las volquetas se dañan las carreteras cuando llueve", "Cuando cavan las minas, comienzan a sacar los minerales de la tierra y por eso es cuando comienzan a morirse las plantas, porque no tienen los minerales".	*el agua y los niños no pueden tomar agua del restaurante", "Porque todavía hay casos de machismo y los papás ponen a estudiar a los hombres y dejan a las mujeres en la casa", "que los padres le pegan a los hijos y aquí ya no vienen a la escuela maltratados".*	*los patrones a veces hacen negocios con la plata ajena de los trabajadores", "Cuando el carbón sube, empiezan a escasear los productos".*	

Fuente: Elaboración propia.

El hecho de que los estudiantes sean capaces de reconocer estas problemáticas que se viven en su municipio, es fundamental para una educación en energías renovables, puesto que les permite comprender que la transición energética es un proceso social, ambiental, económico, tecnológico que debe atender causas y consecuencias de las fuentes de energía que se emplean en la actualidad, en particular la que refiere al uso de combustibles fósiles como el carbón. De acuerdo con Noa et al. (2019), la educación energética se sustenta en las necesidades sociales y en las metas del modelo de desarrollo sostenible, las cuales están vinculadas a la promoción de una actitud favorable hacia el uso y consumo responsable de los recursos energéticos.

La pérdida de servicios ecosistémicos como la purificación del aire, la regulación hídrica, conservación del suelo, refugio y alimento para la fauna, es una problemática identificada por los estudiantes a causa de la tala de árboles, gestión de residuos y la extracción minera; lo que implica una degradación ambiental y aumento en el riesgo de desastres, lo que va en contravía de los principios de sostenibilidad obstaculizando la transición hacia un modelo energético limpio (Ruíz et al, 2023). Por lo tanto, es urgente buscar alternativas menos dependientes de los combustibles fósiles que reduzcan la presión sobre los ecosistemas y fomenten la noción de responsabilidad ciudadana y economía circular, clave para minimizar la huella ecológica de cualquier actividad humana, incluida la producción y consumo de energía. Surge, además, la necesidad de que las nuevas generaciones de ciudadanos se formen en valores y actitudes enfocadas en el uso racional de la energía y la promoción de la transición energética (Calixto, 2015; Espinosa et al., 2020).

En ese sentido, los estudiantes al identificar estas problemáticas mediante el abordaje de cuestiones socio científicas, desarrollan un pensamiento crítico, la resolución de problemas, la toma de decisiones informadas y conciencia socioambiental (Zúñiga y Valenzuela, 2019), promoviendo comportamientos que aporten a la conservación del medio ambiente y comprendiendo que las energías renovables son parte de una estrategia integral de sostenibilidad que requiere cambios culturales, tecnológicos y de gestión de recursos para garantizar un futuro saludable y equitativo, la mejora de la calidad de vida y la protección de los ecosistemas (Travezaño & Deroncele, 2023; Acosta y Maldonado, 2024).

¿Por qué es importante que nosotros evidenciemos o reconozcamos esas problemáticas que hay en el municipio de Socotá? *"Nos ayudan a mejorar", "Porque digamos cuando llegue una crisis y no sabemos identificar el problema, pues no vamos a poder solucionar", "También aprendemos a defendernos de las demás personas que nos quieren hacer daño", "Para reconocer todo lo que nosotros a veces hacemos malo y aprender de los errores".*

Como se evidencia en la respuesta de los estudiantes, el reconocimiento de las problemáticas socioambientales y económicas del contexto en el que viven, es un componente esencial para una educación en energías renovables con pertinencia territorial. En ese sentido, Cobo-Huesa et al., (2019) destacan que comprender la naturaleza y las causas de los problemas ambientales en contextos cercanos "posibilita el diseño de intervenciones educativas ajustadas a la realidad, que favorecen la implicación y el compromiso del alumnado" (p. 100). De manera que las afirmaciones —"nos ayudan a mejorar", "para reconocer todo lo que hacemos mal y aprender de los errores"— muestran la importancia de la autocrítica y llevan a reflexionar acerca de los impactos sobre el entorno, como base del aprendizaje.

Por lo tanto, la educación en energías renovables desde el abordaje de cuestiones socio científicas, debe integrar la compresión del entorno local, de la dimensión social de la energía, como punto de partida para la construcción de conocimiento y promoción de acciones transformadoras de las problemáticas, fortaleciendo la resiliencia comunitaria (Bascopé & Reiss, 2021); mediante la participación informada y crítica en la toma de decisiones sobre el uso de recursos (Pérez y Pérez, 2020), el razonamiento contextualizado, valores ambientales y habilidades para el ejercicio de una ciudadanía responsable y la formación de agentes de cambio (Ramírez y Riaño, 2018; Herman et al., 2021). Esto es particularmente relevante en el municipio de Socotá, donde la explotación minera del carbón tiene implicaciones directas en la disponibilidad de agua, la biodiversidad y la calidad del aire.

Durante la sesión 2 se llevó a cabo una visita guiada a la laguna del Soldado, a la cual se accedió por la vía del municipio de Socha, perteneciente al Parque Natural Pisba. En esta ocasión no fue posible ingresar al páramo desde Socotá,

debido a que la comunidad restringió el acceso a los funcionarios de Parques Naturales por motivos de interés particular, según nos fue explicado: "*Nos tiene vetados, en este momento, porque ellos siempre han querido abrir una carretera por el lado de la ruta libertadora, ese es un camino histórico cultural, y quieren sacarlo hasta pueblo viejo. Están unas fuerzas externas, que son las que están haciendo ese manejo, y a nosotros nos prohibieron ir a ese sector, porque es un riesgo para nuestra seguridad", "Hay unas dinámicas de las comunidades, de las poblaciones que irónicamente y triste, ustedes siendo de Socotá no pueden acceder o no los podemos llevar al sendero de la Ruta Libertadora, porque hay una problemática y una dinámica que la gente no entiende, que es un área protegida y que debe ser cuidada y conservada. Pero eso limita a la misma comunidad, y eso no está bien, no está bien que ustedes siendo de Socotá, tuvieran que venir hasta Socha para conocer el parque. Ustedes pudieron ir a Socotá a sus veredas y conocerlo."*

Esta situación evidencia una compleja relación entre la conservación del ambiente, del páramo en particular, en relación a los derechos de las comunidades y la gestión del territorio. La restricción de acceso al Páramo de Pisba, un área protegida de alto valor cultural e histórico, permite reflexionar críticamente acerca de cómo los intereses y presiones externas pueden generar conflictos y afectar incluso a quienes habitan el territorio. Tal como señalan Cobo-Huesa et al. (2019), el aprendizaje situado en conflictos reales favorece la implicación del alumnado y fortalece competencias para la participación ciudadana en la gestión sostenible de los recursos. Así mismo, lleva a cuestionarse sobre la equidad, la participación ciudadana, los procesos de gobernanza inclusivos, de diálogo intercultural y corresponsabilidad en la conservación; como aspectos fundamentales desde la perspectiva de la educación en energías renovables y de la sostenibilidad.

Al llegar al municipio de Socha, a proximidades del Parque Nacional Natural Pisba, nos encontramos con la manifestación de campesinos de la vereda El Mortiño, quienes estaban protestando en contra del ingreso de la minería a más de 3.000 metros de altura en zona de Páramo, lo que amenaza el recurso hídrico y las formas de vida de su territorio, así mismo exigían el derecho a un ambiente sano (Imagen 13). Explicaba el funcionario de Parques Naturales: *"Hay policía, hay personería, es un problema social grande que ha llegado a otros medios, radio, periódicos, redes sociales, porque la comunidad se cansó de ese problema de afectación del agua. Esa mina a 3500 m no debería estar, porque es un páramo una zona de reserva que debemos proteger, pero está ahí. Si no existiera el parque esa mina ya estaría acá, y ya se hubiera destruido lo que conocemos. El carbón es importante, porque es la base de nuestras lagunas de origen glacial, el carbón es muy importante para la vida, tenemos unas moléculas fundamentales para la vida, carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno, sin eso no habría vida. Y acá lo podemos ver, cómo el carbono se transforma para dar vida y darnos agua."*

Posteriormente, se realizó el recorrido guiado en donde los estudiantes pudieron evidenciar la importancia del ecosistema de páramo en cuanto a su biodiversidad y

su función dentro del ciclo hidro ecológico. Los funcionarios de Parques Nacionales Naturales hicieron una invitación a los estudiantes para que reflexionaran acerca de la importancia de cuidar el Páramo, para que replicaran esta información en sus familias y su comunidad: "*Sobre la importancia de cuidar el agua, de cuidar el páramo, todo cumple un papel importante, un papel biológico y ecológico que nos tiene acá con vida, que nos permite respirar y disfrutar de esa agua y de este lugar tan bonito. La montaña. Les permita transmitir ese mensaje de cuidado y de preservación, hay que hacerlo todos los días con nuestro circulo social, de cuidar el agua, de las basuras, con pequeñas acciones podemos ayudar a cuidar y conservar, no sólo nuestro ambiente sino el de todas las comunidades.*"

Imagen No 13. *Visita guiada a la Laguna del Soldado. Fotos tomadas por Laura Zuñiga.*

Durante la visita los estudiantes grabaron un video en el que expresaron lo que más les llamó la atención e invitaron a visitar la Laguna del Soldado en el Parque Nacional Pisba. *"Hola, buen día, hoy venimos de Colegio Francisco José de Caldas del municipio de Socotá. Venimos a visitar el Parque Natural de Pisba. Hoy vinimos al parque, fuimos a hacer el recorrido hasta la laguna de Socha, fuimos hasta el vivero y venimos aquí y encontramos muchas cosas muy bonitas. Hola, buen día, hoy vinimos a recorrer la laguna de Socha. Aprendimos a no contaminarla, a no meternos porque nos podemos hundir y les recomiendo visitarla. Durante el recorrido también pudimos aprender sobre los animales y como ellos usan el parque y el ambiente para sobrevivir y utilizarlo también. Encontramos rastros, también tuvimos la oportunidad de sembrar árboles, que tal vez durarán mucho tiempo, pero servirán de algo en el futuro. También pudimos ver el proceso de restauración del parque y pudimos ver las especies de Frailejones que se encuentran acá, 13 y 6 son únicas, entre ellas Ernesto Pérez. Hoy les vinimos a dar un mensaje, para el Páramo de Pisba, es bonito, vinimos a ver la laguna, les recomendamos cuidarlo y no botar basura a la laguna. Los invito a la laguna para que la conozcan y aprendan. Gracias."*

Así mismo, entrevistaron al funcionario David Vargas de Parques Nacionales Naturales (Anexo 4), acerca de ¿Cuáles son las principales características del ecosistema del Páramo? ¿Qué especie de flora y fauna son endémicas o más representativas de este ecosistema? ¿Qué funciones ecológicas cumple el Páramo dentro del ciclo hidro ecológico? ¿Cuál es la importancia del páramo para las comunidades que viven en las zonas cercanas? ¿Cómo ha cambiado el páramo en los últimos años debido a los factores naturales o humanos? ¿Qué tipo de actividades mineras se están desarrollando actualmente en los páramos? ¿Cómo afecta la minería a la biodiversidad del páramo? ¿Qué consecuencias tiene la minería sobre las fuentes hídricas que nacen en el páramo? ¿Se han evidenciado cambios en la calidad de agua o en el régimen de lluvias debido a estas actividades? ¿Qué impacto social y económico ha tenido la minería en las comunidades locales? ¿Existen regulaciones o zonas protegidas que prohíban la minería en páramos y se está cumpliendo? ¿Qué alternativa sostenible podría reemplazar la minería en estas regiones? ¿Cuál ha sido la posición de las comunidades locales frente a la presencia a la minería?.

Como se puede evidenciar, mediante esta visita altamente significativa, los estudiantes identificaron la riqueza ecológica del Páramo de Pisba, un territorio que hace parte del municipio en el que viven; reconocieron la importancia de la conservación del Páramo como un ecosistema estratégico para las comunidades, que actúa como regulador hídrico, captador de carbono y reservorio de biodiversidad (Buytaert et al., 2011; Flórez et al., 2021). Por lo que se hace necesaria la promoción de una conciencia ambiental entre la población y los estudiantes, de tal manera que con identidad defiendan sus recursos, tengan una percepción clara de los riesgos ambientales que amenazan su territorio y en

consecuencia actúen mediante la participación comunitaria (Bocarejo, 2017; Duarte-Abadía & Boelens, 2016).

Las situaciones vividas, de protesta de las comunidades, de observación directa, y testimonios de los funcionarios de Parques Naturales, muestran una dependencia directa del recurso hídrico, tanto para consumo como para producción agropecuaria; por lo que es ahí donde surge la cuestión socio científica frente a la presión que ejerce la presión minera en el ecosistema, generando impactos irreversibles en la calidad y disponibilidad del agua. Investigaciones recientes documentan cómo la explotación de carbón y otros minerales en zonas altoandinas produce alteración hidrológica, pérdida de nacimientos y contaminación por metales pesados (Rojas et al., 2022). Así mismo, Bebbington et al. (2018) destacan la tensión entre los conflictos socioambientales y de salud pública dados entorno a la minería, que incluyen la desigualdad en la distribución de beneficios y perjuicios.

Así mismo, otras prácticas que de igual manera generan presión sobre el Páramo, hace referencia a la quema de pastos, que degradan el suelo y facilitan procesos de erosión (Rodríguez-Eraso et al., 2013). Esto evidencia la necesidad de una transición hacia sistemas de producción sostenibles, con un enfoque agroecológico y de manejo integral. En ese sentido, se menciona el ecoturismo comunitario como una alternativa económica a la minería, lo que bien planificado y ejecutado, puede contribuir a reforzar el tejido social y fomentar la conservación ambiental, además de generar ingresos (Suárez et al., 2020). Sin embargo, su éxito depende de la capacitación local, el acceso a infraestructura y la articulación con políticas públicas efectivas.

Para los estudiantes, esta visita se convierte en una oportunidad de aprendizaje vivencial que fomenta la capacidad de analizar críticamente las tensiones entre conservación ambiental, desarrollo local y derechos comunitarios. Se requiere una educación ambiental con enfoque crítico y contextualizado que permita integrar el conocimiento científico con el entendimiento de las realidades locales, fortaleciendo así la acción comunitaria hacia una transición energética justa y participativa (González y Meira, 2020). Desde el punto de vista de la educación en energías renovables, esta reflexión es clave para formar ciudadanos capaces de participar en procesos de toma de decisiones que consideren no solo la viabilidad técnica de las soluciones, sino también su pertinencia social y territorial.

En la sesión 3, los estudiantes, organizados en grupos de trabajo, diseñaron y presentaron propuestas creativas para explicar el funcionamiento de las fuentes de energía renovables y no renovables (Imagen 14). La actividad promovió la exploración de distintos formatos de presentación —como maquetas, carteleras, dramatizaciones y videos de elaboración propia— que les permitieron comunicar, con sus propias palabras, lo aprendido. Este enfoque no solo favoreció la comprensión conceptual, sino que también estimuló el pensamiento creativo, el

trabajo colaborativo y el fortalecimiento de las habilidades comunicativas, al utilizar su propio lenguaje para articular conceptos complejos.

Imagen 14. *Propuestas estudiantiles para la explicación de fuentes de energía renovables y no renovables. Fotos tomadas por Laura Zuñiga.*

Los estudiantes identifican correctamente el carbón, el petróleo y el gas natural como recursos no renovables, explicando que: *"Es renovable cuando se puede volver a crear, pero si el carbón se llegara a acabar, no volvería a haber carbón", "El petróleo no es renovable y es una mezcla natural de hidrocarburos, que se utiliza como fuente principal de energía. Es materia prima para muchos productos, en industrias petroleras, hay diversos trabajos desde la exploración y perforación del petróleo hasta la refinación y comercialización de productos como la gasolina y el diésel", "Bueno, primero que todo la energía de gas no es renovable, el gas natural es un combustible fósil incoloro, inodoro y tóxico. Este recurso energético presenta muchos beneficios frente a otros, porque es más limpio en cuanto a emisión de residuos y también es más eficiente. El gas se convierte en energía a través de la combustión".* Así mismo, identifican correctamente las hidroeléctricas, energía solar y eólica como fuentes renovables, que no se regeneran con rapidez: *"La energía solar es renovable porque quiere decir que nunca se va a acabar", "El agua es renovable por lo que al girar la turbina, esa agua que ya le quitaron la energía la vuelven a expulsar, esa agua vuelve a tener energía y vuelve a pasar por el mismo proceso", "Aquí vemos un molino de viento, los cuales también pueden producir mucha energía, también esa energía es renovable, porque el aire nunca se va a acabar".*

Resulta importante destacar, que, mediante la implementación de esta intervención educativa, los estudiantes han reconocido y reforzado conocimientos que les permiten distinguir entre fuentes renovables y no renovables de energía, como base para una educación energética consciente y sostenible, en la que la

comprensión de la finitud de los combustibles fósiles, fomenta la necesidad de transitar hacia alternativas renovables (Merritt et al., 2019). Este entendimiento facilita la reflexión sobre principios físicos y ambientales subyacentes, los beneficios y desventajas de cada fuente de energía; fomentando actitudes reflexivas y responsables frente al uso de los recursos energéticos (Fortner, 2009).

Así mismo, en sus presentaciones identificaron las problemáticas asociadas a cada fuente de energía, las cuales se muestran en la Tabla 14. El reconocimiento de impactos como la contaminación del agua y del aire, la pérdida de biodiversidad, el cambio climático o los conflictos por el uso del suelo, permite que el aprendizaje trascienda la mera descripción técnica de las fuentes y se enfoque en su dimensión socioambiental y ética (Solarz et al., 2022). De esta manera, los estudiantes desarrollan a una edad temprana, la comprensión sistémica de los desafíos energéticos actuales y la capacidad de evaluar soluciones sostenibles considerando criterios ambientales, económicos y sociales; frente al análisis comparativo entre beneficios y costos de cada fuente de energía (Kandpal y Broman, 2014).

***Tabla 14**. Problemáticas asociadas a las fuentes de energía identificadas por los estudiantes*

Carbón	Petróleo	Gas Natural	Energía Solar	Energía Eólica	Hidroeléctricas
"El carbón afecta al medio ambiente por medio de, cuando bombean el agua, se puede ir a unas fuentes hídricas y se daña el agua que pueden beber los animales o las personas. También provoca deforestación para hacer las	*"Porque cuando abren estos pozos, debajo de la tierra tenemos agua que se llama agua subterránea, cuando se extrae el petróleo, o se extrae el gas natural, se contamina esa agua subterránea"*	*"el agua subterránea resulta contaminada con gas natural, no es potable y no se puede utilizar".*	*"La energía solar tiene una problemática que afecta al medio ambiente, porque si no la sabemos utilizar puede generar muchos daños, como, por ejemplo, si hay paneles solares que están muy*	*"Para hacer esos molinos de viento se necesitan grandes instalaciones y motores gigantes, por lo que el suelo que podría, por ejemplo, para el cultivo o para la ganadería, pues se está utilizando para que se ubiquen*	*"Para poder crear un embalse normalmente lo que hacen las personas es desviar el cauce de los ríos para que el agua se concentre en un solo lugar y forme el embalse ¿Qué ocasiona eso? El agua de los ríos es muy importante porque hay árboles que son muy gruesos, por lo menos el roble, esos árboles tienen raíces muy*

Carbón	Petróleo	Gas Natural	Energía Solar	Energía Eólica	Hidroeléctricas
puertas para mantener la tierra. Y a veces puede haber derrumbes, porque cuando llueve se entra a la mina y se puede deslizar. O también cuando de las volquetas se cae el carbón, eso daña las calles. También cuando llevan las boquetas a un centro de acopio, cuando prenden los hornos se puede dañar el medio ambiente por medio del humo".			*dañados, hay unos que se llaman monocristalinos que duran como 50 años, si uno no los cambia o no les va revisando la batería, esos van liberando como gas, un poquito de gas que es como casi metano y eso afecta al oxígeno", "los materiales de los paneles son metales que cuando se daña el panel solar, si no se hace una buena disposición, no se aprovechan, no se reutilizan, sino que se botan,*	*estos molinos y otra problemática que tienen es que muchas aves sufren o mueren porque en sus procesos de migración se encuentran con esos molinos".*	*grandes y almacenan agua y a lo que ellos no tienen agua empiezan a secarse y gracias a los árboles obtenemos oxígeno", "El problema que causa que el río se desvíe es principalmente para nosotros, porque puede haber personas que dependan de aquella agua, personas que utilicen esa agua para el ganado, personas que la utilicen y la hiervan para tomar, personas que la utilizan para bañarse, animales, plantas y más personas las necesitan, porque esa agua casi siempre depende de la vereda. Cuando los árboles, las plantas y el pasto que se produce puede ser por esa agua y si tienen vacas no*
Efecto invernadero y calentamiento global. *"Se derrite todo el hielo y eso afecta a muchos animales porque están acostumbrados a un clima, que no lo pueden cambiar", "También es*					

Carbón	Petróleo	Gas Natural	Energía Solar	Energía Eólica	Hidroeléctricas
peligroso porque el polo también mantiene la nivelación del mar", "el calentamiento global hace que el hielo se derrita y el hielo es lo que mantiene el estado, que el agua de los ríos o de los mares, océanos grandes, no se eleve y si se descongela el hielo va a crear más agua y va a haber inundaciones", "si la papa se crea en distintos lugares fríos, entonces al calentar mucho, la papa no podría sembrarse", "Cuando calienta mucho el sol, hay incendios y se han quemado muchos paramos", "Cuando calienta mucho el sol, se mueren muchos seres vivos que nos pueden ayudar a nosotros los humanos y por eso también puede llegar a la extinción de muchas especies", "Si se elevan los alimentos, las personas que no tengan la capacidad de poder comprarlos tendrían que aguantar hambre y muchas personas morirían de hambre como en África".			*por ejemplo a los rellenos sanitarios, nos puede estar generando contamina ción ya sea de suelo, ya sea del agua"*		*podrían comer, si tienen animales o peces que vivan en aquellas aguas, al desviarse ellos no vivirían".*

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente se les cuestionó acerca de su preferencia por las fuentes de energía, a lo que la mayoría respondió: "*me inclinaría por la energía solar, la energía hidráulica y la energía eólica, ya que no contaminan el medio ambiente*". Lo cual demuestra una motivación hacia la sustentabilidad y la justicia social, asociada directamente a un mayor compromiso hacia comportamientos energéticamente sostenibles, aspectos fundamentales para acelerar la aceptación y despliegue masivo de estas tecnologías (Schulte et al., 2022). En concordancia con lo anterior, Javed et al. (2025) en su estudio analiza las preferencias de la juventud noruega en relación con la transición energética, encontrando que, más allá del costo, los jóvenes valoran la inclusión social, la equidad y la reducción de impactos ambientales como prioridades para el desarrollo energético. Estas evidencias respaldan la necesidad de educar en energías renovables desde niveles escolares iniciales, en pro de cultivar una alfabetización energética y la formación de ciudadanos comprometidos con la protección del planeta.

Durante la sesión 4, los estudiantes elaboraron un ensayo argumentativo sobre uno de los temas propuestos en relación con los impactos de la minería de carbón sobre el agua, suelo, aire, la biodiversidad (Imagen 15). Posteriormente lo

presentaron a sus compañeros y plantearon una posición acerca de estar a favor o no de la minería en el Páramo de Pisba a modo de foro o circulo de diálogo.

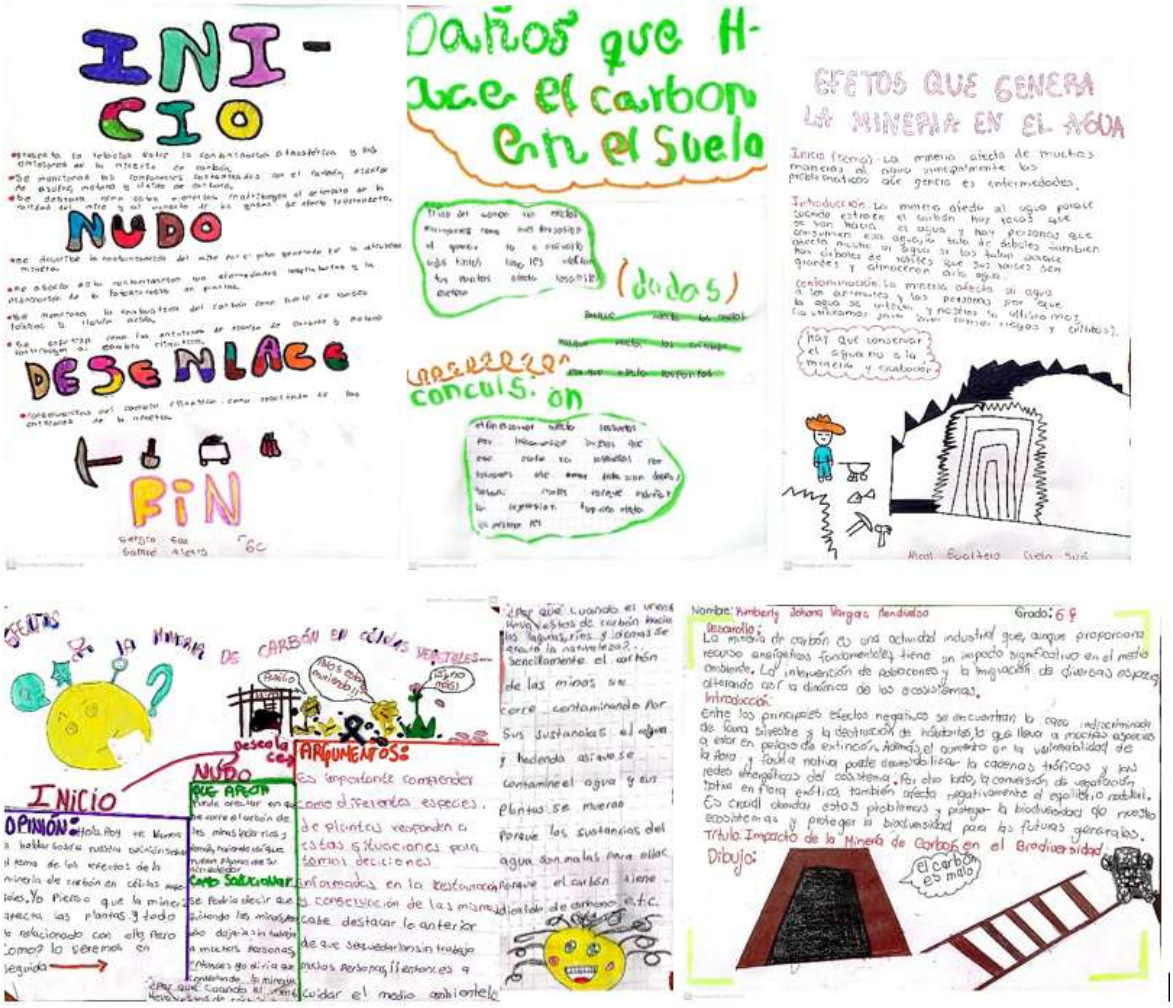


Imagen 15. *Ensayos estudiantiles sobre los impactos de la minería del carbón. Fotos tomadas por Laura Zuñiga.*

En los textos elaborados por los estudiantes se identifica cómo la minería del carbón puede afectar la calidad del agua, del suelo, del aire y la biodiversidad – al generar drenajes ácidos, incorporar metales pesados como plomo, aluminio o manganeso, entre otros; al contribuir al aumento de los gases de efecto invernadero y el consecuente cambio climático, al degradar los ecosistemas representa la extinción de especies, la alteración de los ciclos biológicos, afecta la seguridad alimentaria y la salud pública – lo que les lleva a comprender la relación entre las actividades extractivas y sus repercusiones a nivel ambiental, social e incluso ético, lo que les deberá llevar a analizar soluciones energéticas limpias, considerando su viabilidad en el municipio, acuerdo a las características de su territorio y de su comunidad, que reduzcan dichos impactos y ofrezca mayores beneficios (Marimón et al., 2024).

Un ejemplo de ello, es el informe reciente presentado por Global Energy Monitor, en el que muestran que reconvertir minas a cielo abierto clausuradas en plantas solares podría generar hasta 300 GW adicionales de capacidad, además mitigar daños ecológicos, generar empleo y contribuir con la revitalización territorial (Loughran, 2025). Sin embargo, resulta fundamental que estas iniciativas cuenten con la participación comunitaria, fomentando el dialogo y la consulta local para evitar posibles afectaciones culturales y garantizar la justicia social (Lizcano, 2025).

Así mismo se observan posturas al respecto: "*la minería afecta el agua, a los animales y a las personas porque el agua se infecta y nosotros la utilizamos para comer, riegos y cultivos. Hay que conservar el agua, no a la minería y excavación".* En el abordaje de estas cuestiones socio científicas, los estudiantes visualizan problemáticas reales, y con base en estas experiencias, fortalecen sus actitudes pro ambientales y favorecen la toma de posicionamientos, al relacionar impactos ecológicos e inequidad social con decisiones tecnológicas y políticas (Kumar et al., 2024), lo que explica la emergencia de posturas de "no a la minería" en el contexto local. Sin embargo, no basta con el rechazo a estas prácticas, se hace necesario promover la acción competente que empodere a los niños, niñas y adolescentes para que evalúen alternativas concretas en beneficio de su territorio (Schönstein y Budke, 2024).

Además, se mencionan preocupaciones y temores a nivel social que podrían afectar la toma de decisiones y percepción de los estudiantes sobre la minería, ya que se ven directamente afectados: *¿Cómo solucionar? Se podría decir que, quitando las minas, pero eso dejaría sin trabajo a muchas personas, entonces yo diría que continuando la minería".* En contextos como los del municipio de Socotá, en donde la dependencia económica y el empleo depende principalmente de la minería, emergen posturas ambiguas, en las que se reconoce el daño ambiental, pero se relativiza en relación a las necesidades económicas de la familia (Osei et al., 2022); lo cual debe ser un insumo para abrir el debate acerca de los riesgos vs los beneficios a corto y a largo plazo.

Finalmente se realizó un círculo de dialogo en el que los estudiantes reflexionaron acerca de lo aprendido, identificando las ventajas y desventajas del carbón como fuente de energía frente a su disponibilidad, uso y efectos negativos como la contaminación y agotamiento: "*Qué carbón tiene beneficios buenos y aspectos malos", "Aprendimos que todas las fuentes de energía sirven, pero hay algunas que no se deberían utilizar, por el medio ambiente y para proteger el planeta, y si seguimos así, las energías no renovables se podrían acabar".* Así mismo, reconocen que las fuentes de energías renovables son limpias y diversas, consideran que no contaminan y que se debería dar privilegio a su desarrollo tecnológico para proteger el planeta, aunque hay cierta prevención con la energía eólica por el uso del suelo: "*Hay varias fuentes de energía, como lo son la energía solar, la energía eólica, la energía hidráulica que son renovables y pues que no contaminan el medio ambiente. Y hay otras que son no renovables, como el carbón,*

el petróleo y el gas", "Hay muchas fuentes de energía como la energía eólica, hidráulica, la solar. La que no me parece muy buena, es la energía eólica, porque en un video que vimos, decía que en los lugares donde había mucho viento, se ponían las instalaciones para crear energía eólica. Y esas instalaciones eran muy grandes y pues ese rastro o ese terreno donde las ponían podía servir para cultivos o para ganadería".

En efecto, las fuentes de energía renovable son inagotables y no emiten dióxido de carbono, lo que contribuye a reducir los gases de efecto invernadero y el consecuente cambio climático, a aportar a la salud pública y ambiental. Sin embargo, la energía eólica, contrario a lo que consideran los estudiantes, es compatible con usos agropecuarios, es de rápida instalación y generadora de empleo (Maguire et al., 2024), lo cual abre posibilidades de análisis crítico, lo que justifica y enriquece el abordaje de las cuestiones socio científicas trabajadas, dilemas que articulan la ciencia, ciudadanía, equidad social y justicia ambiental (Viehmann et al., 2024).

Se menciona también otra fuente de energía, que es la nuclear, la cual no se abordó a profundidad por no ser convencional en el contexto nacional: "*Un tipo de energía que ninguno aquí ha dicho es la energía radiactiva, la cual es muy útil para crear energía, pero a veces es muy peligrosa".* Efectivamente, los estudiantes identifican la dualidad entre alta utilidad energética en relación a los riesgos ambientales y sanitarios asociados, como, por ejemplo, problemas de seguridad en cuanto a escapes radioactivos, residuos altamente peligrosos, altos costos de construcción (Ayoub et al., 2023).

Así mismo se reflexionó acerca de qué pasaría si se acabara el carbón en el municipio y cómo cada uno de los estudiantes y sus familias se verían afectados, considerando que: "*La mayoría de las personas de este municipio dependemos del carbón. Si se acabara para mi familia sería muy difícil conseguir otro trabajo porque la minería es lo más beneficioso y ya otro trabajo no sería tan fácil acceder como la minería, por el tipo de contratación, porque hay trabajos que piden más exigencias para contratar a una persona", "Mi familia sería afectada porque la mayoría trabaja con carbón, pero por otra parte estaría bien que consiguieran otro trabajo, porque hay veces que la mina se derrumba, como la mina de mi tío que se derrumbó y quedó un muchacho atrapado, pero gracias a Dios lo salvaron", "Pues aquí en Socotá la mayoría de las familias dependen del carbón y al carbón acabarse en este municipio, la mayoría de las familias lo que harían es salir del municipio buscando oportunidades en otros lugares y vendría hambruna", "Mi familia, mi papá, mis tíos, trabajan en minería y pues también sembramos, pero pues depende mucho de la mayoría del salario que da mi papá de la minería y nos afectaría mucho a todos", "Si el carbón se fuera de Socotá, o sea, ya no hubiera más carbón, mi familia se vería muy afectada ya que mi papá y mis dos tíos son dueños de mina, por lo cual la mayor fuente de dinero para la casa se vería afectada, pues nos tocaría buscar de otra manera, otros empleos".*

Estas reflexiones muestran la realidad del municipio de Socotá, en donde la minería de carbón es la principal actividad económica, fuente de empleo e ingresos en las familias, considerada como difícil de remplazar ante la falta de alternativas laborales e incluso por los requisitos que tienen ciertos empleos (Departamento Nacional de Planeación, 2023). Así mismo, otros efectos que se podrían generar de esta situación, de acuerdo con Torres-Gómez (2024) incluyen entre otros, emigración, aumento de pobreza, debilitamiento de la identidad, acceso a la educación, debilitamiento de las estructuras sociales y culturales.

No obstante, en el dialogo también se hace evidente que los beneficios económicos que se obtienen de la minería no se distribuyen de manera equitativa entre la población que participa en esta actividad, se favorece exclusivamente a los dueños de las minas, que son una minoría. Así, los estudiantes reconocen tanto las desigualdades sociales como los impactos ambientales, cuyos efectos recaen principalmente en las comunidades más vulnerables. Mientras tanto, gran parte de los recursos se transfieren fuera del territorio, lo cual limita las posibilidades de un mejoramiento sustancial en la calidad de vida local y perpetúa una dependencia económica con escasos beneficios sociales a largo plazo (Wilder et al., 2024).

Así mismo, durante el dialogo, la docente lleva a reflexionar sobre la importancia de la transición energética y otras formas de producción más sostenibles: "*pues efectivamente lo ideal es migrar hacia otras fuentes, y hacia otras formas de producción, expresamente en Socotá que en su gran extensión es zona rural, potencia en cuanto a producción agrícola y ganadera. Esa podría ser una de las formas en las cuales las familias se podrían emplear, si el gobierno respaldara con tecnificar el campo, para que nuestras familias trabajaran de una manera más fácil y con mayor productividad los cultivos y la ganadería de manera sostenible con el ambiente, que no generen impactos significativos, sino que, todo lo contrario, nos ayuden a la protección del planeta. Asimismo, y no sé si alguien recuerda lo que nos mencionaba David, en la salida pedagógica: el ecoturismo, que también se está promoviendo en el páramo para que las personas no solamente conozcan su importancia dentro de nuestra sociedad, sino también contribuyan a la economía de las comunidades que allí habitan".* Alrededor de esta idea, surge la discusión acerca de si en Socotá se podría potenciar el ecoturismo, a lo que responden los estudiantes: "*como aquí en Socotá está prácticamente el 70% del páramo de Pisba, pues la gente podría venir a conocer eso, podrían venir y contribuir a las familias", "Pues, una manera de potenciar el ecoturismo podría ser con nuestros bellos paisajes, ya que en Socotá en su mayoría son campos. Además, como aquí tenemos un hotel bastante grande y conocido, eso podría ayudarnos, además a que se queden hospedados y que potencien aún más la economía gastando y comprando"*

En ese sentido, los estudiantes mencionan qué se podría hacer para apoyar estas iniciativas desde los diferentes roles sociales: "*Nosotros como comunidad deberíamos apoyar a los campesinos y en vez de dejar tantas tierras tiradas y*

vender los lotes, comprar más lotes y cultivar en partes buenas para seguir buscando la papa y que el gobierno nos ayude con lugares que sean estables para construir o para hacer un campo para el ganado", "que nos apoyemos entre nosotros mismos y que protejamos el medio ambiente, que ayuden a reciclar, que el medio ambiente no se contamine y que esas personas puedan volver a sus hogares o si no quieren sus campos, una persona que verdaderamente los cuide", "una alternativa podría ser fomentar la agricultura, y poquito a poquito ir cambiando de la minería hacia la agricultura, reviviendo el legado campesino que construyó este municipio. Si el gobierno logra ayudar, ya sea con infraestructura, podríamos mejorar el municipio y avanzar hacia el futuro. Un futuro más sostenible, no tenemos que perder el ambiente con minas, con gas contaminado, aire contaminado, y tener que ir a los otros lados porque aquí ya está dañado. O sea, que se logre conseguir un paraíso acá en base a la agricultura, también el turismo y más recursos sostenibles que no sean la minería, ya que es muy agresiva con el medio ambiente y aunque produzca mucho, no es la mejor alternativa, ni lo será", "Si fuera alcalde buscaría métodos mejores para el ambiente, como preparar a la gente para que se traslade de trabajo y no hay que cerrar las minas porque no podemos hacer un cambio tan brusco. Una de esas alternativas podría ser trabajar en la agricultura, en el campo, para la alcaldía"

Posteriormente, se llega a la reflexión de si en el municipio de Socotá se podría producir energía y si ésta sería una fuente de empleo, a lo que responden los estudiantes: "*Por medio del aire, se podría llevar a las veredas más alta, donde hace mucho viento, buscar un terreno alto y bueno para poner las torres de energía y poner tres plantas, una en la vereda más alta, otra más abajo y una cerca al pueblo, y tendríamos energía", "Otra manera sería la energía hidroeléctrica, ya que contamos con la rama del río Chicamocha, por lo cual podríamos aprovecharla. Y otra es la energía solar, que se podría instalar en veredas de alto calor, como en Morro, ya que contamos con desiertos", "Sí, porque se necesitan personas para manejar todo esto, que hagan el mantenimiento, que están en los paneles solares verificando que se mantengan funcionando", "Sí, porque todo eso es una limpieza, orden, y se necesita organización para que funcione bien".* Complementando la idea, la docente hace referencia a la necesidad de personal capacitado para el mantenimiento y operación de estas tecnologías, lo cual sería una fuente de empleo para las familias, y de alguna manera, la formación que reciben en la especialidad de electricidad en la institución, les puede dar bases para que ellos mismos aprendan el funcionamiento de instalar un panel solar en una vivienda por ejemplo, lo que da valor agregado a su trabajo y seria lucrativo para un técnico que realmente tenga el conocimiento y pueda convencer a las personas en invertir en fuentes renovables de energía, con los beneficios a nivel económico que traería su instalación.

Es una posibilidad que la docente hace ver a los estudiantes, indicándoles que todos tenemos la posibilidad de contribuir con la transición energética, con estas

y otras acciones, como lo es la exigencia a nuestros gobernantes para que velen por los derechos, a través de los diferentes espacios de participación ciudadana: "*nosotros, como ciudadanos, también tenemos derechos que se deben hacer cumplir. Nosotros tenemos el derecho a un ambiente sano, al trabajo, a la salud, y nosotros debemos hacer valer esos derechos ¿Cómo? Exigiendo a nuestros gobernantes, que tengan programas para promoción de salud, que tengan programas para emplear a sus ciudadanos, que tengan programas para promover la protección del ambiente".* De esta manera, el dialogo entablado en el circulo de discusión refleja un proceso de conciencia crítica, que se constituye en una semilla dentro de la comunidad socotence, para que germine en posibilidades de pensamientos y acciones que lleven a crear alternativas en torno a la transición energética y la diversificación productiva de manera sostenible.

En primer lugar, la transición energética aparece como una necesidad inaplazable, el avance hacia la implementación de fuentes de energías limpias y renovables no se constituye en una estrategia para mitigar el cambio climático, de seguridad energética y de generación de empleo local (Renewable Energy Agency, 2021). Los estudiantes reconocen el potencial que tiene el sector de las energías renovables para generar empleo vinculante a la necesidad de formación técnica que permita la apropiación de estas tecnologías; y en efecto, de acuerdo con la International Renewable Energy Agency (2023), el sector genera más empleos por unidad de energía producida que la industria de los combustibles fósiles.

En segundo lugar, del planteamiento de los estudiantes y la docente, emergen como alternativas a la minería del carbón y directamente a la reducción del uso de combustibles fósiles; la agricultura sostenible y la tecnificación del campo puede mejorar la seguridad alimentaria, reducir impactos ambientales y fortalecer las economías rurales (Altieri & Nicholls, 2020). Sin embargo, tal como lo mencionan en el dialogo, este tránsito requiere de políticas públicas que apoyen a las comunidades rurales y campesinas, con infraestructura y tecnologías que les permitan ser competitivos en el mercado, de lo contrario seguirían reproduciéndose las inequidades históricas que han marginado al sector rural en Colombia (González & Pineda, 2022).

Así mismo, también emerge el ecoturismo dentro de la discusión, como una alternativa complementaria, el cual, bien gestionado, podría contribuir a la conservación de los ecosistemas y servicios ambientales estratégicos, al mismo tiempo que mejora los ingresos de las comunidades locales (Maldonado et al., 2021). El Páramo de Pisba, para el municipio de Socotá es un ecosistema de gran importancia, pues no es sólo un reservorio de biodiversidad y agua, sino un patrimonio histórico, cultural y natural que podría posicionarse como atractivo turístico. Sin embargo, es necesario que las entidades gubernamentales garanticen que este escenario no se convierta en una forma de extractivismo cultural y ambiental, sino en una estrategia de conservación y justicia social (Honey, 2019).

Finalmente, estudiantes y docentes concluyen sobre la importancia de la participación ciudadana, como mecanismo para garantizar los derechos ambientales y sociales de la comunidad; lo cual es un punto álgido para la transición energética y el cambio en las formas de producción, que requiere no sólo de acciones individuales, sino de marcos institucionales sólidos, programas de apoyo estatal y un compromiso activo de la sociedad civil (Newell y Mulvaney, 2018). De esta manera, el reconocimiento de los derechos a un ambiente sano, a la salud, al trabajo, junto con la demanda hacia los gobernantes de implementar políticas públicas, promover el dialogo social, impulsar la reconversión laboral, la diversificación económica y la protección social; representan una manifestación concreta de ciudadanía activa orientada a la justicia social y ambiental (Maldonado, 2023).

Segundo ciclo CSC 2. El pulmón negro, una consecuencia de la explotación de carbón

Se reconocen las afectaciones a la salud que tiene la práctica de minería en el municipio, a través de lecturas, documentales, respuesta a preguntas, creación de historias, dramatizaciones y entrevistas que los estudiantes realizan a familiares y amigos que trabajan en las minas de carbón en el municipio de Socotá.

En la sesión 1 se realizó una lectura y un documental, mediante los cuales se socializa que la minería en Colombia es una importante fuente de economía y generación de empleo, sin embargo, se comenta que "*hace poco fueron despedidos muchos trabajadores porque bajo el precio del carbón", las condiciones de salud y de vida de la población en las áreas de minería, especialmente en comunidades rurales son malas, por la afectación que tienen a la salud, al ecosistema, genera pobreza", "yo creo que una de las causas es porque los mineros, ustedes lo han notado acá en el pueblo, no ahorran, por ejemplo los fines de semana, muchos mineros tomando, entonces las condiciones de vida de ellos no son muy buenas, muchos de ellos no ahorran pero hay otros que sí".* A partir de estas consideraciones se puede evidenciar la relación que establecen los estudiantes respecto a las dimensiones éticas, económicas, sociales que surgen en torno a la práctica de la minería del carbón en su territorio. Este proceso contribuye a la mejora del pensamiento crítico, fomenta el ejercicio de la agencia cívica y los orienta hacia la toma de posturas informadas (García, 2022).

De este modo, el abordaje de cuestiones socio científicas se alinea con las demandas actuales de la educación, que busca integrar en el currículo de los diferentes niveles de escolaridad, la temática de cambio climático y sostenibilidad, con el propósito de desarrollar competencias que impulsen la transición energética (UNESCO, 2020). Así, los estudiantes son capaces de identificar situaciones dentro de su territorio, que se han dado como consecuencia de la explotación minera del carbón: "*casi todos los días se presentan accidentes, entonces es uno de los problemas más grandes que están enfrentando la explotación minera", "el carbón al*

ser extraído, genera unos gases y esos gases quedan en el aire y llega hasta los lugares, pueblos, aldeas cercanas y eso afecta la respiración y contamina el aire", "La enfermedad del pulmón negro es una condición que ocurre en gente que trabaja en la mina de carbón por mucho tiempo ¿Cuáles serán los principales síntomas? Tos, problemas para respirar, mocos negros, de alguna manera a través del moco la persona intenta eliminar el polvillo del carbón, pero no es suficiente", "Ahora las condiciones de salud son mucho más graves que antes, porque antes la enfermedad del pulmón negro afectaba a las personas mayores como de 60 años, pero ahora las personas están muriendo a la edad de más o menos 40 años", "había unos señores que eran mineros y se enfermaron por el carbón, y después los nietos", "dijeron que a él antes le gustaba pescar y practicar deporte y ahora no puede hacer nada porque el pulmón no le permite", ""no solamente los mineros pueden ser afectados a nivel de la salud con esta actividad de la minería, sus familias, toda la comunidad que se alimenta del agua, del suelo y del aire que está en el entorno de estas minas por la contaminación por metales pesados".

No sólo la caída de los precios del carbón son un impacto negativo que surge como consecuencia de la reconfiguración que se está dando a nivel mundial con respecto al mercado del carbón (Vega-Araújo et al., 2024). A ello se suman los riesgos derivados de la exposición a metales pesados, material particulado y alta siniestralidad por metano, derrumbes y atmósferas con déficit de oxígeno. Estas condiciones no sólo representan una amenaza a la salud pública y a la vida de los trabajadores y de la comunidad en general, sino que además perpetúan los riesgos de esta actividad que en muchos de los casos se convierte en una labor heredada de generación en generación (Galeano-Páez et al., 2024).

Frente a estas problemáticas, en la socialización se rescata nuevamente como alternativas a esta actividad económica: *"Antes de que aquí hubiera tanta explotación minera, acá la gente sembraba mucho, sembraban maíz, trigo, papa, digamos que cualquier espacio se destinaba para sembrar pero después de que comenzó la minería, qué creen que sucedió, la gente dejó de cultivar la tierra, porque también la gente tenía sus animales, cultivaban la tierra y la economía acá en el municipio era buena, entonces sí se puede tener otros trabajos, lo que pasa es que la gente se acostumbra a la minería o se acostumbra a un solo trabajo", "Cuando uno trabaja en la minería, para que no se enfermen hay que utilizar la mascarilla o si no unos tratamientos para no sufrir del pulmón negro".* No obstante, no es suficiente con limitarse al uso de protección respiratoria para mitigar los efectos de la minería en la salud; se requiere de la implementación de un programa integral que vigile los niveles de contaminación por material particulado, gases, metales pesados, entre otros factores, que constituyen una amenaza tanto para el ambiente como para la salud pública (Arregocés et al., 2023).

En relación con lo anterior, los estudiantes dan respuesta a los cuestionamientos: ¿Have you heard of black lung disease? ¿What jobs are more dangerous for the lungs? ¿ How can people protect themselves at work? Generando

respuestas (Imagen 16) similares a lo ya mencionado "*El pulmón negro genera problemas respiratorios como el asma", "produce la muerte de muchos mineros a temprana edad", "Que tienen cáncer a temprana edad", "que no pueden respirar y para ellos es un esfuerzo hablar"; "el polvo negro afecta más que todo la respiración de algunas personas y si ellos no la detectan a temprana edad, podrían sufrir una muerte y si la detectan tendrían que tener un trasplante de pulmón y muchas personas han sufrido eso, con lo cual los indemnizan y eso hace que les dan plata, pero no es suficiente para mantener a las familias", "Principalmente la minería, la construcción también, cuando cocinan con leña, en la estufa de carbón, esa ceniza se le va a la nariz y les afecta la respiración y los pulmones", "En la minería, para las personas que trabajan en la minería, que utilicen casco para los derrumbes, que utilicen mascarillas para no respirar ese polvo y muy seguido a chequeos médicos".*

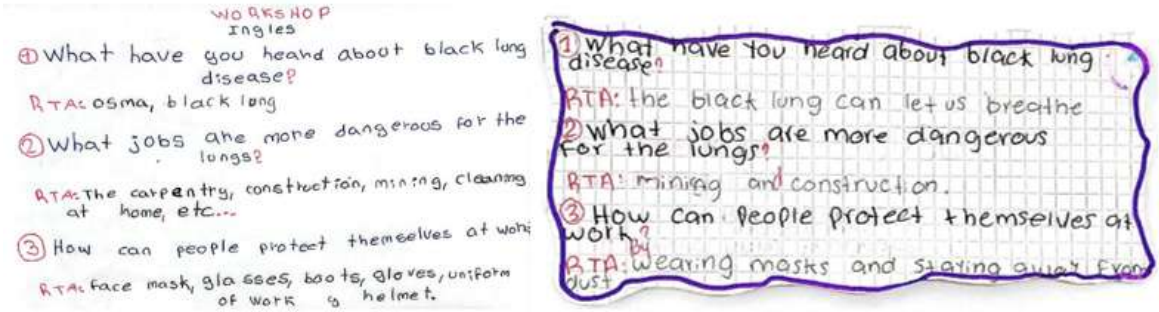


Imagen 16. *Respuestas estudiantiles frente a las preguntas planteadas. Fotos tomadas por Laura Zuñiga.*

Las afirmaciones de los estudiantes dan cuenta que, a partir de una lectura crítica, se ha realizado un reconocimiento del contexto local, para estimar los riesgos laborales y la vulnerabilidad derivada de la extracción del carbón (Vega-Araújo et al., 2023). Dichas experiencias deben transformarse en aprendizajes significativos, razonamientos que impulsen alternativas de sustitución energética desde diferentes perspectivas, medidas de control, propuestas de prevención y de diversificación económica y comunitaria (Akinsemolu y Onyeaka, 2025).

Durante la sesión 2, los estudiantes crean una breve historia con las tarjetas dadas por la docente, incluyendo un personaje principal, su trabajo en una mina de carbón, el desarrollo de síntomas, consecuencias personales y familiares, posible tratamiento o solución (Imagen 17).

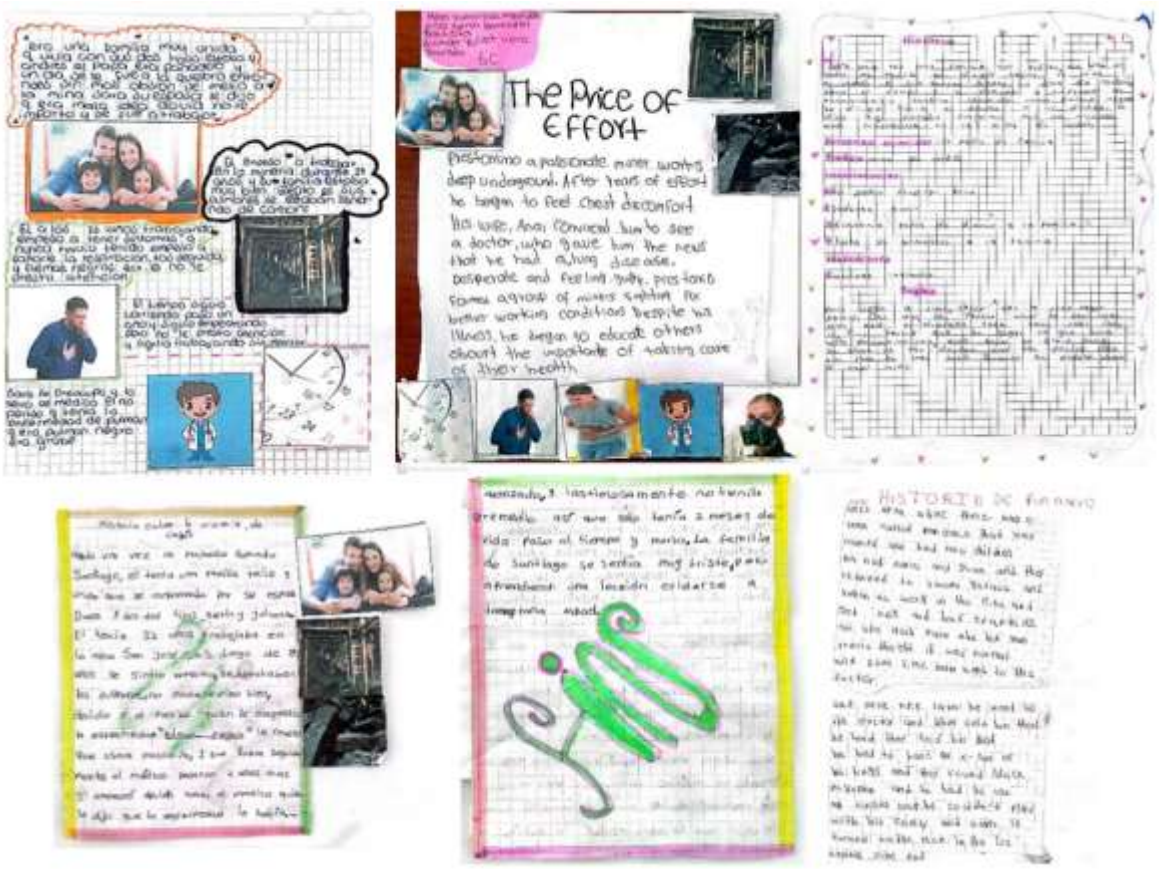


Imagen 17. *Historias estudiantiles construidas a partir de tarjetas orientadoras. Fotos tomadas por Laura Zuñiga.*

Las historias elaboradas por los estudiantes se constituyen como un recurso pedagógico que impulsa la argumentación, ya que permiten contrastar evidencias, identificar a los actores involucrados (trabajadores, familias, empresas, comunidad), y reflexionar sobre dilemas socio científicos como la tensión entre empleo y salud. A partir de estas narrativas, es posible proponer alternativas tecnológicas y de política orientadas al control y seguimiento de riesgos, la reconversión laboral, la diversificación productiva local. No obstante, si bien en los relatos se sugiere como recomendación principal el uso de mascarilla, el uso de elementos de protección personal por sí sólo es insuficiente, se requiere una prevención efectiva sustentada en controles de ingeniería y administrativos que garanticen ventilación adecuada, monitoreo y supresión del polvo, así como la verificación de los límites de exposición (Department of Labor, Mine Safety and Health Administration, 2024).

El abordaje de cuestiones socio científicas a partir de los relatos construidos por los estudiantes, constituye un punto de partida que les permite transitar de la simple creación de historias empáticas hacia la formulación de acciones fundamentadas. Estas pueden expresarse en iniciativas como el diseño de prototipos de ventilación, el cálculo de cargas de polvo, la evaluación de la huella de carbono de diferentes fuentes de energía o la simulación de escenarios de

transición energética en municipios mineros, entre otras (Zúñiga-González & Molina-Andrade, 2023).

En la sesión 3, los estudiantes se agruparon para crear una dramatización de una situación real o hipotética entorno a la práctica de la minería del carbón, en la que personificaron diferentes roles: minero afectado, esposa del minero, doctor, dueño de la mina, sindicalista, funcionario del gobierno y periodista (Imagen 18).

Imagen 18. *Dramatizaciones estudiantiles sobre situaciones relacionadas con la minería del carbón. Fotos tomadas por Laura Zuñiga.*

Las obras de teatro presentadas por los estudiantes permiten visibilizar las tensiones reales dadas en la práctica de la minería del carbón, específicamente las que se reconocen en el contexto del municipio de Socotá, pero que es aplicable a muchos otros lugares a nivel nacional: (i) las jerarquías de poder laboral, en donde los dueños de las minas amenazan el no pago de la jornada; (ii) inspección estatal y clausura por incumplimiento en las condiciones de seguridad, sanitarias y ambientales (iii) corrupción por intento de soborno, tipificado en Colombia como delito de cohecho y (iv) salud vs empleo.

Estos dilemas éticos que surgen al abordar la cuestión socio científica en torno a la enfermedad del pulmón negro derivada de la exposición al polvillo del carbón, posibilitaron aprendizajes como la importancia de la prevención en este tipo de enfermedades, la cual resulta más efectiva cuando se complementa con medidas de ingeniería previamente mencionadas. En la dramatización también se representó la necesidad de un trasplante pulmonar como opción terapéutica final; sin embargo, este procedimiento depende de la disponibilidad de órganos, de una rigurosa evaluación médica y del manejo de riesgos postoperatorios. Además, en la práctica el donante no es un familiar, como se planteó en la historia, suelen ser personas fallecidas. Por ello, el escenario más común y realista para enfrentar esta

enfermedad sigue siendo la implementación de controles en la fuente (Nandavaram et al., 2024).

Además de mencionar los aprendizajes, los estudiantes expresaron su sentir en el rol personificado, lo que les permitió experimentar las emociones y tensiones que viven los diferentes actores en torno a la minería. El minero siente angustia por el sustento de su familia y por su salud deteriorada; la esposa refleja la preocupación y el apoyo en medio de la incertidumbre; el funcionario experimenta el dilema ético frente al soborno y la necesidad de cumplir la ley; el dueño de la mina muestra indiferencia frente a la vida de los trabajadores, priorizando la ganancia; los sindicalistas sienten indignación y resistencia.

Así mismo, mencionan qué harían en el caso de ser el funcionario del gobierno, la esposa o el doctor, a lo que responden: *"aplicaría la ley sin dejarme sobornar, si hay que cerrar la mina por incumplimiento se cierra. Además, iría a hablar con el alcalde, para que ayude a los mineros", "si fuera la esposa le pediría ayuda a mis vecinos y a la alcaldía para que le ayude a mi esposo a exigir el pago del salario", "daría tratamiento al minero, y le diría que cambie de empleo porque si sigue en la mina su enfermedad va a ser más grave".* Este ejercicio ayuda a comprender las desigualdades de poder y las necesidades humanas no sólo de sustentarse a sí mismo y su familia, sino de estar informado sobre cuáles son las rutas para interponer una reclamación administrativa y/o judicial para exigir sus derechos en salud ocupacional y garantías laborales, medidas de apoyo social, recurrir a redes de apoyo comunitarias, solicitar vigilancia en salud (Álvarez-Torres y Riaño-Casallas, 2018).

Ésta y otras problemáticas como la neumoconiosis del minero de carbón o pulmón negro, las luchas por condiciones dignas de trabajo, seguridad y protección social, son situaciones que prevalecen no solamente en el contexto del municipio de Socotá, sino a nivel nacional en Colombia; y que se extienden incluso a otros sectores de la economía. En ese sentido, se hacen necesarias acciones sociales o políticas como: "*que el gobierno haga visitas más frecuentes a las minas, para asegurarse que cumplen con todas las normas", "que el gobierno apoye a los mineros para que puedan cambiar de empleo", "que los dueños de las minas paguen los chequeos médicos a sus trabajadores", "que los trabajadores del gobierno no se dejen sobornar y apliquen la ley a las minas que no cumplen con las condiciones para sus trabajadores".*

Las afirmaciones que realizan los estudiantes se refieren al fortalecimiento de las inspecciones y vigilancia laboral garantizando que las minas cumplan con normas de ventilación, control de polvo y equipos adecuados, se promueva el dialogo social de manera que los trabajadores puedan defender sus derechos, implementar planes territoriales para la reconversión laboral hacia energías renovables, hacia una industria agropecuaria sostenible u otros sectores productivos (Acosta-Puertas, 2024); garantizar el acceso a la salud para la

detección temprana de enfermedades ocupacionales y con todas estas acciones combatir la corrupción, asegurando la transparencia de los procesos.

Finalmente, en la cuarta sesión, los estudiantes buscaron en su comunidad testimonios de personas que han sufrido problemas de salud a causa de la minería (Anexo 4). Algunos grabaron la entrevista mediante video, otros estudiantes quienes no cuentan con dispositivos tecnológicos, la registraron por escrito. En el desarrollo de la entrevista, los estudiantes estructuraron las preguntas, lo que los llevó, tanto al entrevistado como al entrevistador, a reflexionar acerca de las consecuencias en la vida de una persona, no sólo en sus pulmones y su condición física, sino en su bienestar y el de su familia. De esta manera, se promueve un pensamiento profundo y consciente, competencias críticas y transferibles, en el contexto socio científico de la minería y la salud laboral (Boud y Molloy, 2021).

En ese sentido, los testimonios registrados por los estudiantes, son un recurso valioso para el análisis socio científico, en la medida en la que refleja riesgos respiratorios -reducción de la función pulmonar- a causa de la exposición al polvo (Tavera-Rodríguez et al, 2021); la necesidad de que las capacitaciones sobre salud ocupacional se traduzcan en cambio de condiciones de trabajo y no sólo en medidas individuales como el uso de elementos de protección personal (Ruiz-Romero y Sánchez-Torres, 2022); comprender no sólo los aspectos técnicos de la minería sino sus implicaciones en salud pública, justicia ambiental y derechos laborales (Hilson et al., 2021).

Las evidencias muestran que los estudiantes alcanzaron un nivel de comprensión que trasciende el reconocimiento básico de conceptos para aproximarse a una comprensión relacional, contextualizada y parcialmente crítica de los fenómenos energéticos y socioambientales. En relación con los conceptos científicos, los estudiantes demostraron comprensión sobre fuentes de energía y transición energética, identificaron y clasificaron correctamente fuentes renovables y no renovables, reconociendo características fundamentales de cada una: el carbón, petróleo y gas natural como recursos finitos y asociados a procesos de combustión, la energía solar, hidráulica y eólica como alternativas renovables, la relación entre producción energética e impactos ambientales. Esto se evidencia en afirmaciones como:

> “Es renovable cuando se puede volver a crear, pero si el carbón se llegara a acabar, no volvería a haber carbón”.
>
> “La energía solar es renovable porque quiere decir que nunca se va a acabar”.
>
> “El gas natural presenta beneficios frente a otros porque emite menos residuos”.

Frente a las primeras cuatro experiencias, se observa un avance porque inicialmente los estudiantes tendían a asociar energía únicamente con electricidad,

calor o consumo doméstico; mientras que ahora reconocen procesos de transformación energética, límites de disponibilidad y consecuencias ambientales.

Los estudiantes lograron establecer relaciones entre minería, alteración del suelo, pérdida de biodiversidad; extracción, contaminación, afectación del agua; combustibles fósiles, emisiones, cambio climático. Las intervenciones realizadas durante la salida pedagógica muestran comprensión sobre servicios ecosistémicos y conservación. Así mismo se consolidaron conceptos asociados con la exposición prolongada al material particulado, enfermedades respiratorias ocupacionales, prevención y control del riesgo, salud pública; asociadas a explicaciones más complejas vinculadas con condiciones laborales y ambientales. Se evidencia comprensión parcial del fenómeno:

“La enfermedad ocurre por respirar el polvo del carbón”.

“No solamente afecta a los mineros sino también a quienes viven cerca”.

Así mismo, se evidencia una evolución hacia argumentaciones justificadas y construcción de posiciones propias mediante foros, ensayos argumentativos, creación de historias, dramatizaciones y entrevistas. Los estudiantes ya no solo expresan opiniones sino que incorporan razones, consecuencias y propuestas; identifican problemas, analizan consecuencias, valoran alternativas y construyen soluciones.

“No hay que cerrar las minas de forma brusca, sino preparar a las personas para cambiar de trabajo”.

“Una alternativa sería fortalecer la agricultura y el turismo”.

“Si fuera alcalde buscaría métodos mejores para el ambiente”.

Se muestra además una progresión hacia decisiones fundamentadas considerando la evaluación de consecuencias a nivel colectivo e institucional y criterios ambientales (conservación del agua, protección del páramo, biodiversidad), económicos (empleo, estabilidad de ingresos, reconversión productiva), sociales (calidad de vida, salud, acceso al trabajo), tecnológicos (energías renovables, infraestructura).

“No podemos hacer un cambio tan brusco”.

“Se necesita apoyo del gobierno para avanzar hacia otro modelo”

Así mismo, aparecen de manera explicita las comprensiones éticas desarrolladas, cuestionando que algunas comunidades soporten los impactos mientras otras reciben beneficios, la necesidad de proteger recursos para el futuro, el derecho a la salud, a un ambiente sano y un trabajo digno, lo que refiere a la justicia ambiental e intergeneracional.

“Que el gobierno haga visitas más frecuentes”.

“Que paguen chequeos médicos”.

De igual manera, se incorporan dimensiones económicas y políticas que evidencian una comprensión más amplia del problema energético. Los estudiantes reconocen la dependencia económica del carbón, la volatilidad del mercado y la necesidad de diversificación; el rol regulador del Estado, la corrupción, la inspección laboral, la participación ciudadana.

“Despidieron trabajadores porque bajó el precio del carbón”.

“Si hay que cerrar la mina por incumplimiento se cierra”.

“Que el gobierno apoye el cambio de empleo”.

Finalmente, las evidencias permiten afirmar que los estudiantes desarrollaron posicionamientos críticos iniciales pero fundamentados acerca del cuestionamiento a la dependencia minera, el reconocimiento de conflictos territoriales, la valoración de energías renovables y la defensa de derechos colectivos. Sin embargo, no adoptan posiciones absolutas, indicando un pensamiento complejo y evita reduccionismos.

Ejemplo:

“No hay que cerrar las minas de golpe”.

En conjunto, las evidencias empíricas permiten afirmar que los estudiantes avanzaron desde una alfabetización energética centrada en conceptos y efectos visibles, hacia una alfabetización socio–científica crítica, caracterizada por integrar conocimientos científicos, razonamiento argumentativo, reflexión ética y capacidad para participar de manera informada en debates sobre el futuro energético y ambiental de su territorio.

Se concluye, además que, la retroalimentación continua y las sugerencias constructivas, en el abordaje de las cuestiones socio científicas, son fundamentales porque permiten que los estudiantes reflexionen sobre sus aprendizajes y sus limitaciones, se motiven hacia la autorregulación, mejoren sus capacidades de planificación y la toma de decisiones, con el fin de que diseñen estrategias para aplicar lo aprendido a su propio contexto (Panadero y Broadbent, 2018).

Con base en lo trabajado en las cuestiones socio científicas y la orientación de los docentes, los estudiantes identificaron las problemáticas y alternativas de solución que llevaron a dar continuidad a los proyectos de aula desarrollados en la primera iteración, dando respuesta a los interrogantes ¿Qué otros parámetros de calidad del agua, además del pH, podrían haberse medido para justificar con mayor rigor la contaminación del agua y la eficacia del dispositivo purificador?¿qué parámetros de calidad del suelo se hubieran podido medir para evaluar su contaminación y la efectividad del abono para contrarrestarla?¿Cómo elaborar un pulmón de tamaño real en la impresora 3D?¿cómo medir la radiación solar en el municipio de Socotá y determinar si esta fuente de energía sería suficiente para abastecer energéticamente una vivienda? ¿cómo medir la velocidad del viento en

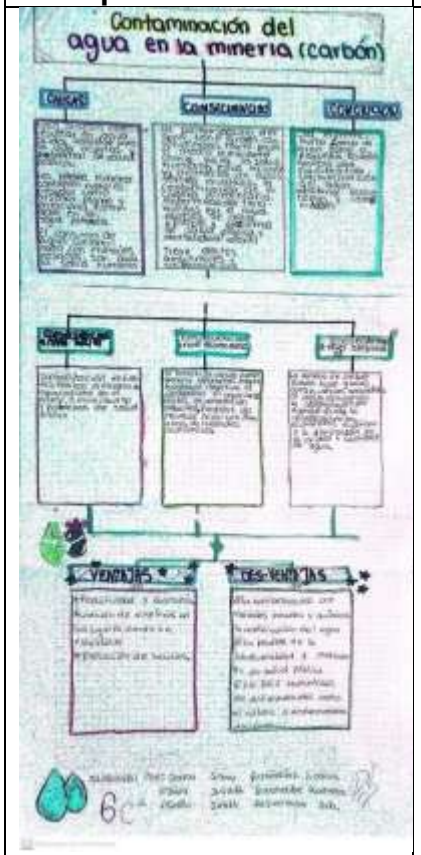
el municipio de Socotá y determinar si esta fuente de energía sería suficiente para abastecer energéticamente una vivienda? Dichos proyectos de aula fueron diseñados e implementados teniendo en cuenta los ajustes a los principios de diseño que orientan la elaboración de prototipos basados en ABP para la EER (Tabla 13) y al prototipo con cada una de las etapas de desarrollo (Figura 4). Se logró la propuesta de cinco proyectos que se mencionan a continuación:

Segundo ciclo Proyecto 1. Medida de los parámetros de calidad del agua para determinar la eficacia de un sistema purificador impulsado por energía solar

En este proyecto, los estudiantes con base en lo trabajado en el desarrollo de las cuestiones socio científicas y en las consultas realizadas, retomaron la problemática que afecta los ecosistemas de agua dulce (como ríos, lagos y fuentes subterráneas) generadas por la actividad minera. En el desarrollo tomaron dos muestras de un cuerpo de agua ubicado en la vereda la vega, del municipio de Socotá, el cual queda próximo a una mina de carbón, tal como se observa en la imagen 19. Realizaron un análisis de las muestras de agua en el que midieron parámetros de calidad como la temperatura, pH, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos. Las muestras se pasaron por el purificador y al agua recogida del proceso de evaporación, se le realizaron las medidas de los mismos parámetros, evidenciando una reducción. En la tabla 15, se observa el desarrollo del proyecto realizado por los estudiantes con la orientación de los docentes.

Imagen 19. *Proyecto "Medida de los parámetros de calidad del agua para determinar la eficacia de un sistema purificador impulsado por energía solar." Fotos tomadas por Laura Zuñiga.*

Tabla 15. *Desarrollo del Proyecto realizado por los estudiantes "Medida de los parámetros de calidad del agua para determinar la eficacia de un sistema purificador impulsado por energía solar"*

<table>
<tr><th>Identificando problemáticas</th><th>Objetivos</th><th>Propuesta de Diseño</th><th>Resultados</th><th>Conclusiones</th><th>Bibliografía</th></tr>
<tr>
<td> 
</td>
<td>Objetivo general

Evaluar la eficacia de un sistema casero purificador de agua por destilación solar, para reducir la contaminación del agua y hacer uso de fuentes de energías renovables, mediante la medida de parámetros físico químicos, en un periodo de una semana.

Objetivos Específicos

Analizar los parámetros físico químicos del agua, con el fin de determinar si el sistema</td>
<td>Materiales

Dos Botellas
2 Beaker de 600 mL
Termómetro
Multímetro
pH-metro
Fotómetro
Marcador
Muestra de agua
Bata
Guantes

Desarrollo
1. Se elije el sitio de muestreo, toma la muestra en una botella estéril.
2. Se deposita cada muestra en un beaker y se rotulan con el marcador.
3. Medir la temperatura de cada muestra utilizando el termómetro, registrar los ºC.
4. Calibrar el pH-metro con soluciones</td>
<td>Temperatura de las muestras de agua

<table><tr><th>Muestra</th><th>Temperatura (ºC)</th></tr><tr><td>1</td><td>19</td></tr><tr><td>2</td><td>19</td></tr><tr><td>Agua Purificada</td><td>21</td></tr></table>
En el rango de 19 a 21 ºC, de acuerdo con U.S. Geological Survey (2018). el agua se encuentra en un nivel moderadamente favorable para organismos acuáticos y procesos de tratamiento. A esta temperatura se mantiene la solubilidad de oxígeno disuelto, la cual es suficiente para sostener peces de agua dulce, macroinvertebrados y microorganismos aerobios, fundamentales para la degradación de materia orgánica (Water Quality Standards Handbook, 2021). Así mismo, este intervalo limita la proliferación de algas y cianobacterias tóxicas. Para fines de consumo humano, se encuentra en condiciones aceptables posterior a un tratamiento adecuado.

pH de las muestras de agua

<table><tr><th>Muestra</th><th>pH</th></tr><tr><td>1</td><td>7.5</td></tr><tr><td>2</td><td>7.7</td></tr><tr><td>Agua Purificada</td><td>6.8</td></tr></table>
El pH es un factor clave para definir la calidad del agua, ya que mide su acidez o alcalinidad en una escala de 0 a 14, lo que permite evaluar la potabilidad del agua y su impacto en la salud y el medio ambiente (Hem, 1985). Por eso, se mide en tratamientos de agua y sistemas de purificación:</td>
<td>La minería de carbón, si no se controla adecuadamente, puede transformar los cuerpos de agua en entornos hostiles para la vida. La prevención y el tratamiento del drenaje ácido de minas son esenciales para proteger los ecosistemas.

En conjunto, los parámetros identificados: la estabilización térmica en el rango de 19 a 21 °C, la ligera reducción del pH (7,5 y 7,7 a 6,8) y la significativa mejora en la conductividad eléctrica (1,8 → 0,8 µS/cm) y la drástica reducción de TDS (197 → 11 ppm); demuestran que el sistema solar de purificación no solo reduce la carga iónica del agua, sino que también mantiene condiciones compatibles con la normatividad de agua potable. Estos resultados evidencian que el método contribuye a mejorar la calidad físico-química del</td>
<td>Tchobanoglous, G., Burton, F. L., & Stensel, H. D. (2014). Wastewater engineering: Treatment and resource recovery (5th ed.). McGraw-Hill.

U.S. Geological Survey. (2018). Temperature and water. Water Science School. Disponible en: https://www.usgs.gov/water-science-school/science/temperature-and-water?utm

World Health Organization. (2017). Guidelines for drinking-water quality (4th ed.). WHO. https://www.who.int/publications/i/item/9789241549950

Water Quality Standards Handbook.</td>
</tr>
</table>

Identificando problemáticas	Objetivos	Propuesta de Diseño	Resultados	Conclusiones	Bibliografía
	purificador solar reduce los sólidos totales disueltos y la conductividad eléctrica inicial y mantiene el pH dentro del rango de 6,5 a 8,5 conforme a los lineamientos de calidad del agua. Informar sobre las implicaciones de la contaminación del agua a causa de la minería y la importancia del uso de fuentes renovables de energía, mediante la socialización del proyecto a compañeros, docentes y padres de familia.	buffer 7.0; enjuagar con agua destilada y sumergir en la muestra de agua. Registrar el pH. **5.** Medir la conductividad eléctrica utilizando el multímetro. Coloca el multímetro en modo resistencia (Ω) y sumerge los electrodos en la muestra. Registra el valor y calcula la conductividad de forma aproximada utilizando la formula: **6.** Medir la cantidad de sólidos totales disueltos (TDS) con el fotómetro, para ello enjuaga el electrodo con agua destilada	• **pH < 7** → Agua ácida. • **pH = 7** → Agua neutra (ideal para el consumo humano). • **pH > 7** → Agua alcalina (puede contener minerales como calcio y magnesio). El descenso en el pH puede estar asociado a procesos de oxidación de compuestos orgánicos e inorgánicos inducidos por la radiación solar, así como la liberación de CO_2 durante la descomposición microbiana, que genera ácido carbónico y contribuye a la ligera acidificación del agua (Tchobanoglous et al., 2014). Un pH de 6,8 se mantiene dentro de los valores recomendados por la Organización Mundial de la Salud, que establece un rango aceptable entre 6,5 y 8,5 para consumo humano (World Health Organization, 2017). **Conductividad Eléctrica de las muestras de agua** **Muestra** / **Resistencia (Ω.m)** / **Conductividad (µS/cm)** 1 / 540000 / 1.852 2 / 550000 / 1.818 Agua Purificada / 1150000 / 0.870 La conductividad eléctrica, es un parámetro que indica la concentración de sales disueltas y sólidos iónicos en el agua (Carbotecnia, s.f.). El sistema purificador demostró un efecto positivo en la reducción de la conductividad eléctrica, lo que refleja la remoción de contaminantes inorgánicos como cloruros, sulfatos y carbonatos, asociados con mayor riesgo para la salud y corrosividad en las redes de distribución (Tchobanoglous et al., 2014).	agua y a garantizar un consumo seguro. Los destiladores solares caseros permiten eliminar sales y minerales, bacterias, virus, no requiere químicos, es natural y ecológico y aprovecha las energías renovables.	Disponible en: https://www.epa.gov Stumm, W., & Morgan, J. J. (1996). *Aquatic Chemistry: Chemical Equilibria and Rates in Natural Waters*. Wiley. Hem, J. D. (1985). *Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water*. USGS. Carbotecnia. (s.f.). *Proceso de purificación del agua*. Recuperado el 2 de marzo de 2025, de https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/tratamiento-de-agua/proceso-de-purificacion-de-agua

<table>
<tr><th>Identificando problemáticas</th><th>Objetivos</th><th>Propuesta de Diseño</th><th>Resultados</th><th>Conclusiones</th><th>Bibliografía</th></tr>
<tr><td></td><td></td><td>y sumerge la muestra. Registra ppm.
7. Pasar las muestras por el purificador de agua y esperar a que evapore por efecto de la luz solar, y condense.
8. Medir todos los parámetros nuevamente a la muestra de agua recogida del purificador. Registrar datos y analizar.</td><td>TDS de las muestras de agua

<table><tr><th>Muestra</th><th>TDS (ppm)</th></tr><tr><td>1</td><td>197</td></tr><tr><td>2</td><td>197</td></tr><tr><td>Agua Purificada</td><td>11</td></tr></table>
El cambio más significativo se observó en el total de sólidos disueltos, lo que demuestra que el sistema purificador reduce la turbidez y la carga microbiana, sin que también es eficiente en la eliminación de sólidos disueltos (Stumm & Morgan, 1996). El valor alcanzado de 11 ppm representa un agua de alta calidad, que se encuentra muy por debajo del límite recomendado por la Organización Mundial de la Salud para el agua potable que está alrededor de 500 ppm (World Health Organization, 2017).</td><td></td><td></td></tr>
</table>

Segundo ciclo Proyecto 2. Campaña informativa para prevenir sobre la enfermedad del pulmón negro (black lung) mediante un modelo 3D a escala real

Los estudiantes identificaron y retomaron la problemática que se refiere a los efectos a la salud que muchos de sus familiares y vecinos han sufrido como consecuencia de trabajar en las minas de carbón, en específico, lo relacionado con la enfermedad del pulmón negro. Quisieron informar a la comunidad a través de modelos elaborados haciendo uso de la impresora 3D y la pantalla inteligente, orientados por compañeros de grado once y el docente de la especialidad de electricidad. Los estudiantes en esta oportunidad quisieron presentar un pulmón a escala del tamaño real, para lo cual se tuvo que realizar cortes y dividir la pieza en cuatro partes a imprimir, luego recrearon con temperas en la mitad del pulmón los efectos del carbón y en la otra mitad recrearon un pulmón sano (imagen 20). El desarrollo del proyecto realizado por los estudiantes se presenta en la Tabla 16.

Imagen 20. *Proyecto "Campaña informativa para prevenir sobre la enfermedad del pulmón negro (black lung) mediante un modelo 3D a escala real". Fotos tomadas por Laura Zuñiga.*

Tabla 16. *Desarrollo del Proyecto realizado por los estudiantes en la segunda iteración "Campaña informativa para prevenir sobre la enfermedad del pulmón negro (black lung) mediante un modelo 3D a escala real"*

Identificando problemáticas	Objetivos	Propuesta de Diseño	Resultados	Conclusiones	Bibliografía
	Objetivo General Realizar durante el mes de septiembre, una campaña informativa dirigida a estudiantes, docentes y padres de familia de la institución, utilizando un modelo 3D a escala real del pulmón afectado por la enfermedad del pulmón negro. **Objetivos Específicos** Elaborar en el mes de agosto, un modelo 3D a escala real que represente el pulmón sano y afectado por la enfermedad del pulmón	**Materiales** Impresora 3D Filamento PCL Computador Internet Programa Flash Print Témperas Pinceles Papel adhesivo o pegamento. **Desarrollo** **1.** Buscar el diseño del pulmón en la página www.thingiverse.com en inglés "Lung" y descargar en formato STL. **2.** Conectar el formato al computador, en este caso en la pantalla táctil, abrir el programa Flas Print de la impresora 3D y realizar los cortes para dividir la figura en cuatro partes, lo que se hace necesario, teniendo en cuenta que un pulmón real mide	**Efectos del Carbón en los Pulmones** Cuando los pulmones se cubren de carbón debido a la exposición prolongada al polvo de carbón en la minería, ocurre una acumulación progresiva de partículas que causa daño irreversible en los tejidos pulmonares. Al inhalar el polvo de carbón, las partículas llegan a los pulmones y se acumulan en los alvéolos (son pequeños sacos de aire donde ocurre el intercambio de oxígeno entre el aire y la sangre al inhalar, y de dióxido de carbono al exhalar). A diferencia del polvo común, el cuerpo no puede eliminar completamente estas partículas. Por otro lado, el sistema inmunológico intenta atacar y eliminar el carbón, lo que genera una inflamación constante. Con el tiempo, los pulmones forman tejido cicatricial (fibrosis pulmonar), lo que los vuelve rígidos y menos funcionales. La acumulación de partículas de carbón daña el tejido pulmonar, provocando tos crónica, falta de aire y fatiga. En fases avanzadas, los pulmones se endurecen y dejan de funcionar adecuadamente, lo que puede causar insuficiencia respiratoria. Algunas personas que tienen insuficiencia respiratoria pueden tener mucho sueño o perder el conocimiento. También pueden tener arritmia (latidos cardíacos irregulares). Es posible que tenga estos síntomas si su cerebro y corazón no reciben suficiente oxígeno. La exposición prolongada al polvo de carbón en la minería, aumenta el riesgo de sufrir otras enfermedades como:	El pulmón negro es una grave consecuencia de la minería del carbón, afecta la calidad de vida de los trabajadores y puede ser mortal si no se detecta a tiempo. La prevención y regulación de condiciones laborales son esenciales para reducir los riesgos. Es importante crear conciencia en los mineros y sus comunidades sobre los riesgos del pulmón negro, utilizando herramientas innovadoras como la impresión 3D para mejorar la comprensión visual y didáctica. Es de vital la importancia implementar medidas preventivas y de control en la industria minera del carbón en Colombia para	Universidad CES. (s.f.). *Neumoconiosis de los mineros del carbón en Colombia*. Recuperado el 3 de marzo de 2025, de https://repository.ces.edu.co/bitstreams/62524568-79a4-49fd-b54a-d55efc1f9039/download Universidad del Rosario. (s.f.). *Prevalencia de neumoconiosis en mineros de carbón en Cundinamarca, Colombia*. Recuperado el 3 de marzo de 2025, de https://repository.urosario.edu.co/bitstreams/bf0871ee-e44f-4671-b981-1b244870057b/download Revista Colombiana de Neumología. (s.f.). *Casos clínicos de neumoconiosis*

<table>
<tr><th>Identificando problemáticas</th><th>Objetivos</th><th>Propuesta de Diseño</th><th>Resultados</th><th>Conclusiones</th><th>Bibliografía</th></tr>
<tr>
<td></td>
<td>negro, que sirva como recurso interactivo en la campaña informativa.

Realizar en el mes de septiembre, una sesión educativa apoyada en el modelo 3D, logrando que al menos el 60% de los asistentes identifiquen causas y consecuencias de la enfermedad, verificado mediante dinámicas de retroalimentación.</td>
<td>aproximadamente 27 cm, y que la impresora imprime un tamaño máximo de 15 cm.
3. Colocar las condiciones de impresión (tamaño, soportes, posición, etc.), dando el siguiente escalado uniforme:
<table><tr><td>x</td><td>124,97 mm</td><td>160%</td></tr><tr><td>Y</td><td>135,05 mm</td><td>160%</td></tr><tr><td>Z</td><td>95.02</td><td>160%</td></tr></table>
3. Cuando ya se haya generado la impresión, pintar el modelo con temperas. Unir las partes con papel adhesivo o con pegamento.

4. Elaborar las diapositivas.
Realizar la charla informativa y retroalimentación.</td>
<td>• Bronquitis crónica: Inflamación persistente de las vías respiratorias.
• Enfisema pulmonar: Pérdida de elasticidad en los pulmones, reduciendo la capacidad de respirar.
• Cáncer de pulmón: La exposición prolongada al polvo de carbón puede aumentar el riesgo de desarrollar tumores.
Síntomas
• Etapa temprana: Tos crónica, dificultad leve para respirar, fatiga.
• Etapa avanzada: Dolor en el pecho, dificultad grave para respirar, insuficiencia respiratoria y mayor riesgo de infecciones pulmonares.

Diagnóstico y Tratamiento
• Se diagnostica mediante radiografías de tórax y pruebas de función pulmonar.
• No tiene cura, pero se puede controlar con oxigenoterapia, medicamentos antiinflamatorios y evitando más exposición al carbón.

Medidas de Prevención
• Conocimiento sobre normatividad que regula la salud ocupacional de la minería de carbón en Colombia.
• Uso de equipos de protección respiratoria en minas.
• Ventilación adecuada en espacios de trabajo.
• Revisiones médicas periódicas para detección temprana.</td>
<td>proteger la salud de los trabajadores.

Es importante fomentar el uso de medidas preventivas en la minería, promoviendo el uso de equipos de protección respiratoria, ventilación adecuada, monitoreo de la calidad del aire y buenas prácticas laborales, para reducir la exposición al polvo de carbón.

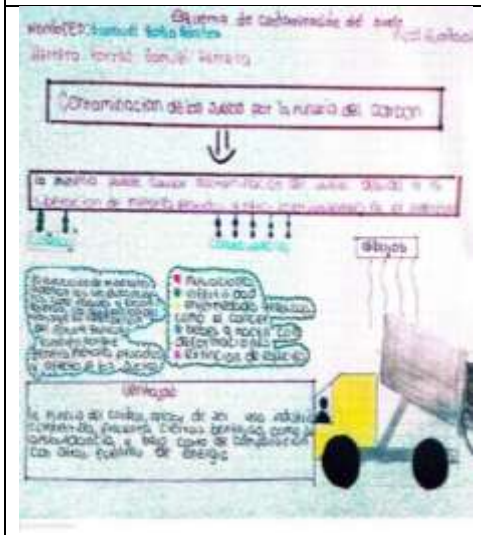
Colombia cuenta con una sólida normativa en salud ocupacional para mineros de carbón, enfocada en prevención de riesgos, condiciones laborales seguras y monitoreo ambiental. Sin embargo, su cumplimiento depende del compromiso de las empresas mineras y de la supervisión del Estado.</td>
<td>en mineros colombianos. Recuperado el 3 de marzo de 2025, de https://revistas.asoneumocito.org/index.php/rcneumologia/article/view/538</td>
</tr>
</table>

Segundo ciclo Proyecto 3. Medida de los parámetros de calidad del suelo para determinar la eficacia del abono obtenido en la paca biodigestora

En este proyecto, los estudiantes con base en lo trabajado en el desarrollo de las cuestiones socio científicas y en las consultas realizadas, retomaron la problemática que se refiere las afectaciones que genera la actividad minera del carbón en el suelo, especialmente en cuanto a la pérdida de fertilidad. En el desarrollo, se tomaron muestras de suelo cercano a una mina de carbón y del abono obtenido de la paca biodigestora, tal como se observa en la imagen 21. En el laboratorio, realizaron análisis de las muestras de suelo en el que midieron parámetros físicos, químicos y biológicos, que dan cuenta de su calidad, como, por ejemplo, el color, pH, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos y germinación de semillas. En esta última prueba se sembraron en ambos tipos de suelo, semillas de lechuga, por ser de rápida germinación y fáciles de conseguir. Durante el estudio y con base en los resultados, los estudiantes demostraron que el abono obtenido de la paca biodigestora trae beneficios significativos para la restauración de los suelos. En la tabla 17, se observa el desarrollo del proyecto realizado por los estudiantes con la orientación de los docentes.

Imagen 21. *Proyecto "Medida de los parámetros de calidad del suelo para determinar la eficacia del abono obtenido en la paca biodigestora." Fotos tomadas por Laura Zuñiga.*

Tabla 17. *Desarrollo del Proyecto realizado por los estudiantes "Medida de los parámetros de calidad del suelo para determinar la eficacia del abono obtenido en la paca biodigestora"*

<table>
<tr><th>Identificando problemáticas</th><th>Objetivos</th><th>Propuesta de Diseño</th><th>Resultados</th><th>Conclusiones</th><th>Bibliografía</th></tr>
<tr>
<td>  </td>
<td>Objetivo general

Determinar la eficacia del abono obtenido en la paca biodigestora mediante la medición de parámetros de calidad del suelo, en un periodo de una semana.

Objetivos Específicos

Analizar los parámetros físico químicos del suelo (color, pH, conductividad eléctrica, TDS, y germinación de semillas), con el fin de comparar los resultados del suelo tratado con abono de paca biodigestora</td>
<td>Materiales

2 Beaker de 50 mL
Balanza
Vidrio de reloj
Espátula
Multímetro
pH-metro
Fotómetro
6 vasos de plástico
Semillas de lechuga

Desarrollo
1. Recoger las muestras de suelo y observar el color.

2. Medir en la balanza 10 g de muestra, añadir al beaker y agregar 25 Ml de agua destilada. Dejar reposar y sumergir el pH-metro.

3. Realizar el procedimiento anterior. Coloca el multímetro en modo resistencia</td>
<td>Color de las muestras de suelo

El suelo de la mina presentó un color negro, mientras que el suelo obtenido de la paca biodigestora mostro una tonalidad café. El color negro se asocia con la presencia de compuestos de carbono, que son químicamente estables e inertes, con baja capacidad de intercambio catiónico y limitada disponibilidad de nutrientes esenciales (Brady & Weil, 2017). Así mismo, en el color negro se pueden camuflar los metales pesados, que generan acidez y toxicidad lo que restringe el crecimiento vegetal (FAO, 2020).
En contraste, el color café del suelo obtenido de la paca biodigestora, refleja la incorporación de materia orgánica, lo que mejora la estructura del suelo, incrementa la retención de agua y nutrientes, favorece la actividad microbiana (Schaetzl & Thompson, 2015).

pH de las muestras de suelo

<table><tr><th>Muestra</th><th>pH</th></tr><tr><td>Suelo de mina</td><td>7.4</td></tr><tr><td>Abono paca biodigestora</td><td>8.2</td></tr></table>
pH < 5: posible drenaje ácido de mina (DAM).
pH 5–7: rango normal para suelos agrícolas.
pH > 8: posible presencia de calizas o residuos alcalinos.

El pH del suelo es un parámetro determinante en la disponibilidad de nutrientes y en la actividad biológica, dado que regula procesos de disolución, adsorción e intercambio iónico. En términos de fertilidad, ambos suelos están en el</td>
<td>El análisis comparativo realizado, evidencia que el abono obtenido de la paca biodigestora mejora significativamente las condiciones del suelo y la fertilidad, en relación al suelo de mina. Esto se justifica en las medidas que muestran el incremento en los sólidos disueltos totales (TDS), el pH en valor óptimo para la disponibilidad de nutrientes, el color asociado al contenido de materia orgánica, y la germinación de semillas.

Las pacas biodigestoras son una solución ecológica y efectiva para restaurar suelos impactados por la minería de carbón y otros procesos contaminantes. Su implementación es sencilla y sus beneficios son</td>
<td>Brady, N. C., & Weil, R. R. (2017). The nature and properties of soils (15th ed.). Pearson.

FAO. (2015). Status of the World's Soil Resources. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FAO. (2020). Soil sampling and methods of analysis for monitoring soil carbon. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

García-Gil, J. C., Plaza, C., Soler-Rovira, P., & Polo, A. (2000). Long-term effects of municipal solid waste compost application on</td>
</tr>
</table>

<table>
<tr><th>Identificando problemáticas</th><th>Objetivos</th><th>Propuesta de Diseño</th><th>Resultados</th><th>Conclusiones</th><th>Bibliografía</th></tr>
<tr>
<td></td>
<td>frente a un suelo sin tratamiento.

Fomentar la fertilización del suelo mediante la actividad microbiana presente en las pacas biodigestoras, promoviendo un ecosistema biológicamente activo y equilibrado.</td>
<td>(Ω) y sumerge los electrodos en la muestra. Registra el valor y calcula la conductividad utilizando la formula:
$(S = \frac{\text{Conductividad}}{\text{Resistencia } (\Omega)})$
4. Realizar el paso No 2. Enjuaga el electrodo del fotómetro con agua destilada y sumerge la muestra. Registra la medida de TDS en ppm.

5. Colocar la muestra de suelo de mina en vasos plásticos. Luego agrega muestra de suelo de mina mezclado con abono de la paca biodigestora en otros tres vasos plásticos. Añade 10 semillas de lechuga a cada vaso y riega con agua. Contar cuántas</td>
<td>rango de neutro a alcalino, condición que favorece la mayoría de cultivos por la disponibilidad de nutrientes como calcio, magnesio y potasio, lo cual se debe a la descomposición de residuos orgánicos que liberan iones (USDA, 2017). Sin embargo, en suelos mineros, se debe considerar que pueden existir metales cuya toxicidad se evidencian por pH ácidos.

Conductividad Eléctrica de las muestras de suelo
<table><tr><th>Muestra</th><th>Resistencia (Ω.m)</th><th>Conductividad (µS/cm)</th></tr><tr><td>Suelo de mina</td><td>155400</td><td>6.435</td></tr><tr><td>Abono paca biodigestora</td><td>526200</td><td>1.900</td></tr></table>La conductividad eléctrica del suelo de mina lo ubica en un suelo moderadamente salino, lo que implica una limitación para cultivos sensibles como la lechuga, cuyo umbral de tolerancia a la CE se encuentra entre 2.0 y 2.5 dS/m (Shannon & Grieve, 1999). El exceso de sales solubles reduce la capacidad de absorción de agua por parte de las semillas, lo que explica la ausencia de germinación en este suelo. El suelo de la paca biodigestora, se ubica en el rango de suelo no salino o ligeramente salino, aceptable para la mayoría de cultivos (FAO, 2015), lo que favorecido por la disponibilidad de nutrientes, materia orgánica y la capacidad de intercambio catiónico, permite el establecimiento de las plántulas, aún en presencia de una leve salinidad.

TDS de las muestras de suelo</td>
<td>significativos para la recuperación del ecosistema.</td>
<td>soil enzyme activities and microbial biomass. Soil Biology and Biochemistry, 32(13), 1907–1913.

Schaetzl, R. J., & Thompson, M. L. (2015). Soils: Genesis and geomorphology (2nd ed.). Cambridge University Press.

Shannon, M. C., & Grieve, C. M. (1999). Tolerance of vegetable crops to salinity. Scientia Horticulturae, 78(1-4), 5–38.

Sheoran, V., Sheoran, A. S., & Poonia, P. (2010). Soil reclamation of abandoned mine land by revegetation: A review. International Journal of Soil,</td>
</tr>
</table>

<table>
<tr><th>Identificando problemáticas</th><th>Objetivos</th><th>Propuesta de Diseño</th><th>Resultados</th><th>Conclusiones</th><th>Bibliografía</th></tr>
<tr>
<td></td>
<td></td>
<td>germinan a los 7 días.</td>
<td>
<table>
<tr><th>Muestra</th><th>TDS (ppm)</th></tr>
<tr><td>Suelo de mina</td><td>62</td></tr>
<tr><td>Abono paca biodigestora</td><td>495</td></tr>
</table>

El valor de TDS en el suelo de mina refleja una baja presencia de sales solubles y nutrientes disponibles para las plantas, lo que refiere un suelo degradado con baja fertilidad, donde la capacidad de suministrar elementos esenciales como nitratos, fosfatos y potasio es baja (Brady & Weil, 2017). Por otro lado, el suelo abonado con la paca biodigestora, muestra una mayor disponibilidad de nutrientes derivados de la descomposición de la materia orgánica y la liberación de minerales.

Germinación de semillas
<table>
<tr><th>Muestra</th><th>Número de semillas que germinaron</th></tr>
<tr><td>Suelo de mina</td><td>0</td></tr>
<tr><td>Abono paca biodigestora</td><td>8</td></tr>
</table>

Este ensayo evalúa la calidad y fertilidad del suelo, reflejando la interacción de factores que inciden en el crecimiento de las plantas. En el suelo de mina no germinó ninguna semilla debido a la degradación por posible presencia de metales pesados, ausencia de nutrientes esenciales, alteraciones en la estructura que dificultan la retención de agua y la oxigenación (Sheoran et al., 2010). Por el contrario, el suelo de la paca biodigestora, evidencia un ambiente favorable para la germinación, debido al incremento de la materia orgánica, la capacidad de intercambio catiónico, nutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio, debido a la actividad microbiana (García-Gil et al., 2000).
</td>
<td></td>
<td>Sediment and Water, 3(2), 13.

USDA. (2017). Soil Survey Manual (Handbook No. 18). U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service.</td>
</tr>
</table>

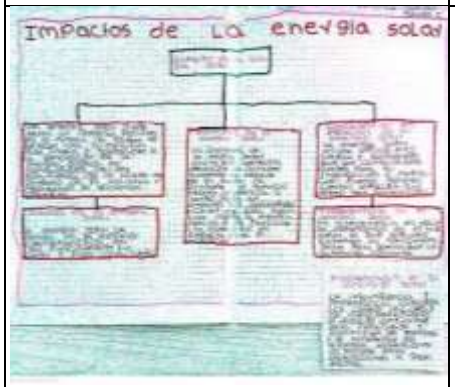
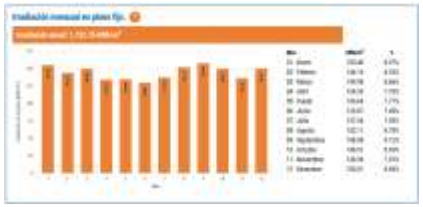
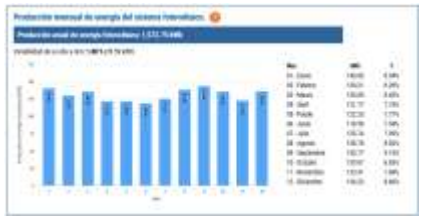
Segundo ciclo Proyecto 4. Medida de la radiación solar para evaluar la efectividad de alimentar una vivienda con energía solar

La problemática identificada por los estudiantes tiene que ver con los impactos derivados de la energía solar, puesto que en el proceso de indagación encuentran que además de los beneficios que ofrece a nivel ambiental y económico, existen riesgos asociados a la explotación de minerales como el silicio, el litio y el cadmio, que se emplean en la elaboración de los paneles solares. Así mismo, la disposición final y el reciclaje de sus componentes, en caso de daño resulta un desafío, puesto que muchos de sus materiales son tóxicos (Maani et al., 2020). Sin embargo, lo que más les llamó la atención, se refiere al uso del suelo ya que grandes proyectos requieren grandes extensiones; lo que los llevó a preguntarse en primera medida si en el municipio de Socotá es una opción viable el uso de esta fuente de energía, para lo cual, necesitaban saber si la radiación solar del lugar es suficiente para alimentar un panel solar que supla las necesidades a nivel energético de una vivienda.

Durante la búsqueda para hallar la radiación solar que recibe el casco urbano del municipio de Socotá, encontraron un método experimental que requería del uso de una película radiográfica para detectar radiaciones fuertes, sin embargo, no fue posible conseguirla, teniendo en cuenta que en la actualidad los métodos para tomar radiografías han avanzado tecnológicamente. Por lo tanto, decidieron emplear simuladores virtuales de uso gratuito como pvgis, con la orientación y el apoyo de estudiantes de la especialidad de electricidad de grado once y de los docentes (imagen 22). Los estudiantes mediante este proyecto, llegaron a la conclusión de que la radiación solar recibida en el casco urbano del municipio, es suficiente para el funcionamiento de un sistema fotovoltaico que supla la energía para una vivienda. Además de que es una alternativa sostenible que promueve la autonomía energética de los hogares. El desarrollo del proyecto realizado por los estudiantes se presenta en la Tabla 18.

Imagen 22. *Proyecto "Medida de la radiación solar para evaluar la efectividad de alimentar una vivienda con energía solar. Fotos tomadas por Laura Zuñiga.*

Tabla 18. *Desarrollo del Proyecto realizado por los estudiantes "Medida de la radiación solar para evaluar la efectividad de alimentar una vivienda con energía solar"*

Identificando problemáticas	Objetivos	Propuesta de Diseño	Resultados	Conclusiones	Bibliografía
	**Objetivo general** Evaluar la viabilidad técnica de generar energía eléctrica para una vivienda a partir de la medición de la radiación solar su relación con la capacidad de producción de energía, en un periodo de una semana. **Objetivos Específicos** Medir la radiación solar en el municipio de Socotá, empleando simuladores virtuales. Analizar la correlación entre radiación solar con la capacidad de	**Materiales** Computador Internet **Desarrollo** **1.** Ingresar a la página de internet http:// pvgis.com y crear el usuario. **2.** Ingresar el usuario y mediante la ubicación, el simulador identifica la geolocalización del lugar, identificando su latitud y longitud. **3.** Realizar la simulación para determinar la irradiación mensual en plano fijo y la producción mensual de energía del sistema fotovoltaico. **4.** Comparar los datos anteriores con el consumo mensual de energía consumido por una vivienda. Para ello, consultar el recibo de la energía de una vivienda.	**Irradiación mensual en un plano fijo**  Los resultados muestran que, de acuerdo con la localización satelital, en Socotá, específicamente en el casco urbano, se obtiene una radiación solar mensual en promedio de 133.2 kWh/m^2. **Producción mensual de energía de un sistema fotovoltaico**  Así mismo, de acuerdo con los datos arrojados por el simulador, la producción mensual de energía de un sistema fotovoltaico, en promedio sería de 131.06 kWh. Sin embargo, esto puede variar dependiendo de factores	El análisis de la radiación solar en el casco urbano de Socotá, que alcanza un promedio mensual de 133.2 kWh/m², demuestra que existe un potencial suficiente para considerar la instalación de sistemas fotovoltaicos destinados al abastecimiento energético de viviendas. De acuerdo con la simulación realizada, un sistema fotovoltaico en estas condiciones tendría una producción aproximada de 131.06 kWh al mes, lo cual resulta suficiente para cubrir el consumo eléctrico promedio de una vivienda de tres pisos habitada por ocho personas, cuyo gasto mensual en los últimos seis meses fue de 104 kWh. La factibilidad técnica identificada se encuentra sujeta a ciertas variables que pueden influir en el desempeño del sistema, como la eficiencia de los paneles, la orientación, el ángulo de instalación y las	Johansson, T. B., & Burnham, L. (1993). *Renewable energy: Sources for fuels and electricity*. Island Press. Lewis, N. S. (2007). Toward cost-effective solar energy use. *Science, 315*(5813), 798-801. https://doi.org/10.1126/science.1137014 Agencia Internacional de Energía. (2023). Energía solar fotovoltaica y térmica. *International Energy Agency*. https://www.iea.org/topics/renewables/solar-energy

Identificando problemáticas	Objetivos	Propuesta de Diseño	Resultados	Conclusiones	Bibliografía
	producción de energía. Comprar la capacidad de producción de energía con el consumo energético mensual de una vivienda en kWh, estableciendo si el sistema puede suplir al menos el 20% de la demanda de energía.		como la eficiencia y orientación de los paneles. Comparando con un recibo de la energía, de una vivienda de tres pisos en la que habitan 8 personas y cuyo consumo es en promedio de los últimos seis meses, de 104 kWh; el sistema fotovoltaico instalado en el municipio de Socotá podría suplir la producción mensual de energía.	variaciones climáticas. Estos aspectos deben ser considerados en el diseño y la implementación para garantizar un aprovechamiento adecuado de la energía solar. Además de suplir la demanda energética de manera efectiva, la utilización de sistemas fotovoltaicos en la zona constituye una alternativa sostenible que promueve la autonomía de los hogares y disminuye la dependencia de fuentes de energía convencionales, contribuyendo así a la reducción de impactos ambientales asociados a los combustibles fósiles.	

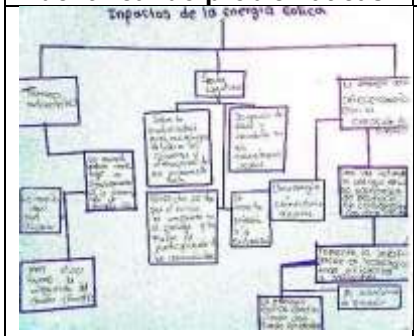
Segundo ciclo Proyecto 5. Medida de la velocidad del viento para evaluar la efectividad de alimentar una vivienda con energía eólica

Las problemáticas identificadas por los estudiantes en lo que refiere a la energía eólica y el uso del suelo, los llevan a identificar los impactos asociados a esta fuente de energía. Así mismo, en el proceso de indagación, buscan cómo medir la velocidad del viento en Socotá y determinar si esta fuente de energía sería suficiente para abastecer energéticamente una vivienda, evaluando también en caso de que sea una fuente viable de energía, qué lugares del municipio serían propicios para su implementación. Los estudiantes identificaron que esto podrían determinarlo empleando una cometa, midiendo la distancia y tiempo de elevación (imagen 23), para posteriormente mediante cálculos matemáticos, hallar la velocidad del tiempo.

En efecto así lo hicieron, sin embargo, al momento de establecer relaciones entre la velocidad del viento y la producción de energía, se encontraron con otras medidas tales como el área de barrido de la turbina y la densidad del aire que depende de factores como la humedad, altitud y temperatura; contenidos avanzados para los estudiantes, que en consideración de los docentes que orientaron el proceso, se irían fortaleciendo en el abordaje de temáticas como gases en la clase de química. De manera, que lo anterior se constituye en una oportunidad para continuar con la indagación y seguir planteando nuevos proyectos de aula. No obstante, pudieron concluir que la velocidad del viento en el municipio de Socotá es suficiente para el arranque de un aerogenerador, pero no para alcanzar un nivel óptimo de generación de energía. El desarrollo del proyecto realizado por los estudiantes se presenta en la Tabla 19.

Imagen 23. *Proyecto "Medida de la velocidad del viento para evaluar la efectividad de alimentar una vivienda con energía eólica" Fotos tomadas por Laura Zuñiga.*

***Tabla 19**. Desarrollo del Proyecto realizado por los estudiantes "Medida de la velocidad del viento para evaluar la efectividad de alimentar una vivienda con energía eólica"*

<table>
<tr><th>Identificando problemáticas</th><th>Objetivos</th><th>Propuesta de Diseño</th><th>Resultados</th><th>Conclusiones</th><th>Bibliografía</th></tr>
<tr>
<td>  </td>
<td>Objetivo general

Evaluar la viabilidad técnica de generar energía eléctrica para una vivienda a partir de la medición de la velocidad del viento y su relación con la capacidad de producción de energía, en un periodo de una semana.

Objetivos Específicos

Medir la velocidad del viento en el área seleccionada, utilizando una cometa y registrando los datos.

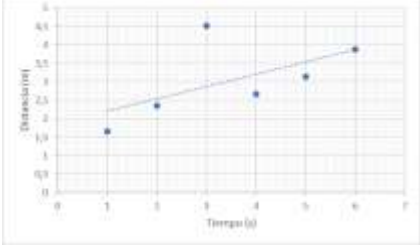
Analizar la correlación entre</td>
<td>Materiales

Cometa
Metro
Cronometro
Computador
Programa Excel

Desarrollo
1. Se ubica el lugar en donde se va a realizar la medida, que sea un espacio abierto.
2. Elevar la cometa y medir el tiempo que tarda en elevarse y la distancia. Registrar los datos.
3. Se realizan los cálculos matemáticos correspondientes para determinar la velocidad del viento, teniendo en cuenta la siguiente formula:

$$v\left(\frac{m}{s}\right) = \frac{d(m)}{t(s)}$$

4. Establecer las relaciones en cuanto a velocidad del viento y capacidad de producción de energía.</td>
<td>Medidas de tiempo, distancia y velocidad

<table><tr><th>Tiempo (s)</th><th>Distancia (m)</th><th>Velocidad en (m/s)</th></tr><tr><td>18.37</td><td>1,652</td><td>0,089</td></tr><tr><td>13,54</td><td>2,356</td><td>0,174</td></tr><tr><td>15,31</td><td>4,524</td><td>0,295</td></tr><tr><td>1,43</td><td>2,678</td><td>1,872</td></tr><tr><td>1,26</td><td>3,137</td><td>2,489</td></tr><tr><td>1, 18</td><td>3,890</td><td>3,296</td></tr></table> 
De acuerdo con Pérez (2024), el intervalo de velocidad del viento considerado óptimo para el funcionamiento de los aerogeneradores se sitúa entre 12 y 25 metros por segundo (m/s). Dentro de este rango, las palas mantienen un giro constante que permite alcanzar el nivel máximo de generación energética. Cuando la velocidad del viento se encuentra por debajo de dicho rango, el aerogenerador continúa produciendo electricidad, aunque con menor eficiencia, ya que el movimiento de las palas no resulta lo suficientemente</td>
<td>La medición realizada en el municipio de Socotá evidenció que la velocidad del viento cumple con el umbral mínimo requerido para el arranque de un aerogenerador (3–5 m/s). No obstante, al encontrarse por debajo del rango óptimo de operación (12–25 m/s), la eficiencia de generación energética sería limitada, lo que restringe su aprovechamiento a gran escala.

En cuanto al análisis de la relación entre la velocidad del viento y la capacidad de producción de energía, no fue posible establecer correlaciones precisas debido a la falta de información sobre la densidad del aire y el área de barrido. Estos parámetros son fundamentales para calcular la potencia generada y, por tanto, constituyen una limitación metodológica del estudio.

Respecto a la comparación entre la producción potencial de</td>
<td>Pérez, M. (2024, 15 de marzo). ¿A qué velocidad del viento generan energía los aerogeneradores? Energía Verde Hoy. https://www.energiaverdehoy.com/a-que-velocidad-generan-los-aerogeneradores

Esteban, M., Portugal-Pereira, J., & Gutiérrez, J. M. (2022). Renewable energies and local development: The case of wind power. Energy Policy, 162, 112779. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.112779

Gómez-Lázaro, E., Molina-García, A., & Vigueras-Rodríguez, A. (2021). Wind energy integration in power systems: Technical</td>
</tr>
</table>

Identificando problemáticas	Objetivos	Propuesta de Diseño	Resultados	Conclusiones	Bibliografía
	velocidad del tiempo con la capacidad de producción de energía. Comparar la capacidad de producción de energía con el consumo energético mensual de una vivienda en kWh, estableciendo si el sistema puede suplir al menos el 20% de la demanda de energía.		rápido para generar toda su potencia. En contraste, si la velocidad supera este intervalo, existe el riesgo de daños estructurales en las palas, por lo que el sistema se detiene de manera automática como medida de protección. No obstante, la velocidad mínima del viento requerida para el arranque de los aerogeneradores es de aproximadamente 3 a 5 m/s. Sin embargo, también se consultó la previsión del tiempo en Socotá y se encontró la velocidad del viento a diferentes horas en Socotá: La grafica muestra que hacia el mediodía se da la mayor velocidad del viento, en promedio de 10.64 m/s, velocidad que aún está por debajo del valor óptimo (12 a 25 m/s). De acuerdo con los resultados obtenidos, el municipio de Socotá cuenta con la velocidad de viento requerida para el arranque de un aerogenerador. Sin embargo, el valor está por debajo del rango óptimo, por lo que no produciría con gran eficiencia la energía.	energía y el consumo energético mensual de una vivienda, no se logró determinar si el sistema de cometa eólica podría suplir al menos el 20 % de la demanda. Esto se debe a la ausencia de datos técnicos complementarios que permitan estimar con exactitud la capacidad de generación frente a los requerimientos de consumo. En términos generales, los resultados sugieren que, aunque la zona posee condiciones de viento que permiten el arranque de un aerogenerador, se requieren estudios más detallados, incluyendo la medición de la densidad del aire, el área de barrido y un monitoreo prolongado de las velocidades de viento, con el fin de evaluar la factibilidad real de alimentar una vivienda con energía eólica a partir de un sistema de cometa.	*challenges and solutions*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 135, 110236. https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110236 International Renewable Energy Agency. (2023). *Renewable capacity statistics 2023*. IRENA. https://www.irena.org/Statistics May, R., Reitan, O., Bevanger, K., Lorentsen, S., & Nygård, T. (2020). Mitigating wind-turbine induced avian mortality: Sensory, aerodynamic and cognitive constraints and options. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 42,* 170–181. https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109324 Saidur, R., Rahim, N. A., Islam, M. R., & Solangi, K. H.

Identificando problemáticas	Objetivos	Propuesta de Diseño	Resultados	Conclusiones	Bibliografía
			Posteriormente se indagó acerca de la relación entre la velocidad del viento y la energía eólica, encontrando que para estimar la potencia y energía real. Para hallar la potencia disponible en el viento se utiliza la siguiente fórmula: $P = 1/2 \cdot \rho \cdot A \cdot V^3$ **P** es la potencia disponible en vatios (W) o kilovatios (kW) por m^2 **ρ** representa la densidad del aire en kg/m^3, varia con la altitud, temperatura y humedad. **A** es el área de barrido de la turbina en metros cuadrados (m^2). Es el área del círculo generado por las aspas de la turbina **V** es la velocidad del viento en metros por segundo (m/s). Teniendo la Potencia, se puede estimar la energía potencial mediante la formula: $E = P \cdot t$ **E** es la energía disponible, expresada en Joules (J) o kilovatios-hora (kWh) luego de convertir las unidades. **t** representa el tiempo en segundos (s) o en horas (h) en el que se mantiene la velocidad del viento. En tanto que no se conoce la densidad del aire ni el área de barrido, no se pudo estimar la potencia, no se pudo relacionar con la capacidad de producción y el consumo energético de una vivienda.		(2021). Environmental impact of wind energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15*(5), 2423–2430. https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.01.005

Etapa Inicial Segundo Ciclo

Identificando problemáticas mediante el uso de esquemas

La identificación de problemáticas fue abordada por los estudiantes identificando la que más le llamó la atención, durante las sesiones trabajadas entorno a las cuestiones socio científicas. Se les instó a profundizar en dichas problemáticas consultando fuentes de información confiables, las cuáles fueron identificadas empleando la inteligencia artificial y remitiéndose a cada uno de los documentos o sitios web originales. Además de la lectura, el docente orientó la elaboración de organizadores gráficos con el fin de que pudieran sintetizar la información e identificar los puntos clave de la problemática.

Esta estrategia posibilitó una mayor comprensión por parte de los estudiantes, puesto que como lo afirma Estacio et al. (2023) ayudan a reducir la carga cognitiva, permitiendo la organización, jerarquización, estructuración y síntesis de la información; de manera que se elimina el contenido irrelevante y se facilita la presentación clara del problema, fomentando el análisis crítico e identificación de soluciones de manera eficaz. Así mismo, Yang y Lin (2024) en su estudio, evidenciaron que los organizadores gráficos favorecieron el desarrollo del pensamiento computacional, la lógica, abstracción, una mayor motivación y compromiso en la tarea; lo cual también se pudo observar en este caso, puesto que al comprender de mejor manera las afectaciones de su propio contexto, se percibió un mayor estímulo para el trabajo que estaban desarrollando de manera colaborativa.

De igual manera, el uso de ordenadores gráficos les permite a los estudiantes recordar más fácilmente la información en la representación del conocimiento; en cuanto a los docentes posibilita transformaciones en sus prácticas pedagógicas y en la manera como se aborda el conocimiento empleando herramientas que promuevan la reflexión y el análisis (Cala, 2019). No obstante, aún se les dificulta la identificación de las ideas principales, la síntesis y el establecimiento de relaciones causales entre enunciados; puesto que los estudiantes tienen la sensación de que toda la información que leen es relevante, lo que les impide identificar conceptos clave. Por lo que, de acuerdo con Urton et al. (2024), se recomienda continuar trabajando estrategias de revisión de lectura, en la que se identifiquen ideas principales, reconocimiento de estructura, resumen, jerarquización y relaciones conceptuales, para fortalecer dichas habilidades.

Análisis de información necesaria para definir alternativas de solución mediante el uso de preguntas metacognitivas

En el proceso de identificar qué solución sería la más adecuada para abordar la problemática seleccionada por cada equipo de estudiantes, es necesario el análisis de información que en muchos de los casos resulta compleja y de difícil entendimiento. Por lo tanto, para facilitar esta tarea, y orientar la toma de decisiones en este sentido, se proponen preguntas metacognitivas que les permitan a los estudiantes en un trabajo colaborativo, comparar alternativas y estructurar el proyecto de aula estableciendo relaciones entre la problemática, los recursos necesarios, su viabilidad y los procesos secuenciales a seguir para llevarlo a cabo.

Los procesos metacognitivos, de acuerdo con Guo (2022), se concretan en la planificación, definición de objetivos, selección de recursos, seguimiento al progreso, adecuación de estrategias, evaluación de resultados y retroalimentación. De manera que, una pregunta metacognitiva bien formulada, no solamente propicia estas acciones, sino que justifican las decisiones que se toman en la elección de alternativas de solución y en el diseño coherente de actividades. Así mismo, este meta-análisis favorece la adopción de conductas autorreguladas en el aprendizaje, operando como andamiajes que activan y sostienen la capacidad de los estudiantes para gestionar de manera autónoma sus aprendizajes en diferentes contextos y desarrollar habilidades de pensamiento superior como el pensamiento crítico, pensamiento analítico, síntesis del conocimiento, resolución de problemas y metacognición (Janssen & Lazonder, 2024).

En ese sentido, la pregunta ¿cuál será el objeto de nuestro análisis?, llevó a los estudiantes además de sintetizar la información en el organizador gráfico elaborado, a definir de manera clara la problemática que se iba a abordar en el desarrollo del proyecto y lo que querían lograr. Así mismo, la pregunta ¿con qué materiales y recursos contamos?, los llevó inicialmente a reconocer los espacios y materiales con los que cuenta la institución educativa: el laboratorio de física, laboratorio STEM, el taller de electricidad, la finca del colegio; así como las limitaciones de su uso en cuanto al conocimiento sobre el manejo, lo que hizo necesario el acompañamiento, apoyo y orientación permanente de los docentes.

En cuanto a la pregunta ¿Qué estrategia o procedimiento implementaremos?, instó a los estudiantes a indagar y justificar las alternativas identificadas, ya sea en base a la disponibilidad de recursos, de tiempo, de espacios, etc. En este proceso, la orientación del docente resultó fundamental, puesto que, a través del seguimiento al trabajo colaborativo de los estudiantes, se realizaron sugerencias en las rutas de análisis, que llevaron a los estudiantes a explicitar un procedimiento concreto y secuencial. Así mismo, la pregunta ¿De qué manera podemos minimizar posibles errores?, llevó a los estudiantes a indagar sobre la calibración de instrumentos de laboratorio y de la impresora 3D en los

proyectos 1, 2 y 3, con el fin de tener una mayor precisión en las medidas de los parámetros del agua y del suelo, así como para garantizar una impresión de alta calidad. En el proyecto 4, los estudiantes se aseguraron de que la cometa estuviera en óptimas condiciones y de elevarla en un espacio abierto alejado de cables y postes eléctricos. En el proyecto 5, los estudiantes eligieron un simulador que fuera de fácil acceso, gratuito, que representara las condiciones de geolocalización y radiación solar del municipio de Socotá lo más preciso posible.

Respecto a la pregunta ¿Qué método utilizaremos para examinar e interpretar los resultados?, llevó a los integrantes de los proyectos 1 y 3 a indagar acerca del significado de los parámetros de calidad del agua y del suelo, así como su interpretación en cuanto a valores altos o bajos, con el fin de establecer los criterios con los cuales evaluar los resultados obtenidos en cada medida. Así mismo, llevó al equipo 2 a buscar maneras de recibir retroalimentación en su campaña informativa, al equipo 4 a indagar acerca de la relación entre tiempo y distancia para determinar la velocidad del viento y al equipo 5 a establecer relaciones entre radiación solar, producción de energía y el consumo de una vivienda; con el fin de realizar un análisis argumentado sobre las evidencias y datos obtenidos en el desarrollo de cada proyecto, lo que les permite reducir sesgos y aumentar la validez de las conclusiones (Janssen y Lazonder, 2024).

Finalmente, se puede afirmar que el abordaje de las preguntas metacognitivas en el establecimiento de alternativas de solución a la problemática identificada, promovió la reflexión consciente en los estudiantes acerca de las dificultades que podrían tener, los recursos pertinentes, las estrategias y acciones secuenciales a implementar. Así mismo, como lo menciona Fahrni (2025), este tipo de procesos metacognitivos favoreció la comprensión de conocimientos y se espera que también estimule su transferencia a situaciones nuevas mediante el análisis crítico.

Etapa de Desarrollo Segundo Ciclo

Propuesta de diseño: identificando objetivos utilizando la metodología SMART

El planteamiento de objetivos mediante la metodología SMART (acrónimo de Specific, Measurable, Achievable, Relevant y Time-bound), fue enriquecedor tanto para los estudiantes, como para los docentes, en la medida en la que les permitió visualizar de forma concreta el propósito del proyecto, identificar con mayor claridad los pasos a seguir en su implementación para alcanzar los resultados esperados, lo que, de acuerdo con Doran (2022), mejora la motivación y la persistencia en el desarrollo de tareas complejas. En la tabla 20, se presentan las características de

cada uno de los objetivos generales planteados en cada proyecto, que posibilitaron una coherencia entre la planificación y la implementación.

Tabla 20. *Planteamiento de objetivos utilizando la metodología SMART*

CRITERIO	PROYECTO 1	PROYECTO 2	PROYECTO 3	PROYECTO 4	PROYECTO 5
Específico	Determinar la eficacia de un sistema purificador solar a través de indicadores claros de calidad del agua.	Campaña informativa con un modelo 3D sobre la enfermedad del pulmón negro.	Se centra en medir parámetros de calidad del suelo para evaluar el abono obtenido de la paca biodigestora.	Evaluar la viabilidad de generar energía solar para una vivienda, a partir de la medida de la radiación solar de Socotá y su relación con la capacidad de energía.	Evaluar la viabilidad de generar energía eólica para una vivienda, a partir de la medida de la velocidad del viento en Socotá y su relación con la capacidad de energía.
Medible	Se definen parámetros cuantificables (temperatura, pH, conductividad, sólidos totales).	Al menos el 60% de los asistentes identifiquen causas y consecuencias de la enfermedad.	Se definen parámetros cuantificables (Color, pH, conductividad, sólidos totales, germinación de semillas).	Se determina la radiación solar y capacidad de producción de energía, en relación con el consumo de energía en una vivienda.	Se determina la velocidad del viento y capacidad de producción de energía, en relación con el consumo de energía en una vivienda.
Alcanzable	Viable con los recursos con los que cuenta el laboratorio.	Viable con el modelo 3D y recursos pedagógicos.	Viable con los recursos con los que cuenta el laboratorio.	Viable con los recursos tecnológicos disponibles.	Viable la medida de la velocidad del viento. Sin embargo, no fue viable para determinar su relación con la producción y demanda de energía.
Relevante	Contribuye a evaluar soluciones sostenibles para el acceso a agua potable en comunidades.	Aporta a la prevención de una enfermedad ocupacional grave en un contexto en donde la actividad económica principal es la minería del carbón.	Busca reducir los impactos de la minería del carbón en el suelo, mejorando su fertilidad.	Es una alternativa de producción limpia y renovable de energía, que permite reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y cambio climático.	Es una alternativa de producción limpia y renovable de energía, que permite reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y cambio climático.
Tiempo	1 semana	Una sesión educativa en el mes de septiembre.	1 semana	1 semana	1 semana

Fuente: Elaboración propia.

La característica de ser alcanzable y relevante, de acuerdo con Locke y Latham (2019), favoreció la percepción de autoeficacia, promoviendo la comprensión acerca de la importancia que tiene el desarrollo e implementación del proyecto y la disposición a enfrentar estos desafíos académicos. Así mismo, el establecimiento de un plazo tiempo definido, contribuyó a un mayor compromiso por parte de cada uno de los integrantes del equipo y al desarrollo de habilidades de gestión del tiempo, lo que repercutió en el fomento de un aprendizaje un poco más autónomo, con el fin de aportar en mayor medida al trabajo colaborativo y de esta manera lograr los propósitos establecidos para el proyecto.

Implementación, obtención de resultados, análisis y conclusiones con el apoyo de acudientes

El acompañamiento de los acudientes en el proceso educativo de los estudiantes es de gran importancia para el éxito de las estrategias de enseñanza aprendizaje y sobre todo en propuestas de innovación como la que se abordó en los prototipos trabajados basados en cuestiones socio científicas y proyectos de aula. De acuerdo con Li y Xue (2023), la colaboración entre familia y escuela, se asocia con el mejoramiento en el desempeño académico y convivencial de los estudiantes, la motivación escolar, la participación activa en el aprendizaje y en el desarrollo de competencias en la realización de tareas complejas como los proyectos de aula; ya que extiende los espacios de aprendizaje fuera del aula, favorece el acceso a recursos materiales y del entorno, contribuye a la adopción de rutinas de estudio, promueve la articulación de los contenidos y las problemáticas reales del contexto. Esto explica, por qué la comunidad de práctica (CoP) lo consideró como un aspecto fundamental a tener en cuenta en esta etapa.

A nivel socioemocional, el acompañamiento parental tiene una gran relevancia, puesto que reduce el estrés y la ansiedad que generan las actividades evaluativas, favoreciendo la resiliencia, autonomía y la autorregulación cuando los proyectos implican desafíos o fracasos (Crawford et al., 2024). No obstante, se presentaron barreras que dificultaron la participación de los acudientes en el proceso de implementación de cada uno de los proyectos, principalmente el tiempo limitado por sus jornadas laborales impidió que hicieran presencia en la institución. En efecto, la falta de tiempo es una de las principales limitaciones que impide a las familias participar activamente en las actividades escolares y de proyectos (Garbe et al., 2020). Además, la falta de información clara fue otra dificultad, puesto que la invitación se hizo a través de los estudiantes, quienes en muchos de los casos no comunicaron a sus familiares. La participación principalmente se evidenció en cuanto a que proporcionaron a sus acudidos los materiales y el permiso para que pudieran trabajar de manera colaborativa en la institución, así como una baja asistencia a la comunicación de los proyectos y su retroalimentación.

Por lo anterior, Guo y Zhao (2025) afirman que, para reducir dichas barreras y se fomente una participación autentica, las escuelas deben diseñar estrategias que promuevan la comunicación bidireccional clara, horarios flexibles para encuentros, formación breve para las familias sobre cómo apoyar proyectos, apoyo tecnológico y reconocimiento de saberes locales. Sin embargo, resulta bastante difícil establecer un horario flexible en el que confluyan estudiantes, docentes y acudientes, puesto que tanto el horario de permanencia en la institución de los docentes como las jornadas laborales de los acudientes se cruzan. Para futuras iteraciones en nuevos contextos, se sugiere establecer canales de comunicación directos con los acudientes, ofrecer guías concretas con roles que orienten el cómo acompañar y apoyar sin hacerles la tarea a los estudiantes, integrarlos en cada una de las etapas inicial, de desarrollo y de evaluación; diseñar estrategias de apoyo y comunicación más inclusivas, que reconozcan las limitaciones de tiempo, conocimiento, recursos tecnológicos y factores socioemocionales, que fortalezcan la colaboración entre escuela y familia.

Etapa de Evaluación Segundo Ciclo

Presentación de los proyectos, autoevaluación, coevaluación, heteroevaluación y retroalimentación

En la etapa de evaluación, los estudiantes eligieron la mejor manera de presentar su trabajo a padres de familia, docentes y compañeros; de manera que expresaran sus ideas con sus propias palabras evitando la repetición memorística y mecánica de los contenidos, un grupo decidió elaborar un video y los demás decidieron hacer presentaciones mediante el programa Power Point (Imagen 24). El encuentro realizado, que en esta ocasión reunió a padres y madres de familia, a la docente de inglés y biología, a la docente investigadora y a los estudiantes de grado sexto; permitió no sólo la socialización de las experiencias y de lo aprendido, sino que fue un espacio en el que se llevó a cabo la autoevaluación, coevaluación y heteroevaluación del proceso de enseñanza aprendizaje, como aspectos fundamentales que promueven la retroalimentación y reflexión.

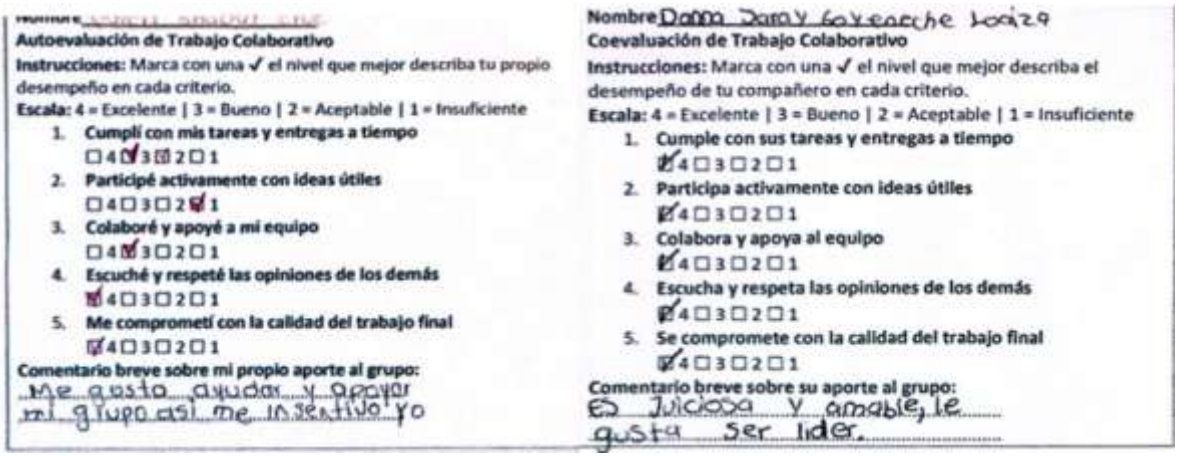
La autoevaluación y la coevaluación son aspectos fundamentales que se evalúan en la dimensión del ser, de acuerdo con el sistema de evaluación de la institución educativa; además, resultan de gran importancia en el abordaje de cuestiones socio científicas y de proyectos de aula en la medida en la que, contribuyen a una evaluación formativa en la que se favorece la reflexión metacognitiva, la autorregulación del aprendizaje, la responsabilidad compartida y la mejora continua del trabajo colaborativo (Viehmann et al., 2024). El hecho de que los estudiantes evalúen sus propios productos y procesos con base en criterios claros, les permite identificar sus fortalezas y debilidades, planificar ajustes, justificar

las decisiones tomadas, argumentar, evaluar riesgos, tener en cuenta consideraciones éticas (Yan et al., 2023).

Así mismo, la evaluación entre pares aporta perspectivas externas que promueven el desarrollo de habilidades socio científicas, comunicativas, pensamiento crítico, la ciudadanía científica y la responsabilidad social; de manera que ésta no se constituye como la conclusión del proceso de aprendizaje, sino que pasa a ser el punto de partida para realizar nuevas profundizaciones conceptuales mediante prácticas dialogantes e innovadoras que mejoran la motivación (Lertsakulbunlue y Kantiwong, 2025). Sin embargo, resulta importante que el docente diseñe las rúbricas con criterios claros, dedique el tiempo suficiente a la retroalimentación, valore de manera formativa y no sumativa con el fin de generar procesos de mejora no sólo en la obtención de productos finales y de saberes, sino también en su formación como ciudadanos críticos, capaces de identificar y dar solución a problemáticas de su contexto relacionados con la ciencia, tecnología y sociedad (Viehmann et al., 2024).

Imagen 24. *Presentación de proyectos estudiantiles ante la comunidad educativa. Fotos tomadas por Laura Zuñiga.*

La autoevaluación y la coevaluación se realizaron posterior a las presentaciones de los proyectos, mediante una pequeña escala Likert en la que se le pedía al estudiante marcar el nivel que mejor describiera su propio desempeño y el de su compañero en cada criterio (Imagen 25). La docente explicó cada formato, para que los estudiantes tuvieran claridad acerca de su correcto diligenciamiento y sobre lo que quería decir cada criterio; posterior a la autoevaluación, se reunieron en los grupos de trabajo, y el equipo evalúo a cada integrante.



Autoevaluación de Trabajo Colaborativo

Instrucciones: Marca con una ✓ el nivel que mejor describa tu propio desempeño en cada criterio.

Escala: 4 = Excelente | 3 = Bueno | 2 = Aceptable | 1 = Insuficiente

1. Cumplí con mis tareas y entregas a tiempo — ☐4 ☑3 ☐2 ☐1
2. Participé activamente con ideas útiles — ☐4 ☐3 ☐2 ☑1
3. Colaboré y apoyé a mi equipo — ☐4 ☑3 ☐2 ☐1
4. Escuché y respeté las opiniones de los demás — ☑4 ☐3 ☐2 ☐1
5. Me comprometí con la calidad del trabajo final — ☑4 ☐3 ☐2 ☐1

Comentario breve sobre mi propio aporte al grupo:
Me gusta ayudar y apoyar mi grupo así me intentivo yo

Nombre Dana Daniy Goyeneche Loaiza

Coevaluación de Trabajo Colaborativo

Instrucciones: Marca con una ✓ el nivel que mejor describa el desempeño de tu compañero en cada criterio.

Escala: 4 = Excelente | 3 = Bueno | 2 = Aceptable | 1 = Insuficiente

1. Cumple con sus tareas y entregas a tiempo — ☑4 ☐3 ☐2 ☐1
2. Participa activamente con ideas útiles — ☑4 ☐3 ☐2 ☐1
3. Colabora y apoya al equipo — ☑4 ☐3 ☐2 ☐1
4. Escucha y respeta las opiniones de los demás — ☑4 ☐3 ☐2 ☐1
5. Se compromete con la calidad del trabajo final — ☑4 ☐3 ☐2 ☐1

Comentario breve sobre su aporte al grupo:
Es juiciosa y amable, le gusta ser lider.

Imagen 25. *Autoevaluación y coevaluación del trabajo desarrollado en la segunda iteración del prototipo. Fotos tomadas por Laura Zuñiga.*

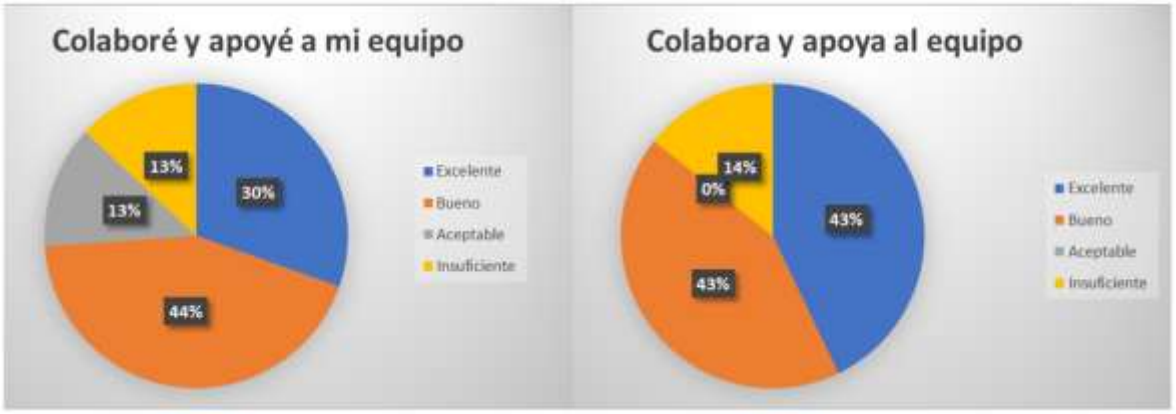
El primer criterio se refiere al cumplimiento en la entrega de tareas a tiempo, se contrasta la autoevaluación respecto de la coevaluación en este aspecto. En la autoevaluación se evidencia un desempeño de excelente en el 9% de los estudiantes, bueno en el 69%, aceptable en el 13% e insuficiente en el 9%. En la coevaluación se evidencia un desempeño de excelente en el 50% de los estudiantes, bueno en el 29%, aceptable en el 7% e insuficiente en el 14%. Los resultados muestran una diferencia entre la percepción que tienen los estudiantes de sí mismos y la valoración otorgada por sus pares, puesto que como se observa en la gráfica 21, en la autoevaluación sugiere una tendencia a la autocrítica moderada, en la que no se otorgan con facilidad la calificación más alta. Lo contrario sucede en la coevaluación en la que los compañeros perciben un mayor nivel de compromiso y responsabilidad, por lo cual son más generosos en la calificación, pero también más críticos en los casos de bajo desempeño, identificando incumplimientos que quizá no fueron reconocidos en la autoevaluación.

***Gráfica 21**. Primer criterio de la autoevaluación y coevaluación respectivamente*

El segundo criterio se refiere a la participación activa con ideas útiles durante el abordaje de las cuestiones socio científicas y la implementación de los proyectos de aula. En la autoevaluación se evidencia un desempeño de excelente en el 39% de los estudiantes, bueno en el 18%, aceptable en el 17% e insuficiente en el 26%. En la coevaluación se evidencia un desempeño de excelente en el 50% de los estudiantes, bueno en el 29%, aceptable en el 7% e insuficiente en el 14%. En la gráfica 22 se observa que una proporción significativa de estudiantes percibe limitaciones en su participación y contribución al trabajo colectivo; mientras que los pares tienden a reconocer y valorar más las aportaciones de los demás.

***Gráfica 22**. Segundo criterio de la autoevaluación y coevaluación respectivamente*

El tercer criterio se refiere a la colaboración y apoyo al equipo. En la autoevaluación se evidencia un desempeño de excelente en el 30% de los estudiantes, bueno en el 44%, aceptable en el 13% e insuficiente en el 13%. En la coevaluación se evidencia un desempeño de excelente en el 43% de los estudiantes, bueno en el 43% e insuficiente en el 14%. En la gráfica 23 se observa que en la coevaluación se sugiere una percepción mayoritaria del alto nivel de colaboración, visibilizando la contribución al grupo, pero detectando también casos de menor implicación en el trabajo colaborativo.



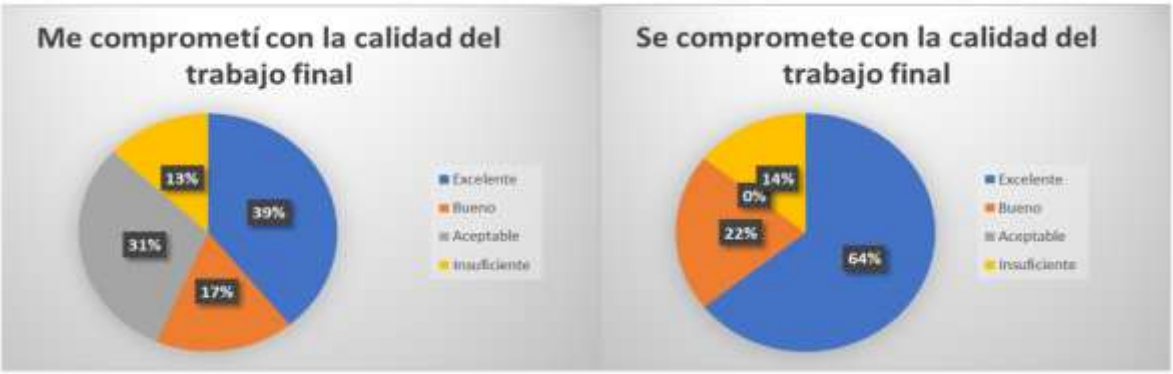
***Gráfica 23**. Tercer criterio de la autoevaluación y coevaluación respectivamente*

El cuarto criterio se refiere a la escucha y respeto frente a las opiniones de los demás. En la autoevaluación se evidencia un desempeño de excelente en el 61% de los estudiantes, bueno en el 13%, aceptable en el 22% e insuficiente en el 4%. En la coevaluación se evidencia un desempeño de excelente en el 64% de los estudiantes, bueno en el 22% e insuficiente en el 14%. En la gráfica 24 se observa que, tanto en la autoevaluación como en la coevaluación, la mayoría de estudiantes se perciben a sí mismos y a sus pares como respetuosos y receptivos en las interacciones grupales, aspecto fundamental en el trabajo colaborativo.

***Gráfica 24**. Tercer criterio de la autoevaluación y coevaluación respectivamente*

El quinto criterio se refiere al compromiso con la calidad del trabajo final, que en este caso se refiere al compromiso en cada una de las etapas de diseño e implementación del proyecto de aula. En la autoevaluación se evidencia un desempeño de excelente en el 39% de los estudiantes, bueno en el 17%, aceptable en el 31% e insuficiente en el 13%. En la coevaluación se evidencia un desempeño de excelente en el 64% de los estudiantes, bueno en el 22% e insuficiente en el 14%. En la gráfica 25 se observa que, una parte significativa de estudiantes reconoce un alto compromiso, sin embargo, una proporción considerable de estudiantes percibe limitaciones en su nivel de responsabilidad y calidad en la

ejecución del proyecto, debido a la rigurosidad exigida en el proceso que implica múltiples etapas (inicio, desarrollo, evaluación).



Gráfica 25. *Quinto criterio de la autoevaluación y coevaluación respectivamente*

El proceso de autoevaluación y coevaluación concluyó con comentarios breves sobre el propio aporte al grupo "*Participe un poco regular, pero fui un poco juicioso; no entregue trabajo final; fue muy difícil hacer el trabajo final y quedo muy bonito; me gusta ayudar y apoyar a mi grupo, así me incentivo yo; ayude con ideas al grupo; ayude bastante con mi personaje y respete; ayudando y dirigiendo; ayude pero mis compañeros no se comprometieron; muy honesta con el grupo"* y el aporte de los pares al grupo "*Es muy juicioso y porque le gusta colaborar; es juiciosa, amable, le gusta ser líder; es muy colaborativo y muy juicioso".* Estos comentarios permiten complementar los datos cuantitativos presentados anteriormente en los criterios evaluados, evidenciando la autocrítica y la valoración del propio aporte, reconociendo también, por parte de algunos estudiantes, las limitaciones en su participación. Esto es una muestra de que se promueve la reflexión metacognitiva que les permite a los estudiantes identificar tanto fortalezas como debilidades individuales y colectivas, aspectos clave en el aprendizaje autorregulado (Yan et al., 2023).

Así mismo, los pares resaltan cualidades como la responsabilidad, la colaboración, la amabilidad, el liderazgo; valorando los aportes de los demás incluso en mayor medida que lo que los estudiantes reconocen de sí mismos. De manera que la autoevaluación permite identificar su esfuerzo durante el proceso para que tomen conciencia de las áreas de mejora, fomenta la honestidad y la autocrítica; mientras que la coevaluación aporta validación y reconocimiento social de las cualidades interpersonales y colaborativas, lo que favorece la motivación y la cohesión grupal (Viehmann et al., 2024). Esta evaluación de la dimensión del ser resultó fundamental en el prototipo, puesto que permitió no sólo promover la autorreflexión, sino también evidenciar la construcción colectiva y el compromiso adquirido por cada integrante en los equipos de trabajo.

Posteriormente, mientras los estudiantes realizaban el proceso de autoevaluación y coevaluación, los asistentes (padres de familia y docentes)

diligenciaron un formato de retroalimentación y heteroevaluación respectivamente, en el que a través de preguntas e intervenciones se hacía referencia a lo que más les llamó la atención y lo que se podría mejorar; además, sirvió para evaluar la campaña informativa del proyecto 2, en cuanto a la identificación de causas y consecuencias frente a la enfermedad del pulmón negro.

La heteroevaluación, entendida como la valoración realizada por el docente sobre el desempeño de los estudiantes, aporta una mirada objetiva, experta y reguladora que posibilita una retroalimentación constructiva, una orientación hacia el desarrollo de competencias críticas y argumentativas (Viehmann et al., 2024). De manera que más que asignar una calificación, el docente es un mediador del aprendizaje reflexivo y colaborativo, lo que motiva la formación de ciudadanos capaces de tomar decisiones y proponer alternativas a las problemáticas socio científicas que identifican en su contexto.

La primera pregunta indagaba sobre ¿Qué fue lo que aprendiste o te llamo la atención?, en las respuestas se evidencia que, el 8% de los asistentes identificaron el interés de los niños frente a temas que afectan el contexto; el 8% la importancia de estar más atentos e ir al hospital más seguido; 15% identificaron que el carbón puede ser muy dañino, que no entienden cómo algo tan simple puede llegar a ser tan peligroso; el 15% les llama la atención que la planta crece en el suelo abonado y no en el suelo con carbón; el 15% identifican las consecuencias que acarrea una minería sin usar adecuadamente los elementos de protección y el 39% mencionan la enfermedad del pulmón negro. Estos hallazgos (Gráfica 26), evidencian que la actividad favoreció la conciencia crítica sobre los problemas socio ambientales asociados a la actividad minera del carbón.

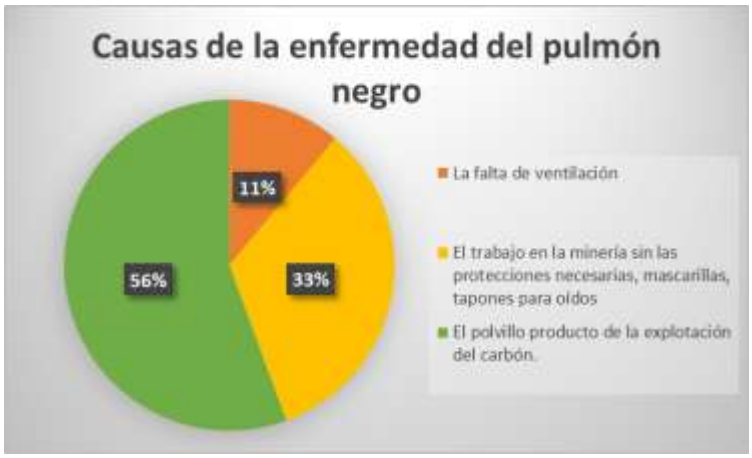
Gráfica 26. *Primera pregunta de la retroalimentación realizada por los asistentes*

Así mismo, la docente de ciencias naturales y educación ambiental realizó la siguiente intervención "*La verdad estoy emocionada de ver a estos muchachos dando esos pasitos tan importantes en lo que es la ciencia, como tal, es el hecho de hacer sus propias preguntas y a partir de esas propias preguntas hacer*

investigaciones y darse sus respuestas. Lo que dice la profe, no es fácil, no es fácil estas actividades. Quizás ellos disfrutan más haciendo como tal la experiencia, haciendo sus propias investigaciones, pero ya este momento de tener que enfrentar a un público es un poco complicado y quizás esto los traicionó un poquito. Pero eso no demerita todo el trabajo que hicieron, todo el esfuerzo que hicieron para sacar sus proyectos adelante y venir a darlos a conocer aquí, a esta comunidad. Felicitarlos de verdad, que esta no sea la única vez que sigan trabajando de esta manera y sobre todo mirar un poco su contexto, su propio ambiente, su propio medio, donde quizás a nosotros los adultos nos da miedo un poco hablar de estas problemáticas que tienen que ver, por ejemplo, con la minería. ¿Por qué? Pues porque es la fuente de ingresos de muchos de nuestros hogares, entonces preferimos quizás un poquito, hacernos los de la vista gorda. Estos muchachos nos están dando un ejemplo muy importante que es enfrentarlas, conocerlas y buscar soluciones. Y eso es lo que yo quiero resaltar principalmente hoy, que nosotros como comunidad aprendamos de ellos esta parte. No es el hecho de nosotros tratar de evadir esa responsabilidad de cuidar nuestro ambiente, porque eso nos implicaría estar en contra de nuestros propios beneficios, sino que, al contrario, tratemos de conocer muy bien cuáles son esas problemáticas y buscar las soluciones adecuadas. Entonces, sobre todo, muchas felicitaciones a ustedes, muchachos, que sigan así adelante".

La intervención de la docente amplia la mirada resaltando el proceso investigativo realizado por los estudiantes, avanzando en la formulación de preguntas, indagación y búsqueda de respuestas, aspectos que se consideran centrales en la alfabetización científica (Eilks et al., 2018). Además, su reflexión aporta un elemento de gran importancia, la valentía de los estudiantes para abordar problemáticas asociadas a la minería que suelen silenciarse en la comunidad por ser la fuente principal de la economía del municipio, lo cual refuerza el papel transformador de la escuela en la construcción de una sociedad sostenible, justa y equitativa (Zeidler, 2016).

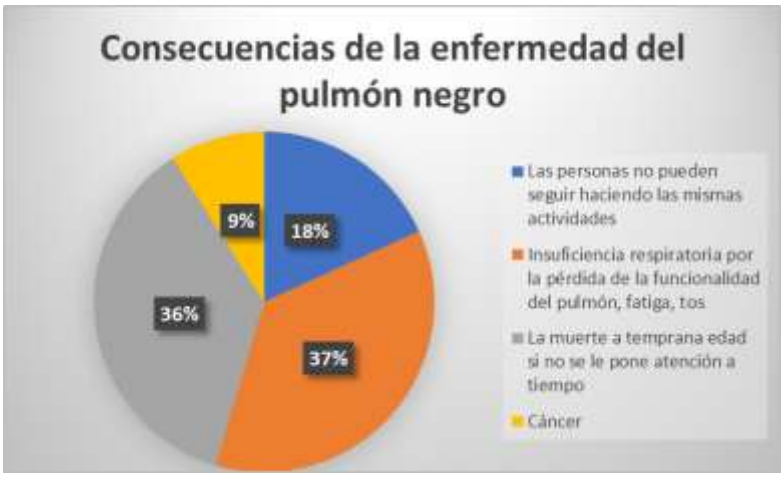
Posteriormente, los asistentes mencionaron algunas de las causas de la enfermedad del pulmón negro, el 11% se refirió a la falta de ventilación, el 33% afirmó que el trabajo en la minería sin las protecciones necesarias, mascarillas, tapones para oídos y el 56% asevera que el polvillo producto de la explotación del carbón. Los hallazgos (Gráfica 27), evidencian que los asistentes lograron identificar y relacionar las principales causas de la enfermedad del pulmón negro, lo cual refleja una comprensión de la problemática que se constituye como una cuestión socio científica en la medida en la que involucra tensiones entre los aspectos laborales, económicos, ambientales y de salud pública.



Gráfica 27. *Segunda pregunta de la retroalimentación realizada por los asistentes*

Al respecto algunos padres de familia realizaron las siguientes intervenciones: ***Padre de familia.*** *"Buenos días, felicitar a los estudiantes, yo trabajo en la mina y si se da uno cuenta del agua que sale contaminada, que le hacen un tratamiento, pero eso no es suficiente. Y del polvillo que no sólo afecta a los que trabajamos en la mina, sino también los cultivos vecinos, como ustedes mostraron se da cuenta uno de que no crece nada en esos suelos. Gracias".* ***Madre de familia.*** *"Buenos días, pues como el señor menciona, yo viví dos años cerca de una mina, y me salió una alergia respiratoria por el polvillo del carbón que llegaba a mi casa. Entonces, si eso es a nosotros que vivíamos cerca de la mina, ahora imagínese a los que trabajan allá todo el tiempo, metidos en esos huecos. Y como dice la profe, no podemos hacernos los de la vista gorda, debemos buscar alternativas para cuidar nuestra salud y el ambiente".* Estos comentarios legitiman los aprendizajes escolares y destacan la necesidad buscar alternativas de solución que mitiguen los riesgos laborales y ambientales, en el ejercicio de una ciudadanía crítica y responsable.

Además, mencionaron algunas de las consecuencias de la enfermedad del pulmón negro, el 9% refiere el cáncer, el 18% afirman que las personas no pueden seguir haciendo las mismas actividades, el 36% mencionan la muerte a temprana edad si no se le pone atención a tiempo y el 37% sugiere la insuficiencia respiratoria por la pérdida de la funcionalidad del pulmón, fatiga, tos. Los resultados (Gráfica 28) reflejan no sólo una comprensión acerca de las manifestaciones clínicas de la enfermedad, sino también una preocupación por la calidad de vida y el riesgo vital al que se exponen los trabajadores de la mina.



***Gráfica 28**. Tercera pregunta de la retroalimentación realizada por los asistentes*

Así mismo, la docente de inglés realizó la siguiente intervención: ***"**En primer lugar, como docente socotense, agradecerle a la profe Laura porque es la primera vez que se desarrolla un proyecto de manera interdisciplinar. Si nos dimos cuenta, el trabajo se desarrolló desde varias áreas, varias asignaturas. El impacto ambiental que se está generando en este municipio, especialmente por el carbón, es bastante grande. Y yo les comentaba a los chicos en otra ocasión que anteriormente no había tanta minería acá en el municipio. Más bien, las familias vivían de la ganadería, de la agricultura, sacaban sus productos a las plazas. Entonces, hoy en día, recordando mi infancia, el medio ambiente ha cambiado significativamente. Este proyecto nos lleva a reflexionar sobre qué planeta queremos dejarles a nuestras generaciones, pero debemos comenzar por nuestro municipio, cómo debemos cuidar nuestro municipio y cómo podemos aprovechar algunas cosas para mejorarlo. Entonces, por ejemplo, el carbón, cómo pudiéramos mejorar, cómo podríamos, digamos, más bien buscar otras formas para la economía del municipio. Entonces, eso con respecto a los proyectos. Y con respecto a los chicos que participaron en los proyectos, felicitarlos porque es a través de estas actividades como se genera conocimiento".*

Esta intervención ofrece un análisis reflexivo acerca del problema de salud en relación a la dimensión ambiental, social y económica del municipio; resaltando cómo el auge de la minería ha transformado las dinámicas de la vida tradicional que originariamente se basaban en la agricultura y la ganadería, problemáticas estructurales que trascienden lo individual y afectan a la comunidad en general. Así mismo, resalta la importancia del trabajo interdisciplinar en el fomento de una conciencia crítica en los estudiantes, sobre el impacto del carbón y el planteamiento de alternativas sostenibles para la economía local, donde la educación y el desarrollo sostenible son los ejes fundamentales de reflexión y acción.

Frente a la pregunta ¿Qué les recomendaría a las personas que están expuestas a esta enfermedad?, los asistentes mencionan en un 8% que deben

tomar todas las medidas de seguridad posibles, el 30% afirman que deben cuidarse y realizarse chequeos médicos periódicos y el 62% recomiendan utilizar los elementos de protección mascarilla, gafas, botas, etc. Los resultados obtenidos (Grafica 29) muestran claridad sobre la importancia de la prevención frente a la enfermedad del pulmón negro, mediante la protección, detección temprana de la enfermedad y reducción de la exposición al polvillo del carbón.

***Gráfica 29**. Cuarta pregunta de la retroalimentación realizada por los asistentes*

El panorama se vio enriquecido por la intervención de una madre de familia, al vincular la dimensión de prevención con una reflexión de carácter social, ambiental y cultural, que resalta tensiones entre economía, salud y calidad de vida; además, destaca la necesidad de fomentar desde edades tempranas un cambio de mentalidad y una conciencia crítica hacia alternativas sostenibles, no sólo en los estudiantes, sino en sus familias y comunidad: ***"****Chévere esta invitación, chévere esta oportunidad, chévere esta parte que les han enseñado nuestros hijos, nuestros muchachos. La conciencia en realidad, yo soy muy nueva en este municipio, pero sí se siente, se ve mucho la afectación y se ve como ese arraigo, ese apego que ya tiene la gente a la minería, pues, como por la cantidad y por la economía que genera. Pero qué rico que volviéramos otra vez, como dice la profe, no pensar tanto en el dinero o en la economía, porque yo pienso que lo más valioso es la salud y hay cosas más valiosas en la vida. Y qué rico que nuestros pelaos, desde temprana edad, se consienten de que, nomás aquí yo pude ver dos cosas, que la minería genera muchos recursos económicos, pero en años ya no existiremos, estaremos enfermos, llevados, y ustedes con una juventud prematura, los 20, 30 años ya enfermos de infecciones respiratorias y quién sabe qué más cosas, pero si de pronto, desde temprana edad, decimos no hay que meterle amor a la tierra, al campo, es mejor los alimentos, es mejor tener la vaquita, es mejor la ganadería, sería una bendición. Y decirles también, a nivel personal que lo hicieron bien, exponerse al público, uno que mantiene expuesto al público, no es fácil, pero confíen en ustedes mismos, tienen mucho para dar, son unos pelaos bien pilos y chévere esa investigación. Y de antemano, gracias al colegio, señora coordinadora,*

a los profesores, por darnos este espacio, me parece rico venir a ver y como padres, no se imaginan, mi hijo ayer me repitió más de 80 veces, va a ir, va a ir, va a ir, y esa mañana yo dije, voy a ir. Muchas gracias".

La última pregunta indagaba acerca de ¿Qué mejorarías para próximas campañas?, los asistentes respondieron en un 8% que esta experiencia debería llegar a más personas, el 15% afirma que aprender más cosas, el 15% menciona la necesidad de un mayor apoyo y más proyectos, el 15% sugiere traer un afectado por la enfermedad para dar su testimonio, el 47% recomienda ser más concretos en lo que quieren dar a conocer y practicar la lectura. Lo expresado por los asistentes (Gráfica 30) deja ver que reconocen tanto los aciertos como los aspectos por mejorar, de manera que estas iniciativas tengan un impacto comunitario más amplio, estimule la construcción de nuevos conocimientos, y se vean fortalecidas por el acompañamiento institucional.

Gráfica 30. *Quinta pregunta de la retroalimentación realizada por los asistentes*

La docente PTA complementa estos hallazgos mostrando la necesidad de una orientación hacia la claridad comunicativa y la formación en competencias expresivas como la vocalización, la fluidez y la seguridad al hablar en público: ***"****Felicitar a los niños, no es fácil parame al frente de un público y hablar, pero estamos aprendiendo y es una estrategia muy importante las exposiciones. Estoy impresionada, porque son unos investigadores muy buenos, partiendo de este tema tan importante, que es el de nuestro bienestar social, los alimentos, la salud de nuestras familias, porque yo sé que la mayoría, yo creo que en un 80%, nuestros papás o nuestros familiares trabajan en las minas. Es importante transmitir esa información, no solo quedarnos con la información, sino transmitirla. Yo sé que los papitos que vinieron acá no sabían muchas cosas, de las que yo tampoco sabía, de cómo nos afecta el polvo, o cómo nos ayudaría la radiación, o cómo nos ayuda a hacer abonos para reutilizar la tierra que ya está desgastada. ¿Qué les puedo decir de sugerencias? Seguir trabajando un poquito más en la expresión, tranquilizarse un poquito cuando están aquí al frente, nadie nos va a hacer nada para estar así.*

Entonces, nos soltamos, nos relajamos, hablamos con claridad, eso es lo importante. Y felicitarnos porque de verdad que estos proyectos hacen parte de una educación que se está sacando del Ministerio de Educación, que se llama Educación Crece, en la parte ambiental, y es una educación formativa e integral, no sólo para los estudiantes sino también para las familias, agradecer a los profes porque eso es lo que necesitamos que los niños aprendan, porque ellos son los que van a construir una sociedad a futuro. Entonces chicos, felicitaciones, a seguir mejorando un poco en la lectura y a seguir vocalizando un poquito mejor".

Finalmente, la docente investigadora agradeció la asistencia y participación de todos en esta propuesta de innovación educativa y llevó a la reflexión: "*Efectivamente ¿por qué quisimos realizar este trabajo con estudiantes de sexto y no de once? Porque los estudiantes de once se gradúan y se van a otros lugares a estudiar, a trabajar y se olvidan de las problemáticas de su municipio, mientras que en los estudiantes de sexto sembramos la semilla, de conocer su contexto, las problemáticas y cómo desde su rol como estudiantes, desde nuestro rol como padres de familia, como docentes, poder contribuir a su solución. También es importante que se reconozcan como ciudadanos que tienen derechos, y que tienen unos representantes, como el alcalde, los concejales, que deben ser garantes de que a través de programas se dé cumplimiento al derecho a un ambiente sano, a la salud, al trabajo. Son nuestros estudiantes los que tienen en sus manos la transformación del municipio. Gracias por su participación y asistencia".* La docente en su reflexión refleja una visión de la educación como proceso de transformación social y comunitaria, en el que se desarrollan ejercicios de construcción de ciudadanía en edades tempranas, para así formar generaciones conscientes, críticas y comprometidas con el bienestar social y ambiental de su territorio.

CONCLUSIONES

En el contexto del municipio de Socotá, específicamente en la Institución Educativa Técnico Francisco José de Caldas, la intervención educativa realizada a partir del diseño e implementación de prototipos basados en cuestiones socio científicas y proyectos de aula, y su respectiva iteración, conduce a los siguientes resultados: permitió a los estudiantes de grado sexto identificar problemáticas desde las dimensiones social, ambiental, económico en su propio contexto, para de esta manera, proponer alternativas de solución que basadas en fuentes de energía renovables, se materializaron en proyectos. Las características sustantivas y procedimentales del prototipo de intervención educativa, fueron definidas por la comunidad de práctica a través del establecimiento de los principios de diseño, los cuáles fueron diseñados, analizados, contextualizados y sistematizados, en categorías teóricas y metodológicas a lo largo de la presentación y discusión de resultados.

La implementación del prototipo y su iteración, permitió no sólo llegar a reflexiones colectivas, sino también contrastar las variables teóricas en relación con la ejecución de los procesos por parte de los estudiantes y docentes; lo que permite evidenciar la importancia de la propuesta de innovación educativa en el análisis de los principios de diseño y sus ajustes, lo que revela la validez, utilidad y eficacia del mismo. Dentro de estos principios, el abordaje de desafíos, problemas reales y actuales a nivel local, como lo es la minería del carbón, fue el punto de partida para promover en los estudiantes la toma de decisiones, el pensamiento crítico, la argumentación, la resolución de problemas, el trabajo en equipo, la creatividad, la comunicación; a través de las actividades diseñadas e implementadas en el prototipo por la comunidad de práctica.

Este trabajo interdisciplinar confirma que la investigación educativa realizada, contribuye a la transformación de las prácticas pedagógicas, en las que se superan barreras como el tiempo, los espacios, los recursos, el currículo, el acompañamiento de la comunidad; y se asumen cambios que favorecen en este caso en particular, una educación en energías renovables que a través de la identificación de impactos tanto negativos como positivos, orientan la toma de decisiones, en cuanto a las fuentes de energía sostenibles y más apropiadas de acuerdo al contexto. De esta manera, se forman de manera integral, ciudadanos informados, capaces de entender la complejidad de las problemáticas de su municipio en materia de energía y de los aspectos sociales, ambientales, económicos, culturales asociados, permitiéndoles asumir posturas y proponer soluciones sustentables.

Lo anterior, fortalece en los estudiantes una actitud y conocimientos necesarios importantes para una transición energética en la que se enfrentan a desafíos reales, lo que los lleva a actuar con responsabilidad y conciencia socio ambiental crítica. La construcción de ciudadanía a tempranas edades, como en el caso de los estudiantes de grado sexto, les abre nuevas visiones sobre su rol en la sociedad y en su contexto inmediato, permitiéndoles la construcción de juicios razonados en la identificación de riesgos y beneficios, y en la identificación de alternativas concretas, como las identificadas a lo largo de la implementación del prototipo (agricultura sostenible, ecoturismo, energías renovables y participación ciudadana), las cuales se materializaron en los proyectos de aula.

En ese sentido, las cuestiones socio científicas y los proyectos de aula se constituyen en metodologías y herramientas pedagógicas potentes que promueven no sólo la alfabetización científica, la formación académica y social; sino también impulsan procesos de transformación social, permitiendo que, los estudiantes se conviertan en agentes activos del cambio en sus territorios, propendiendo por una transición energética justa que garantice empleo digno, inclusión social y sostenibilidad ambiental; las preocupaciones más trabajadas y mencionadas por las voces estudiantiles, de docentes y padres de familia, a lo largo de la implementación del prototipo, en un contexto en el que la minería del carbón genera impactos significativos.

Comprender el contexto social en el desarrollo de estrategias educativas resulta fundamental, puesto que le otorga sentido, significado, utilidad, aplicabilidad y proyección social a lo que aprenden los estudiantes. Así mismo, estrategias diferentes a la enseñanza tradicional, que aborda una dimensión práctica, a través de dramatizaciones, foros de discusión, textos argumentativos, organizadores gráficos, preguntas metacognitivas, el diseño e implementación de proyectos de aula, entre otras abordadas en este prototipo y su iteración; buscan favorecer el desarrollo de competencias, que es lo que se busca en el siglo XXI, potenciar habilidades como el trabajo colaborativo, la autogestión, el pensamiento crítico, el razonamiento lógico, la argumentación, la toma de decisiones, el diseño reflexivo, la metacognición, la creatividad, la observación, el análisis, la síntesis de información, la comunicación asertiva, el manejo de TICs, etc.

En efecto, el uso de la ciencia y la tecnología en la práctica a través de la experimentación de fenómenos en el laboratorio y en el taller de electricidad, llamó su atención y les motivó a profundizar en mayor medida en lo que fue de su interés. De esta manera se reconocieron y aprovecharon los recursos con los que cuenta la institución, contribuyendo a la inclusión efectiva de las TIC, buscando una mayor difusión e inclusión en las estrategias didácticas de los docentes. La conectividad con la que cuenta la institución, también facilitó la búsqueda, análisis y síntesis de información.

Así mismo, el trabajo interdisciplinar de los docentes trascendió el aula de clases, a través del abordaje de las cuestiones socio científicas y de los proyectos de aula se evidenció un fortalecimiento no sólo en sus conocimientos disciplinares, sino también en competencias didácticas y pedagógicas, en el sentido en el que el proceso de enseñanza aprendizaje dejó de centrarse en el maestro como habitualmente se hace en la práctica; y pasó a centrarse en el estudiante, como actor principal, cuya participación activa como investigador, como fuente de ideas, de preguntas por resolver, es el punto de partida para el diseño del prototipo de intervención educativa. De manera que, su implementación reviste para los docentes una alternativa y una conciencia de que sí es posible innovar tanto en el aula como fuera de ella, con el fin de mejorar los procesos de enseñanza aprendizaje en pro de una educación de calidad que dé importancia y aborde los problemas del contexto. En este proceso, fue fundamental el apoyo del directivo docente, quien no sólo fue el autor de este trabajo, sino quien acompañó permanentemente el proceso y realizó el seguimiento a las actividades pedagógicas.

En efecto el tiempo, fue la barrera más difícil de sortear, puesto que coincidir en los espacios para realizar el diagnóstico, el diseño, la implementación, el análisis de resultados, los ajustes a los principios de diseño, etc., dentro de la jornada laboral de los docentes, fue un reto. Sin embargo, la disposición, el sentido de pertenencia, la vocación y ganas de enseñar de una manera diferente de los docentes, resultó fundamental, para que, en su jornada complementaria, se pudieran dar dichos

espacios. Así mismo, el tiempo dedicado por los padres de familia, a escuchar el trabajo realizado por los estudiantes, fue un recurso valioso en la motivación, retroalimentación y evaluación del proceso.

El acompañamiento de los padres de familia fue importante en la medida en la que no sólo suministraron el permiso y materiales para que los estudiantes participaran de manera activa en el abordaje de las cuestiones socio científicas y los proyectos de aula; sino que fue una palanca para motivar a los estudiantes a aprender y a comunicar lo aprendido. De esta manera, este espacio se constituyó en una forma concreta, accesible, pero sobre todo respetuosa, de participación de los actores principales de la comunidad educativa, para fomentar un aprendizaje integrador de competencias académicas, comunicativas y socio emocionales, a lo largo del proceso y en la fase final de evaluación auténtica en la que, a través de la autoevaluación, coevaluación y heteroevaluación; se promovió la reflexión socioambiental y ética en un espacio de diálogo intergeneracional, en el que se compartieron saberes, experiencias, valores y preocupaciones comunes; así como el reconocimiento el potencial de los estudiantes como agentes de cambio en su comunidad y fortaleciendo la corresponsabilidad de frente a las realidades del municipio.

Realizando un análisis de progresión del aprendizaje en los cinco prototipos desarrollados entre el primer y segundo ciclo, se reconoce que los estudiantes transitan desde la identificación de problemáticas y construcción de soluciones tecnológicas iniciales hacia procesos de indagación científica más rigurosos, fundamentados en evidencia empírica y orientados a la toma de decisiones informadas sobre problemáticas energéticas, ambientales y sociales del contexto de Socotá.

En términos generales, mientras que en el primer ciclo predominó el reconocimiento de problemas y el diseño de prototipos como alternativas de solución, en el segundo ciclo se evidencia una evolución hacia la validación experimental, la evaluación de efectividad, el uso de variables medibles y el análisis crítico de los límites y alcances de cada alternativa propuesta. Por ejemplo, en el proyecto 1, durante el primer ciclo, los estudiantes identificaron la contaminación hídrica asociada a la minería del carbón y construyeron un sistema purificador basado en evaporación solar. El aprendizaje se concentró principalmente en la comprensión del concepto de acidez del agua y el uso del pH como indicador de calidad. El nivel de razonamiento científico alcanzado se orientó a relaciones simples de causa–efecto: minería, contaminación, necesidad de tratamiento, energía solar como alternativa. En el segundo ciclo se observa un avance importante hacia prácticas propias de la investigación científica escolar. Los estudiantes ya no se limitaron a observar cambios visuales o medir únicamente el pH, sino que incorporaron múltiples indicadores de calidad del agua (temperatura, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos y pH), comparando sistemáticamente muestras antes y después del proceso de purificación.

Este avance evidencia una progresión desde una comprensión descriptiva hacia una comprensión multivariable del sistema ambiental, desde modelos explicativos simples hacia razonamientos sistémicos basados en variables medibles y relaciones causales; identificaron límites metodológicos y nuevas preguntas de investigación, aspecto que constituye una evidencia de alfabetización científica avanzada. Los estudiantes fortalecieron capacidades para operacionalizar variables, controlar condiciones experimentales, interpretar datos y construir conclusiones basadas en evidencia. Además, comenzaron a comprender que los fenómenos ambientales no pueden explicarse mediante un único indicador. Desde la dimensión ética y política, pasaron de reconocer la contaminación como problema local a discutir responsabilidades frente al acceso al agua limpia, la protección de ecosistemas y la necesidad de tecnologías sostenibles para disminuir los impactos de actividades extractivas. En cuanto a capacidades científicas, fortalecieron el diseño experimental, comparación de grupos, análisis de evidencia y formulación de inferencias.

En el segundo ciclo aparece una transformación importante: los estudiantes dejan de asumir que las energías renovables son automáticamente sostenibles y comienzan a cuestionar críticamente sus impactos. El fortalecimiento argumentativo pasa de opiniones personales a posiciones sustentadas en evidencia, una progresión conceptual desde la comprensión tecnológica hacia el análisis del ciclo de vida de los sistemas energéticos, incorporando problemáticas asociadas a extracción de minerales, disposición de residuos y ocupación del territorio. Además, se fortalece el pensamiento científico mediante el uso de simuladores, estimación de radiación y análisis de viabilidad energética territorial. En términos argumentativos, los estudiantes avanzan desde afirmaciones normativas (“la energía solar es mejor”) hacia posturas condicionadas por evidencia (“la radiación disponible permite abastecer una vivienda”). Desde el punto de vista ético y político, surge una comprensión más sofisticada de la transición energética como proceso que requiere equilibrio entre sostenibilidad ambiental, acceso energético y planificación territorial.

En términos de toma de decisiones, abandonan posiciones absolutas sobre las energías renovables y desarrollan una visión más contextualizada: reconocen que una tecnología puede ser ambientalmente favorable pero técnicamente limitada para determinadas condiciones territoriales. Así mismo, se asume una evolución ciudadana y ética que conduce desde la sensibilización ambiental hacia el ejercicio de participación crítica, evaluación de alternativas energéticas y comprensión de la transición energética como un proceso ambiental, económico, político y social.

En consecuencia, el segundo ciclo no constituye una repetición de los proyectos iniciales, sino una profundización progresiva que evidencia mayores niveles de alfabetización científica, pensamiento crítico y capacidad para actuar frente a problemas reales del territorio.

Capítulo III: ¿Qué impacto tiene el diseño e implementación de una intervención educativa basada en proyectos de aula y CSC que permita a los estudiantes de básica secundaria de la IE Técnica Francisco José de Caldas del municipio de Socotá, identificar y resolver problemáticas en materia de energías renovables desde un enfoque CTS?

FASE DE EVALUACIÓN

El impacto que tuvo el diseño e implementación del prototipo de intervención educativa basada en proyectos de aula y CSC, se determinó no solamente a través de los resultados presentados y analizados en el capítulo anterior; además, se consideraron las narrativas realizadas por cinco estudiantes participantes de las iteraciones y por cinco docentes integrantes de la comunidad de práctica; lo que dejó evidenciar la practicidad y efectividad real de la intervención, es decir, su aplicación en el contexto para el que fue diseñada y el logro de los resultados deseados: permitir a los estudiantes de básica secundaria, específicamente de grado sexto, de la IE Técnica Francisco José de Caldas del municipio de Socotá, identificar y resolver problemáticas de su contexto e involucrar conocimientos en materia de energías renovables desde un enfoque CTS.

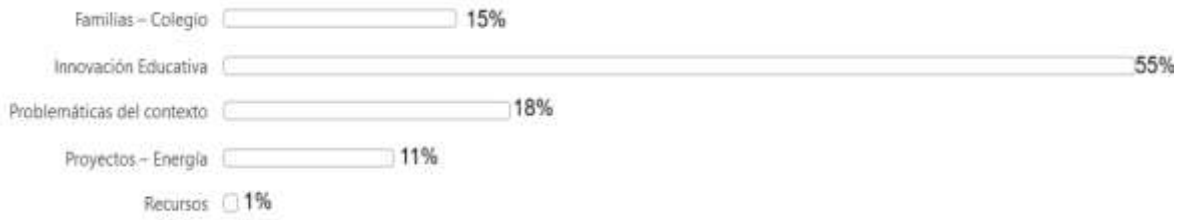
Las narrativas son un método que, de acuerdo con Roa y Bonilla (2025) permiten capturar experiencias, significados y cambios percibidos por los participantes. El registro en audio y la transcripción de las mismas, propiciaron el estudio de la voz del sujeto, evidenciando el impacto percibido y los procesos de aprendizaje. Inicialmente, se realizó un análisis exploratorio de la información, empleando el programa Atlas. Ti., que muestra las palabras más importantes y de mayor frecuencia en las narrativas (imagen 26); con el fin de identificar nodos temáticos que permitan profundizar en la codificación y construcción de categorías.

Imagen 26. *Palabras más importantes y de mayor frecuencia en las narrativas. Fuente: Elaboración propia mediante el programa Atlas. Ti.*

Se observa que predominan problemas ambientales, energéticos y de salud pública ligados a la actividad económica de la minería (carbón-pulmón-problemáticas-agua-energía). Esto muestra que el prototipo de intervención educativa, logró anclar la educación en energías renovables a problemas reales del territorio, aspecto que resultó fundamental para promover la motivación y la relevancia hacia el aprendizaje. Así mismo, la frecuencia en términos como *profe, estudiantes, colegio;* muestra que la interacción docente–estudiante y el contexto institucional jugaron un papel central en la construcción de sentido, puesto que además de hablar de problemas, también fueron capaces de proponer soluciones materializadas en proyectos de aula.

Lo anterior, es congruente con estudios que muestran que el aprendizaje basado en proyectos, mejora en los estudiantes de secundaria la participación, el pensamiento crítico, la resolución de problemas y la transferencia a contextos reales, especialmente cuando los proyectos son auténticos y contribuyen a la solución de problemáticas locales (Al-Kamzari & Alias, 2025). Además, proyectos que involucran energías renovables propician la alfabetización energética, el desarrollo de habilidades y actitudes proambientales, la reflexión sobre los aspectos científicos, tecnológicos y sociales relacionados (Rizki et al., 2024).

A partir de dichas frecuencias, se empezó a codificar y a categorizar lo mencionado por estudiantes y docentes en las diferentes citas identificadas en las narrativas (gráfica 31). Se evidencia que la categoría a la que más hicieron referencia fue la de innovación educativa, en la que en un 55%, se refirieron a las actividades que les pareció más interesantes y significativas, así como su impacto en el desarrollo de habilidades y aprendizajes en los estudiantes. La segunda categoría más mencionada fue la de problemáticas del contexto, en la que valoran en gran manera la posibilidad de visibilizar las situaciones a nivel ambiental, social, económico, ético, etc., asociadas a la minería del carbón en el municipio de Socotá.



Gráfica 31*. Categorías y porcentaje de citas identificadas en las narrativas*

La tercera más mencionada se refiere a la categoría de familia – colegio, en la que un 15% afirma la importancia de establecer lazos de trabajo con la comunidad para el éxito de la educación. Las categorías con menos citas, Proyectos – Energía con un 11% y Recursos con un 1%, no menos importantes, mencionan el valor e importancia de la implementación de proyectos de aula de manera interdisciplinar y la necesidad de reconocer los recursos con los que cuenta la institución y el municipio, de los cuales se puede hacer uso y aprovechamiento en los espacios educativos. A continuación, se realiza un análisis más detallado de cada categoría.

Innovación Educativa

Los testimonios expresan actividades significativas que promovieron aprendizajes interdisciplinarios, pensamiento científico, competencias socioculturales y ciudadanas. Los estudiantes mencionan: "**3:1 AG 6A** *vengo a hablarles de la mejor experiencia que he tenido con los docentes, la salida al Páramo de Pisba, la experiencia fue maravillosa, ya que conocimos frailejones, paisajes, escuchamos cantos de animales, huellas de venados, nos explicaron que había osos, pumas, etc. Vimos muchas lagunas grandes, nos explicaron que los frailejones eran fábricas de agua",* **"6:2 MMR 6A** *otras actividades como utilizar los desechos del restaurante para hacer la paca biodigestora, sobre el pulmón negro, la actividad de estudiar el recibo de la luz con el profe Mauricio, nos llevaron a pensar en decirle a nuestros familiares y amigos que utilicen la mascarilla y los implementos de seguridad, porque los papás que trabajan en la mina tienen un gran riesgo a sufrir pulmón negro, ya que el polvo que suelta el carbón es muy peligroso para los pulmones, es una enfermedad que puede hasta causar la muerte; que aprendamos a utilizar la energía, deberíamos ahorrar más energía, por ejemplo, apagando televisores cuando no los utilizamos, no dejar las luces prendidas, etc.",* **"9:1 SH 6C** *Cuando fuimos a la salida pedagógica a Socha, el desayuno nos lo dieron en una casa de familia, luego llegamos y estaban haciendo una protesta por la escasez de agua que tenía el pueblo, ya que las minas estaban contaminando y no era el agua tan autosuficiente para las personas. Trabajamos en el laboratorio, medimos muchas cosas del agua. Hicimos videos, algunas exposiciones y los presentamos. Fue muy chévere presentar esos proyectos porque se sentía como si estuviera haciendo algo útil en el colegio. Los proyectos que podrían hacer el otro año pueden ser muchos mejores, se pueden mejorar", "***10:1 SG 6C** *Fue muy interesante ver las energías que hay en el planeta, como por ejemplo la solar, eólica y muchas más. También llegamos al punto de las problemáticas sobre el carbón, hicimos dramatizaciones sobre las enfermedades que puede traer el carbón sobre los mineros y sobre otras personas que viven cerca de las minas, hicimos entrevistas a algunos mineros o familiares que hayan sufrido esa enfermedad. Para mí fue muy bonito trabajar los proyectos, porque uno puede aprender mientras que uno está trabajando y así uno puede tener más espacio, además también puede dar sus opiniones y son respetadas, uno puede identificar más las partes que uno no entiende, si uno no entiende puede investigar más adentro. Entonces, pues para mí fue muy bonito esta experiencia y espero que el año entrante sigan con este proyecto".*

Las propuestas innovadoras en el aula de clase, especialmente las que se trabajan de manera interdisciplinar con los maestros y que están mediadas por metodologías activas en donde el estudiante es el centro del aprendizaje, favorecen procesos educativos más profundos y contextualizados (Suyo-Vega et al., 2024). Así mismo, el diseño y puesta en marcha de proyectos, actividades prácticas y salidas pedagógicas, permitió despertar en ellos la curiosidad y vincularlos a procesos de investigación escolar, potenciando el desarrollo del pensamiento

crítico, la resolución de problemas, significando el para qué de lo que aprenden, posibilitando la comprensión del mundo desde múltiples dimensiones (Auliyani et al., 2025).

Así mismo, tanto estudiantes como docentes reconocen la necesidad de dar continuidad a las experiencias, y seguir proponiendo estrategias que vinculen a la comunidad para propiciar aprendizajes significativos. Los docentes mencionan: "**1:4 AA** *Todo esto se hace posible gracias a la planeación y puesta en marcha de esta propuesta que, evidentemente, despiertan los niños la curiosidad, desarrolla su pensamiento científico, sus competencias socioculturales, al abrirles espacios para trabajar de forma interdisciplinaria. También se observa la importancia de darle continuidad a los trabajos desarrollados inicialmente, lo que permite evidenciar la aplicación del método científico, el cual permite, a partir de unos resultados, hacer nuevas preguntas y seguir buscando respuestas. Sería muy conveniente buscar estrategias en la comunidad para motivar y guiar a los niños hacia la investigación científica, ya sea mediante la creación de grupos de investigación, la continuidad de esta misma estrategia o la implementación de estrategias similares", "***4:1 EH*** *En lo que es relacionado con electricidad electrónica y el uso de herramientas STEAM, mediante el uso de la impresora 3D y diferentes programas, los estudiantes buscaron, realizaron en diferentes escalas, pusieron en práctica el conocimiento y la aplicación de las tres dimensiones y de esta manera poder representar las enfermedades del pulmón negro", "***5:1 JN*** *Se logra evidenciar con los niños de grado sexto que desarrollan habilidades comunicativas, habilidades sociales y trabajo colaborativo en cada una de las prácticas que ellos realizan para cumplir unas metas específicas", "***7:1 ND*** *La vinculación del grado sexto en la innovación educativa promovió el aprendizaje de la lengua inglesa con respecto al desarrollo de competencias centradas en las cuatro habilidades lingüísticas básicas. El trabajo realizado me pareció pertinente y relevante, ya que se fomentó la competencia comunicativa al utilizarse el inglés de manera contextualizada con respecto a las enfermedades causadas por la explotación del carbón en el municipio de Socotá, Boyacá", "***8:5 PA*** *El impacto que tuvo la propuesta es muy significativo, tanto para estudiantes como para familias y para su contexto, ya que los estudiantes afianzaron varias competencias y fortalecieron su identidad como ciudadanos activos. El trabajo interdisciplinar me pareció idóneo, puesto que conectó a los estudiantes con el aprendizaje en su contexto, desde sus intereses y sus fortalezas, haciendo que el aprendizaje no se quedara en los textos o en el lugar, sino que fuese más significativo y contextualizado, haciendo el aprendizaje valioso, pensándose en sujetos del territorio que habitan. Esto además de generarles competencias cognitivas y científicas como fue el mismo análisis y los impactos de cada una de las fuentes de energía analizadas, también fortaleció competencias como las ciudadanas y las éticas pues ellos se concientizaron sobre la importancia de cuidar el planeta y reflexionaron sobre cómo sus decisiones afectaban también a las futuras generaciones, se involucraron en acciones comunitarias para el cambio, convirtiéndose así en agentes importantes y viendo qué pueden decidir en este fortalecimiento del ser ciudadano".*

Lo anterior resalta el valor del prototipo de innovación educativa al fomentar una conciencia socioambiental, el cuidado de los recursos naturales y la reflexión crítica sobre problemáticas locales que afectan directamente a los estudiantes y sus familias, como lo es la minería del carbón y el uso de fuentes de energía no renovables (Serdyukov, 2017). Esto fortalece e impulsa la educación en energía renovables, que busca formar ciudadanos capaces de tomar decisiones responsables frente a los desafíos energéticos y los ambientales, sociales, económicos, éticos, asociados (Schmid et al, 2025). Así mismo, se destaca en los testimonios el trabajo colaborativo de los estudiantes, el desarrollo de competencias comunicativas, socioemocionales y ciudadanas, el respeto a la opinión del otro y la posibilidad de ser agentes de cambio en su territorio (Darling-Hammond et al., 2020).

Problemáticas del contexto

Esta categoría emergente de las narrativas, resalta la practicidad real del prototipo de intervención educativa, es decir, la importancia de su aplicación en el contexto para el que fue diseñada, implicando la identificación y análisis de las problemáticas por parte de los estudiantes, lo que propicia un aprendizaje profundamente significativo, ya que conecta el conocimiento escolar con los desafíos ambientales, sociales, económicos y éticos de su territorio (Morales-Aguilar et al., 2025). El vínculo entre investigación escolar y el territorio es clave para que los estudiantes logren concientizarse de los riesgos locales, al reconocer los efectos de la minería del carbón en la salud, en el agua, el suelo y la biodiversidad; lo que les permite reflexionar sobre problemas reales y asumir una postura crítica que propenda por la sostenibilidad, justicia y transformación social (Eames y Hunt, 2013).

Así mismo, la preocupación expresada por los estudiantes respecto al uso de equipos de seguridad o a la contaminación del agua, el suelo y el aire, pone de relieve un aprendizaje situado y ético, como se evidencia en lo mencionado: "**2:3 AF 6C** *También si hacen minas cerca de los ríos, cascadas o donde haya agua se puede infectar por el carbón, entonces podría haber una enfermedad. También les digo a los mineros que tengan mucha precaución con su casco, con su lámpara, con sus implementos de trabajo para no enfermarse del pulmón negro",* "**3:2 AG 6A** *Es muy malo inhalar ese polvillo que bota el carbón, ya que esa enfermedad puede causar hasta la muerte*", "**9:2 SH 6C** *Lo que me gustó de ese proyecto fue la manera como nosotros nos dimos cuenta que teníamos problemáticas que no nos habíamos dado cuenta", "***10:3 SG 6C** *vimos las problemáticas y buscamos soluciones para ello, como por ejemplo la contaminación del agua, la contaminación del suelo, la energía solar, la energía hidráulica y las enfermedades del pulmón negro","***6:4 MMR 6A** *Uno no puede respirar tan bien porque es el pulmón negro, ya que ese polvillo es contaminante también para la tierra, el carbón puede contaminar la tierra, aguas, etc. Principalmente, decirles a los padres que lleven mascarilla y los instrumentos de seguridad para la mina".*

En ese sentido, no sólo la identificación de problemáticas, sino el planteamiento de alternativas de solución, resulta fundamental para potenciar el rol de las instituciones educativas como agentes de cambio social, tal como mencionan los docentes: "**1:2 AA** *Los estudiantes indagan obteniendo información acerca de problemáticas presentes en su medio, utilizando diferentes instrumentos y acudiendo a fuentes primarias, lo que les permite concientizarse de situaciones que de una u otra forma afectan a su comunidad, como la contaminación ambiental causada por las actividades mineras a gran escala desarrolladas en la región",* "**5:5 JN** *Por otra parte, lo que ellos buscan es dar soluciones a la comunidad a partir de problemáticas que ellos han identificado. Tratan de buscar alguna solución que posiblemente aporte a la comunidad socotense y de esta manera ser contribuyentes a esas problemáticas y a la mejora de su pueblo como tal",* "**7:4 ND** *Destaco la capacidad investigativa de los estudiantes no sólo para describir una problemática social y ambiental sino para entenderla y solucionarla, situación que se convierte en una excelente oportunidad para generar conocimiento desde el entorno académico",* "**8:7 PA** *Entre los resultados más significativos está que los estudiantes identificaron las problemáticas de su propio contexto. Ya en el contexto local se promueve el uso responsable de los recursos, se visibilizan las problemáticas energéticas del lugar y se generan propuestas comunitarias desde la escuela que pueden ser en un futuro trabajadas y apoyadas desde diferentes entes".*

Por lo tanto, el aprendizaje contextualizado propiciado por el prototipo de intervención educativa basado en cuestiones socio científicas y proyectos de aula, ha permitido integrar dimensiones científicas, tecnológicas y sociales con el ambiente y los desafíos energéticos, en un municipio en el que la extracción de un recurso no renovable como el carbón, es la principal fuente de economía. Esto resulta fundamental para que los futuros ciudadanos comprendan los dilemas y tomen decisiones informadas frente a los retos globales (Paul, 2022). En esa medida, la educación en energías renovables con enfoque CTS, promueve acciones transformadoras que contribuyen a la construcción de comunidades resiliente y sostenibles, capaces de enfrentar desafíos energéticos e impactos asociados como el cambio climático y el calentamiento global (Sachs et al., 2019).

Familias – Colegio

Esta categoría se refiere a la importancia de establecer lazos de apoyo entre la comunidad y la institución educativa, promoviendo la visibilidad del trabajo escolar; cuyas discusiones, compromisos y tiempos compartidos con docentes, compañeros y padres de familia, de acuerdo con Prada-Mateus et al. (2024), fortalezcan los vínculos emocionales y la motivación, faciliten el trabajo colectivo, reflexionen sobre sus prácticas familiares y hábitos energéticos, se involucren en el aprendizaje intergeneracional en contexto con actores comunitarios como los funcionarios del Parque Nacional Natural Pisba. Esto implica una participación activa de la familia como un factor preponderante en la motivación y sostenibilidad de las experiencias educativas.

En ese sentido, los estudiantes mencionan: “**2:2 AF 6C** *Me pareció muy chévere también que hayamos expuesto al frente de los padres para que ellos también se enteren de las problemáticas del carbón”,* “**3:6 AG 6A** *También era muy bonito la experiencia porque compartimos tiempos con el profe por el tiempo que pasamos allá”,* “**9:6 SH 6C** *presentamos los proyectos a nuestros padres de familia, cuando se llegó aquel día, pues alguien se sentía muy nervioso, porque era la primera vez, porque las antiguas exposiciones las habíamos hecho en el grupo, en el salón, no la habíamos hecho con padres de familia. Cuando comenzamos a hacer las exposiciones, fue chistoso y a la misma vez divertido, a alguien ver a sus papás, saber todo lo que hicieron”,* “**10:4 SG 6C** *Fue una experiencia muy bonita porque pudimos trabajar con muchos compañeros, con los profesores pudimos compartir, con algunos profesores que en el año no nos han dictado clase, pudimos compartir con ellos y pudimos sacar un tiempo como para reflexionar sobre las problemáticas que pueden traer aquellos efectos.* Las narrativas de los estudiantes describen las emociones como nerviosismo, orgullo, agrado que sintieron al presentar sus trabajos ante sus padres para que conocieran las problemáticas trabajadas; lo cual implica una validación del proceso, un factor que favorece la autoeficacia y la persistencia escolar, crea responsabilidad, promueve mejores resultados académicos, mayor asistencia, persistencia, sentido de logro y visibiliza el esfuerzo escolar (Morales-Castillo et al., 2023).

Al mismo tiempo, el trabajo colaborativo y el intercambio de experiencias, estrategias de acción e historias de éxito fomentan la autonomía, el sentido de valía y competencia, la construcción de una identidad personal y cívica, el respeto por las opiniones ajenas y el desarrollo de habilidades de negociación (Hodson, 2020). La participación en subtareas dentro de esfuerzos colectivos permitió alcanzar niveles de aprendizaje y experiencia difíciles de lograr de manera individual, además de ampliar la comprensión de problemáticas desde perspectivas diversas. En este proceso, el docente desempeñó un rol clave como facilitador, orientador y apoyo emocional y crítico, promoviendo un ambiente de aula comprensivo en el que se valoran tanto los avances como los errores y las dificultades como oportunidades de aprendizaje.

Así mismo, los docentes mencionan: “**1:1 AA** *Los niños asumen compromisos, participan activamente en cada estrategia aplicada, más aún cuando son muy variadas y les abren espacios de interacción entre sus padres, sus docentes, sus familias y entidades que hacen presencia en su contexto como es el Parque Nacional Pisba”,* “**5:3 JN** *Por otra parte, también se evidencia que durante la ejecución los estudiantes ayudan a fortalecer esa parte emocional que existe entre ellos, esas discusiones muchas veces fortalecen las relaciones entre el grupo y los motivan a querer lograr una meta que desde un principio ellos se trazaron”,* “**8:6 PA** *En las familias se reflexionó sobre los hábitos energéticos y ellos también se conectaron con los proyectos escolares, aprendiendo junto a sus hijos”.* De manera, que la implicación familiar, el trabajo con docentes y compañeros, favorece el desarrollo socioemocional de los estudiantes, reduce el ausentismo y conductas desadaptativas (Martínez-Yarza et al., 2024); enriquece el currículo y promueve experiencias significativas de aprendizaje, la colaboración con actores territoriales,

ampliando la relevancia social de la escuela al suscitar cambios en las prácticas cotidianas (Rey-Guerra et al., 2022).

Las narrativas confirman que la participación familiar no es sólo un recurso externo, sino un elemento constitutivo del aprendizaje escolar, lo que se traduce en el reconocimiento de los estudiantes y sus familias; los vínculos de afecto, motivación y sentido de pertenencia; la apropiación del aprendizaje en contextos auténticos en conexión con problemáticas reales del entorno (Morales-Castillo et al., 2023). Por lo tanto, para generar estos beneficios fue necesario crear en el prototipo de intervención educativa un espacio de participación familiar y canales de comunicación, teniendo en cuenta la disponibilidad de tiempo, la zona geográfica, puesto que hay familias que viven en veredas lejanas; lo cual, es susceptible de mejora para aumentar la cantidad de padres participantes.

Proyectos – Energía

Las narrativas muestran que la implementación de proyectos de aula de manera interdisciplinar, promueve el sentido de pertenencia, la adquisición de competencias comunicativas y colaborativas, el aprendizaje teórico práctico, aprendizaje STEM, motivación y resiliencia para enfrentar problemáticas locales en beneficio del ambiente, de una mejor calidad de vida y de la sostenibilidad. Así mismo, lo anterior se ve reflejado no sólo en los resultados académicos, sino también en el desarrollo de habilidades y actitudes socio emocionales y pro ambientales (Zhang & Ma, 2023).

Los estudiantes mencionan: "**3:5 AG 6A** *Sirve la paca biodigestora para transformar los residuos del restaurante en abono. También aprendimos de la paca biodigestora lo que sirve muchísimo el abono", "***9:7 SH 6C** *Cuando terminamos los proyectos, ya todos los grupos, en mi caso yo era el grupo de los suelos, los suelos contaminados, y pues a mí lo que más me gustó de estos proyectos es la manera que el colegio nos mete y nos hace ver que nosotros sí necesitamos y nosotros sí somos un futuro, porque personas dicen, ustedes son el futuro de Colombia, pero no nos muestran cómo, o sea, nos meten en eso que necesitamos saber".* De lo anterior, se puede afirmar que cuando los estudiantes se sienten capaces de incidir en su entorno, comprenden que pueden marcar la diferencia y reconocen cómo hacerlo, aumenta significativamente la probabilidad de que se conviertan en ciudadanos activos. Esta disposición se fortalece al ofrecerles oportunidades concretas de participación desde la escuela y al presentarles referentes claros de acciones e intervenciones exitosas realizadas por otros (Hodson, 2020). En este marco, el trabajo por proyectos favorece un aprendizaje tangible y transferible al contexto, en el que los estudiantes asumen un papel protagónico al identificar problemáticas de su realidad y proponer alternativas de solución. Tal perspectiva coincide con lo planteado por Sánchez y Reyes (2025), quienes destacan que el proyecto constituye un espacio integrador del saber disciplinar, las habilidades prácticas y el compromiso ciudadano, dentro de un aprendizaje situado que impulsa el desarrollo de competencias orientadas a la sostenibilidad.

Así mismo, los docentes mencionan "**1:3 AA** *No obstante, ellos no se conforman con estas situaciones, sino que con la debida orientación por parte de la investigadora y los docentes involucrados, buscan posibles soluciones y las concretan presentando sus proyectos ante sus compañeros padres y docentes, venciendo sus miedos e inseguridades para poder demostrar el verdadero valor de su trabajo al aportar desde sus propias limitaciones al mejoramiento de su medio ambiente y al bienestar de su comunidad, resultando un verdadero ejemplo de resiliencia ante una problemática que pareciera no tener solución",* "**5:2 JN** *Este tipo de proyectos fortalece en la academia la parte comunicativa pero en la parte colaborativa de cada uno de los estudiantes debido a que muchas veces sus incoherencias y discusiones entre ellos tratan de buscar una solución particular a cada problema que se les presenta",* "**7:3 ND** *Los educandos utilizaron material didáctico de manera individual y en grupos de trabajo para exponer su percepción sobre esta problemática que afecta al municipio en términos de contaminación ambiental y a la vez se convirtió en una oportunidad de gran impacto para buscar alternativas de mejora a nivel institucional de manera interdisciplinar",* "**8:12 PA** *Ellos fueron analizando la situación del contexto y al tener la claridad sobre la situación, ellos pensaron en soluciones a través de proyectos de aula, que les permitió verse como agentes de cambio y ver, pensar en alternativas de energías renovables, frente a las no renovables, para ver cómo este tipo de decisiones puede afectar a las generaciones futuras".*

Estas narrativas señalan que los proyectos trabajados con los estudiantes, fomentaron la discusión, negociación y comunicación dentro del grupo, fortaleciendo la capacidad de trabajar en equipo y la resolución de problemas. Así mismo, pese a las limitaciones, los estudiantes vencen miedos y proponen alternativas de solución, lo que configura un aprendizaje activo, con propósito y orientado hacia la resiliencia comunitaria ante desafíos complejos, la mejora del rendimiento académico y las actitudes hacia el aprendizaje, el desarrollo del pensamiento crítico, la toma argumentada de decisiones, el trabajo colaborativo. De acuerdo con Bramwell et al. (2023) el diseño interdisciplinar de proyectos ambientales (con ciencia, tecnología y aspectos sociales), desarrollan redes de significado, fomentan competencias de investigación, acción ciudadana y cambios en prácticas, maximizando la relevancia y transferencia al contexto local.

Recursos

Esta categoría, aunque con menor número de menciones (1%), resulta significativa en la medida en la que visibiliza la importancia del reconocimiento, uso y aprovechamiento de los recursos institucionales y comunitarios en los procesos educativos. La estudiante menciona: "**2:1 AF 6C** *A mí me pareció muy chévere porque saber que mi institución tenía recursos para tener una impresora 3D y imprimir todo eso. También me pareció chévere que nos dejara a nosotros los estudiantes saber eso, porque hay muchos niños que no saben manejar eso y a nosotros nos dejan esos recursos";* lo que evidencia la valoración estudiantil frente

a la disponibilidad de herramientas tecnológicas, no sólo por su innovación, sino por la oportunidad de acceder a ellas con el fin de desarrollar habilidades prácticas, digitales, cognitivas en contextos reales de aprendizaje.

De manera, que el prototipo de intervención educativa contribuyó al fortalecimiento de la motivación en los estudiantes, quienes perciben los recursos como medios que amplían sus posibilidades de acción y participación en proyectos de aula. De acuerdo con Forsström et al. (2025), los recursos escolares tecnológicos es un factor clave para la innovación educativa y para el aprendizaje significativo, potenciando la autonomía del estudiante, el trabajo colaborativo, la construcción colectiva de conocimiento, promoviendo competencias del siglo XXI, fomentando la creatividad en la resolución de problemas.

Por otra parte, el reconocimiento de los recursos disponibles en la institución y en el municipio, permitió vincular el aprendizaje con el contexto, fortaleciendo el sentido de pertenencia y la sostenibilidad educativa. Como lo plantea Passo (2023), la identificación y aprovechamiento de recursos disponibles en la comunidad dentro de los proyectos escolares, favorece una educación más contextualizada y equitativa, pues permite que los estudiantes relacionen lo aprendido con su entorno inmediato y con las oportunidades que ofrece la comunidad, especialmente en contextos rurales.

CONCLUSIONES

La evidencia narrativa, junto con los resultados del capítulo anterior dan cuenta de la practicidad y efectividad real del prototipo de intervención educativa basada en proyectos de aula y cuestiones socio científicas, para el contexto del municipio de Socotá; promoviendo la identificación y resolución de problemáticas locales por parte de estudiantes de básica secundaria, grado sexto, de la IE Técnico Francisco José de Caldas. Dichas problemáticas reales se trabajaron desde diferentes dimensiones: ambiental, social, económica, fomentando aprendizajes significativos y propiciando el trabajo interdisciplinar.

De esta manera, a lo largo del capítulo se mencionó el impacto que tuvo el diseño e implementación del prototipo de innovación educativa, lo que la convierte en una estrategia poderosa para impulsar una educación en energías renovables que genere aprendizajes significativos, fomente la investigación escolar y contribuya a la formación de ciudadanos activos, críticos y comprometidos con su comunidad, capaces de impulsar la transformación social, de cuestionar prácticas extractivas y proponer alternativas justas y sostenibles; en interacción con sus compañeros, docentes, padres de familia y actores territoriales, los cuales se constituyen en componentes esenciales para el éxito educativo.

Así mismo, el trabajo con cuestiones socio científicas y proyectos de aula propició una mayor motivación, sentido de pertenencia, reflexión conjunta; se constituyeron en estrategias didácticas eficaces para la formación de competencias

científicas, socioemocionales y ciudadanas. Es de destacar, cómo el acceso a espacios, materiales y tecnologías motivó a los estudiantes al sentirse incluidos en dinámicas de exploración, creación e investigación. Por lo tanto, resulta importante para la innovación y desarrollo sostenible, incluso para continuar con la retroalimentación de los principios de diseño con el fin de que sean aplicables a otros contextos: el uso consciente de los recursos, establecer alianzas locales que maximicen las posibilidades y alcances de los proyectos de aula e implique a la comunidad en su desarrollo, continuar entrenando comunicativamente a los estudiantes, dotar de apoyos a los docentes en cuanto a formación, tiempo, asesoría, para superar barreras y evaluar de forma participativa los resultados.

Se evidencia entonces, la pertinencia del prototipo de intervención educativa basado en cuestiones socio científicas y proyectos de aula, esperando que los principios de diseño y resultados derivados de esta investigación cuya metodología está basada en design research; oriente futuras propuestas encaminadas a fortalecer la educación en energías renovables mediante estrategias que mejoren la calidad de la educación científica y potencien su impacto en las comunidades y contextos en los que se desarrollan, propendiendo por una participación ciudadana activa.

BIBLIOGRAFÍA

Abreu, J. L. (2014) El Método de la Investigación. *Daena: International Journal of Good Conscience,* 9(3), 195-204. https://www.spentamexico.org/v9-n3/A17.9(3)195-204.pdf

Acikgoz, C. (2011). Renewable energy education: An example from Turkey. *Renewable Energy, 36*(2), 608-621. https://doi.org/10.1016/j.renene.2010.08.015

Acevedo, J. A. (2009). *Cambiando la práctica docente en la enseñanza de las ciencias a través de CTS.* En M. Martín-Gordillo, J. C. Tedesco, López-Cerezo, J. Antonio, J. A. Acevedo-Díaz, J. Echeverría, & C. Osorio, Educación, Ciencia, Tecnología y Sociedad. España: Centro de Altos Estudios Universitarios de la OEI. https://www.oei.es/historico/salactsi/acevedo2.htm

Acevedo, P., & Acevedo, J. A. (2009). Proyectos y materiales curriculares para la educación CTS: enfoques, estructuras, contenidos y ejemplos. *Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura*. http://www.oei.es/salactsi/acevedo19.htm.

Acosta-Flores, E., & Maldonado-González, A. L. (2024, 6 de septiembre). Análisis de contenido sobre Educación Ambiental Energética: un acercamiento a planes de estudio de educación superior. *Acta Universitaria*, 34, artículo e3929. https://doi.org/10.15174/au.2024.3929

Acosta-Puertas, J. (2024) *Reindustrialización, reconversión laboral y transición energética justa en Colombia* (Serie Análisis, Cambio climático, energía y ambiente). Bogotá: Fundación Friedrich-Ebert-Stiftung de Colombia. https://library.fes.de/pdf-files/bueros/kolumbien/21372.pdf

Agar, D., & Rasi, M. (2008). On the use of a laboratory-scale Pelton wheel water turbine in renewable energy education. *Renewable Energy*, 33(7), 1517–1522. https://doi.org/10.1016/j.renene.2007.08.006

Agencia Nacional de Minería. (2020, abril 4). *Accidente Minero por Explosión.* https://www.anm.gov.co/sites/default/files/DocumentosAnm/leccion_aprendida_explo_sub_carbon_cucunuba_cundinamarca_2020.pdf

Åkerblom, D. & Lindahl, M. (2017). Authenticity and the relevance of discourse and tabled worlds in secondary students' discussions of socioscientific issues. *Teaching and Teacher Education,* 65, 205-214. https://doi.org/10.1016/j.tate.2017.03.018

Akinsemolu, A. A., & Onyeaka, H. (2025). The role of green education in achieving the Sustainable Development Goals: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 210, 115239. https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.115239

Alacapınar, F. (2008). Effectiveness of project-based learning. *Eurasian Journal of Educational Research*, 17-34. https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1066398.pdf

Albe, V. (2021). Global Warming In Science Curriculum. *International Journal of Education, Technology and Science*, 1(2), 119–134. https://ijets.org/index.php/IJETS/article/view/25

Al-Kamzari, F., Alias, N. (2025) A systematic literature review of project-based learning in secondary school physics: theoretical foundations, design principles, and implementation strategies. *Humanities and Social Sciences Communications.* 12, 286. https://doi.org/10.1057/s41599-025-04579-4

Almeida, M. C., Barbosa, L. A., El-Hani, C. N., & Sepulveda, C. (2016). *Pesquisa colaborativa: um caminho para superação da lacuna pesquisa-prática e promoção*

de desenvolvimento profissional docente. Em C. Sepulveda, & M. Almeida, Pesquisa colaborativa e inovações educacionais em ensino de biologia (pp. 17– 47). Feira de Santana, Brasil: UEFS Editora. https://books.scielo.org/id/wskfd

Allegro, M., & Rodríguez, M. (2010). Actividades controladas para el aprendizaje significativo de la destreza de producción oral en inglés como LE. *Revista ciencias de la educación, 12*(1), 133-152. https://www.revistas.upel.edu.ve/index.php/educacion

Alotaibi, I., Abido, M., Khalid, M., & Savkin, A. (2020). A comprehensive review of recent advances in smart grids: A sustainable future with renewable energy resources. *Energies*, 13 (23), 6269. https://doi.org/10.3390/en13246269

Altieri, M. A., & Nicholls, C. I. (2020). Agroecology and the reconstruction of a post-COVID-19 agriculture. *The Journal of Peasant Studies*, 47(5), 881–898. https://doi.org/10.1080/03066150.2020.1782891

Álvarez-Berríos, N. & Aide, T. M. (2015). Global demand for gold is another threat for tropical forests. *Environmental Research Letters*, 10(1), 014006. https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/1/014006

Álvarez-Torres, S. H., & Riaño-Casallas, M. I. (2018). La política pública de seguridad y salud en el trabajo: el caso colombiano. *Revista Gerencia y Políticas de Salud*, 17(35), 1–56. https://doi.org/10.11144/Javeriana.rgps17-35.ppss

Amundarain, M., & Pérez, A. (2020). Recepciones de la pedagogía experiencial de Dewey en diversos enfoques metodológicos: el valor añadido del aprendizaje-servicio. *Educatio Siglo XXI, 38*(3), 295-316. https://doi.org/10.6018/educatio.452891

Andersen, N. (1986). A Model For Renewable Energy Education. *Pergamon*, 2242-2246. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0360544286903648

Angamarca, M. M. H., Sagñay, S. E. A., Sánchez, M. C. T., & Vera, P. E. P. (2025). El Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) como Enfoque Pedagógico Innovador: Una Revisión Bibliográfica. *Polo del Conocimiento*, 10(2), 2035-2055. https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es

Anzola, D. (2021). *La evolución estelar una propuesta con el proyecto de Astronomía en la EPE.* Retrieved from Universidad Pedagogica Nacional: http://repository.pedagogica.edu.co/handle/20.500.12209/17066

Arango, J. S., & Romero, Á. E. (2023). Enseñanza de la Física mediante el abordaje de cuestiones sociocientíficas en el contexto colombiano. Góndola, *Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 18(Especial), 52–65. https://doi.org/10.14483/23464712.21332

Araya, N. (2014). Las habilidades del pensamiento y el aprendizaje significativo en matemática de escolares de quinto grado en Costa Rica. *Actualidad en Investigación Educativa, 14*(2), 1-27. https://doi.org/10.15517/aie.v14i2.14812

Arévalo, S., Apolinar, R. A., & Beltrán, L. P. (2023). Huella ecológica de la explotación de hidrocarburos: Un análisis de sus impactos ambientales. *Revista Iberoamericana de la Educación,* 9(1). https://revistaiberoamericana.org/index.php/es

Arias, N., & Gómez, T. (2013). *Cartilla para la enseñanza de las energías renovables.* En Arias, P., Bellouin, N., Coppola, E., Jones, R., Krinner, G., Marotzke, J., & Zickfeld, K. (2021). Climate Change 2021: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change; technical summary. https://investigacion.ubu.es/documentos/5db18047299952477238 94f9

Anderson, T., & Shattuck, J. (2012). Design-Based Research. *Educational Researcher*, 41(1), 16–25. doi:10.3102/0013189x11428813

Arias, N. & Tricio, V. (2014). Energías renovables: una propuesta para su enseñanza. *Latin-American Journal of Physics Education*, 8(3), 487-493. http://www.lajpe.org

Ariza, J. Á., & Olatunde-Aiyedun, T. G. (2023). Bringing Project-Based Learning into Renewable and Sustainable Energy Education: A Case Study on the Development of the Electric Vehicle EOLO. *Sustainability*, 15(13), 10275. https://doi.org/10.3390/su151310275

Arregui, G. S., Plano, M. A., & Concari, S. B. (2015). Laboratorio remoto móvil de energía solar térmica para evaluar el comportamiento de un calefón solar. *Revista de Enseñanza de la Física*, 27(No Extra), 593-599. https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF

Arregocés, H. A., Rojano, R., & Restrepo, G. (2023). Health risk assessment for particulate matter: Application of AirQ+ model in the northern Caribbean region of Colombia. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 16(5), 897–912. https://doi.org/10.1007/s11869-023-01304-5

Arteaga, H., Rodríguez, M., González, M., & Villarreal, S. (2017). Importancia de la Investigación Cualitativa y Cuantitativa para la Educación. *Educateconciencia*, 163-174. https://tecnocientifica.com.mx/educateconciencia/

Atehortúa, C. D. P., & Ramírez, J. C. (2024). Gas natural: ¿un aporte para la transición justa? Estudio de caso sobre el proyecto de masificación de gas realizado por Canacol Energy en los municipios de Sahagún y Pueblo Nuevo del departamento de Córdoba entre los años 2019 y 2021. https://repository.eafit.edu.co/

Asociación Nacional de Empresas Generadoras (2023). *GENSA, Central de Generación Térmica Termopaipa*. https://www.andeg.org/empresas-asociadas/gensa/

Auliyani, C. N., Arianto, F., & Kholidya, C. F. (2025). A systematic literature review of project-based learning integrated with STEM education: Examining implementation strategies, outcomes, and challenges. *Jurnal Visi Ilmu Pendidikan*, 17(1), 214-231. https://doi.org/10.26418/jvip.v17i1.85610

Ayllon, M. A., Leyton, G. J., Flores, K. T., & Delgado, B. V. (2024). Rumbo a una transición energética sustentable: un análisis del potencial de las energías renovables. *Pluriversidad*, (13). https://revistas.urp.edu.pe/index.php/Pluriversidad

Ayoub, A., Wainwright, H., Sansavini, G., Gauntt, R., & Saito, K. (2023). Resilient design in nuclear energy: Critical lessons from a cross-disciplinary review of the Fukushima Dai-ichi nuclear accident. *Physics and Society, arXiv.* https://doi.org/10.48550/arXiv.2303.08868

Balaya, P. (2014). Design-based learning in the Engineering Science Programme: Major design project on solar-powered buggy. CDTL Brief, First Look (Nov/Dec 2014). Retrieved from http://www.cdtl.nus.edu.sg/brief/firstlook/pdf/P_ Balaya.pdf

Balibrea, A., & Pro Bueno, A. (2018). "Energías renovables". Una unidad didáctica en "El Mundo de Pandora". Ápice. Revista De Educación Científica, 2(1), 40-49. https://doi.org/10.17979/arec.2018.2.1.3299

Ballesteros, V. (2016). Panorama mundial de las energías renovables e importancia de la energía fotovoltaica. Revista Científica, 26, 194-203. https://doi.org/10.14483/23448350.10513

Ballesteros, V., Gallego, A. P., & Salamanca, J. (2018). La educación en energías renovables como alternativa de promoción del compromiso público ascendente entre los indígenas Wayuu del corregimiento Wimpechi, municipio de Uribia, en la Alta Guajira. *Revista TED* (Extraordinario). https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED

Ballesteros, V., & Gallego, A. (2019). La educación en energías renovables desde las controversias socio-científicas en la educación en Ciencias. *Revista Científica*, 192-200. https://doi.org/10.14483/23448350.13531

Ballesteros, V., & Gallego, A. (2022). De la alfabetización científica a la comprensión pública de la ciencia. *Trilogía Ciencia, Tecnología, Sociedad, 14*(26), 1-19. doi:https://revistas.itm.edu.co/index.php/trilogia/article/view/1855

Bannan, B. (2003). The Role of Design in Research: The Integrative Learning Design Framework. Educational Researcher, 32(1), 21–24. doi:10.3102/0013189x032001021

Bannan, B. (2009). The integrative learning design framework: An illustrated example from the domain of instructional technology. *An introduction to educational design research*, 53-73. https://www.researchgate.net/publication/255586348_The_Integrative_Learning_Design_Framework

Barab, S.A., y Squire, K. (2004). Introduction: Design-Based Research: Putting a Stake in the Ground. *The Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 1-14. https://doi.org/10.1207/s15327809jls1301_1

Barab, S., & Squire, K. (2016). Design-based research: Putting a stake in the ground. *Design-based Research*, 1-14. https://doi.org/10.4324/9781315105642-1

Barbosa, J. C., & Oliveira, A. M. P. (2015). Por que a Pesquisa de Desenvolvimento na Educação Matemática? *Revista do programa de pós-graduação em educação matemática da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS)*, 8, 526-546. https://periodicos.ufms.br/index.php/pedmat

Bascopé, M. T., & Reiss, M. J. (2021). Place-Based STEM Education for Sustainability: A Path towards Socioecological Resilience. *Sustainability*, 13(7), 676. https://doi.org/10.3390/su13073746

Bebbington, A., Abdulai, A., Bebbington, D. H., Hinfelaar, M., & Sanborn, C. (2018). Governing extractive industries: Politics, histories, ideas. Oxford University Press. https://global.oup.com/academic/product/governing-extractive-industries-9780198820932

Bedoya-Ortiz, D. H. (2023). Nuevas Prácticas Pedagógicas Encaminadas Hacia la Educación del Futuro: Cuestión Socio Científica como Metodología de Transformación en Colombia. Revista Perspectivas, 8(S1), 411–420. https://doi.org/10.22463/25909215.4410

Bedoya, A. F. R., & Castillo, J. J. N. (2023). La Innovación Tecnológica Como Impulsor De Políticas Públicas En Materia De Energías Renovables Y Desarrollo Sostenible: Análisis De La Implementación De Energías Renovables En Colombia Y México. *Revista de Direito da Cidade*, *15*(4), 2161-2179. https://doi.org/10.12957/rdc.2023.76584

Benchikh, O. (2001). Global renewable energy education and training programme (GREET Programme). *Desalination*, 141(2), 209–221. doi:10.1016/s0011-9164(01)00406-4

Bencze, L., Pouliot, C., Pedretti, E., Simonneaux, L., Simonneaux, J., & Zeidler, D. (2020). SAQ, SSI and STSE education: defending and extending “science-in-context”. Cultural Studies of Science Education, 15(3), 825–851. https://doi.org/10.1007/s11422-019-09962-7

Benitez, K., Montes, J., & Orozco, O. (2020, marzo 12). *Identificación de metodologías en el proceso de enseñanza -aprendizaje en energías renovables, aplicables a través de la construcción de una electiva profesional dirigido a los programas académicos en la Universidad Cooperativa de Colombia.* Universidad Cooperativa de Colombia: https://repository.ucc.edu.co/entities/publication/56eec674-8ef4-4222-ba62-d44df8ba2bef

Besaure, S. (2019). Energías renovables en la realidad noticiosa: Secuencia didáctica para la enseñanza de las energías renovables mediante el trabajo de la reflexión en torno a conflictos sociocientíficos. *Revista Electrónica de Innovación en Enseñanza de las Ciencias REINNEC*, 3(2), 100-129. doi:10.5027/reinnec.V3.I2.64

Bhattacharya, S. (2001). Renewable energy education at the university level. *Renewable Energy, 22*, 91-117. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960148100000112

Blackmore, J., Bateman, D., & Cloonan, A. (2011). Innovative learning environments research study. *Victoria: Department of Education and Early Childhood Development, 3*, 1-61. https://www.education.vic.gov.au/Documents/about/research/findingsfromresearch/innovativelearningenvs.pdf

Blanco, A., Brero, V., Jiménez, M., & Prieto, M. (2006). Las relaciones CTS en la educación científica. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 3(3), 520-523. https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/3892

Bocarejo, D. (2017). Water, territory and subjectivities: Social mobilization around the protection of páramos in Colombia. *Latin American Research Review*, 52(1), 88–102. https://doi.org/10.25222/larr.66

Bofferding, L., & Kloser, M. (2014). Middle and high school students' conceptions of climate change mitigation and adaptation strategies. *Environmental Education Research*, 21(2), 275–294. doi:10.1080/13504622.2014.888401

Bono, L. C., & Tenutto, M. (2018). Cultura Tecno Científica - Percepción social - Interfase entre la escuela y las Políticas Públicas - Trasferencias educativas. *Anuario Digital de Investigación Educativa* (1), 458-474. https://revistas.bibdigital.uccor.edu.ar/index.php/adiv

Bonza, E. F., Fernández, F. H., Duarte, J. E. (2008). Estudio de la energía y el medio ambiente: una propuesta didáctica computarizada. *Revista TED*, 23, 7-15. https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/240

Borhan, M., & Ismail, Z. (2011). Pre-Service Teachers' Perception toward Environmental Knowledge, Attitudes and Behaviours. *Malaysian Journal of Learning and Instruction*, 117-137. https://e-journal.uum.edu.my/index.php/mjli

Boudiaf, H. (2023). Renewable Energies, Environment And GDP Interactions In Low-Income Countries. *Investigación Económica*, 83(327), 30–54. https://doi.org/10.22201/fe.01851667p.2024.327.85671

Boud, D., & Molloy, E. (2021). Feedback in higher and professional education: Understanding it and doing it well. *Routledge*. https://doi.org/10.4324/9780429355249

Bowers, C. (2007). Introducing eco-justice and the revitalization of the commons issues into thinking about environmental education. *Sustainable Communities, Sustainable Environments*, 47-60. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4020-6188-7_4

Bramwell-Lalor, S., Kelly, K., & Gentles, C. H. (2023). Project-based learning for environmental sustainability action. *Southern African Journal of Environmental Education*, 39(1), 1-15. https://doaj.org/article/acfa4a9e391b4cd7b4a4c09e9c2e0927

Broitman, C., & Rocamora, V. (2021). Ciencia y argumentos científicos en la controversia sobre la instalación del proyecto HidroAysén: normativa, debate y proceso. *Anuario Electrónico de Estudios en Comunicación Social "Disertaciones",* 14(2) 1-21. https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/disertaciones/a.10437

Broman, L. (2018). On the Importance of Education When Implementing Renewable Energy. *EuroSun 2018 Conference Proceedings.*, 1-6. https://proceedings.ises.org

Buch, G., Longhi, A., Menezes, C., & Schroeder, E. (2013). Clubes de ciências vinculados ao projeto enerbio – energia da transformação: promotores da alfabetização científica de estudantes clubistas do ensino médio em Blumenau, Santa Catarina -

Brasil. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas* (No Extra), 518-522. https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/307029

Bush, J., Kane, M., Fick, D., & Zong, Z. (2011). An interactive approach to renewable energy research and education. *2011 Frontiers in Education Conference*. https://doi.org/10.1109/FIE.2011.6142856

Bussotti, P. (2023). Introducing the concept of energy: educational and conceptual considerations based on the history of physics. Proceedings of the 5th International Baltic Symposium on Science and Technology Education. https://www.scienceeducation.lt

Buytaert, W., Cuesta-Camacho, F., & Tobón, C. (2011). Potential impacts of climate change on the environmental services of humid tropical alpine regions. *Global Ecology and Biogeography,* 20(1), 19–33. https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2010.00585.x

Cabana, M. F., Reyna, M., & Reichenbach, M. C. (2019). La energía como problema socio-científico. Un ejemplo de abordaje en aulas secundarias y universitarias de formación docente. *Actas V Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales*. Argentina: Universidad Nacional de La Plata. http://jornadasceyn.fahce.unlp.edu.ar

Camacho, R., Rivas, C., Castro, M., & Quiñones, C. (2020). Innovación y tecnología educativa en el contexto actual latinoamericano. *Revista de Ciencias sociales*. https://produccioncientificaluz.org/index.php/rcs

Campo, Y. C., Villares, E. N., Gómez, E. O., Villares, A. M., & Vásquez, L. M. (2023). Educational Innovation: Integration of Entrepreneurial Competencies through Project-Based Learning. Revista *Latinoamericana De Ciencias Sociales y Humanidades*, 4(3), 721–734. https://doi.org/10.56712/latam.v4i3.1109

Cala, R. F. (2019). Integrating Graphic Organizers in Lesson Packages and Its Effect to Students' Levels of Conceptual Understanding. *International Journal of Secondary Education*, 7(4), 89–100. https://doi.org/10.11648/j.ijsedu.20190704.11

Caldas, T. M., & Costa, V. J. (2016). Motivações e desafios para engajar-se na pesquisa colaborativa em inovação educacional: o relato de experiência de duas professoras-pesquisadoras. Em C. Sepúlveda, & M. Almeida, Pesquisa colaborativa e inovações educacionais em ensino de biologia (pp. 127–143). Feira de Santana, Brasil: UEFS Editora. https://books.scielo.org/id/wskfd

Calderón, C. L. & Aguirre, J. (2017). Las celdas solares como alternativa pedagógica en la enseñanza de la electricidad. *Revista de Física*, 55, 44-56. https://revistas.uni.edu.pe/index.php/revistafisica

Calle-Fernández, B. F., Dávila-Arteaga, C. A., Mejía-Macías, J. M., Quiroz-Soledispa, J. L., & Peralta-Jaramillo, J. (2025). Innovación en educación energética: Laboratorios remotos y módulos sobre transición energética y fuentes renovables. *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación*, 8(16), 137–154. https://doi.org/10.46296/ig.v8i16.0288

Calixto, R. (2015). Educación ambiental para la sustentabilidad en la educación secundaria. *Actualidades Investigativas en Educación*, *15*(3), 543-563. http://dx.doi.org/10.15517/aie.v15i3.20929

Calixto, R., (2022). Estudiantes del bachillerato y cambio climático. Un estudio desde las representaciones sociales. *Revista Electrónica Educare, 26*(3), 237-255. https://doi.org/10.15359/ree.26-3.14

Campa-Bousoño, C., Barranco, D., García-Pérez, Á., & Biel-Maeso, M. (2025). The impact of scientific knowledge and debate on attitudes: Analyzing prospective primary teachers' knowledge of energy sources. *Science & Education*. https://doi.org/10.1007/s11191-025-00706-4

Campos, R., & Álvarez, L. (2023). El proceso de enseñanza-aprendizaje en las Ciencias Sociales con enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad. *Varona. Revista Científico Metodológica*, (77). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_serial&pid=1992-8238

Cano, C. (2010). Enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS): perspectivas educativas para Colombia. *Zona próxima*, 222-239. https://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/zona/article/view/1148

Caraballo Pou, M. Á., & García Simón, J. M. (2017). Energías renovables y desarrollo económico. Un análisis para España y las grandes economías europeas. El Trimestre Económico, 84(335), 571-609. https://doi.org/10.20430/ete.v84i335.508

Cárdenas-Mimendi, S., & Hernández-Medina, E. (2021). El prototipo en la investigación a través del diseño: Una mirada desde el upcyling. *I+Diseño. Revista Científico-Académica Internacional De Innovación, Investigación Y Desarrollo En Diseño*, *16*, 85–106. https://doi.org/10.24310/Idiseno.2021.v16i.11316

Carpintero, Ó., & Frechoso, F. A. (2023). Energía, sostenibilidad y transición: nuevos desafíos y problemas pendientes. *Arbor*, *199*(807), a687-a687. https://doi.org/10.3989/arbor.2023.807001

Carr, W., y Kemmis, S. (1988). Teoría crítica de la enseñanza: La investigación-acción en la formación del profesorado. Ediciones Martínez Roca. https://books.google.com/books?id=4mYFAQAACAAJ

Carrabba, C., & Farmer, A. (2018). The impact of project-based learning and direct instruction on the motivation and engagement of middle school students. *Language Teaching and Educational Research*, 163-174. https://dergipark.org.tr/en/pub/later

Carr-Cornish, S., & Romanach, L. (2014). Differences in public perceptions of geothermal energy technology in Australia. *Energies*, 1555-1575. https://doi.org/10.3390/en7041555

Carretero-Gómez, B. (2011). Construimos un calentador de agua solar para trabajar la sostenibilidad. Revista Eureka Sobre Enseñanza Y Divulgación De Las Ciencias, 9(1), pp. 143-154. https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/2757

Carrión, M. L. M., Chávez, J. A. L., Chuya, F. P. R., & Yascaribay, M. J. V. (2025). Aprendizaje basado en problemas y proyectos: claves socio-constructivistas para la

enseñanza en secundaria. *Sapiens Discoveries International Journal* (SDIJ), 3(1), 3. https://sapiensdiscoveries.com

Castro, J. & Gallego, A. P. (2015). La educación energética, una prioridad para el milenio. *Revista Científica*, 21 (1), 111-120. https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.RC.2015.21.a9

Castro, G. G., & Oliveira, M. (2019). Projeto de um aerogerador didático. *Brazilian Journal of Development*, 5(11), 27751-27758. https://doi.org/10.34117/bjdv5n11-215

Cavalcanti, M. H., Ribeiro, M. M., & Barro, M. R. (2018). Planejamento de uma sequência didática sobre energia elétrica na perspectiva CTS. *Ciência & Educação* (Bauru), 24(4), 859-874. doi:https://doi.org/10.1590/1516-731320180040004

Cebrián, G., & Junyent, M. (2014). Competencias para la sostenibilidad en contextos de educación formal: Análisis de prácticas docentes. *Revista de Educación*, 363, 38–64. https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2014-363-264

Cedeño, R., Vásquez, P., & Maldonado, I. (2023). Impacto de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en el Rendimiento Académico: Una Revisión Sistemática de la Literatura. *Revista Científica Multidisciplinar Ciencia Latina , 7*(4). https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7732

Celik, E. (2016). Introducing Renewable Energy Through Projects. Proceedings of the ASME 2016 International Mechanical Engineering Congress and Exposition (págs. 1-7). Arizona, USA: Copyright. https://doi.org/10.1115/IMECE2016-65584

Çelikler, D., Yılmaz, A., & Aksan, Z. (2016). Determining the attitudes towards renewable energy sources of twelfth grade students attending different types of high schools. *Journal of Educational and Instructional Studies in the World*, 6, 103– 113. https://www.wjeis.org

Centeno-Sandoval, M. A., Fernández-Romero, C. A., & Ayala-Huacón, C. J. (2025). Aprendizaje basado en proyectos como estrategia didáctica en el proceso educativo en la educación superior. *MQRInvestigar*, 9(2), e750-e750. https://doi.org/10.56048/MQR20225.9.2.2025.e750

Céspedes, J., & Torres, A. (2021). La acción de los profesores de ingeniería en la educación en energías renovables no convencionales. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 328-334. https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED

Chalie, M., & Javi, V. (2013). Formación docente en servicio y su recurrencia a material multimedia para enseñar las energías renovables. *Revista Eletrônica de Educação, 7*(2), 381-398. http://www.reveduc.ufscar.br

Chen, R., Goodman, D., Izadian, A., & Cooney, E. (2010). Teaching Renewable Energy Through Hands-On Project-Based Learning for Engineering Technology Students. American Society for Engineering Education, (págs. 1-8). Kentucky, Estados Unidos. https://peer.asee.org/teaching-renewable-energy-through-hands-on-project-based-learning-for-engineering-technology-students

Chen, C. H., & Yang, Y. C. (2019). Revisiting the effects of project-based learning on students' academic achievement: A meta-analysis investigating moderators. *Educational Research Review*, 26, 71–81. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2018.11.001

Chen, L. & Xiao, S. (2021). Perceptions, challenges and coping strategies of science teachers in teaching socioscientific issues: A systematic review *Educational Research Review*, (), –. doi:10.1016/j.edurev.2020.100377

Chiou, R., & Belu, R. G. (2013). Student Learning Experience from Renewable Energy Case Studies. Engineering Education: Frankly, We Do Give a D*mn (págs. 1-16). Atlanta, Estados Unidos: American Society for Engineering Education. https://doi.org/10.18260/1-2--22485

Chaniotou, Z., Bardi, C., & Georgiou, M. (2025). Climate change as a socio-scientific issue in science education: A systematic review. APEduC Revista / APEduC Journal, 6(1), 73–85. https://doi.org/10.58152/APEduCJournal.587

Choo, B., & Go, Y. (2022). Energy storage for large scale/utility renewable energy system-An enhanced safety model and risk assessment. *Renewable Energy Focus*, 79-96. https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1755008422000291

Chrysochou, T. P., Katsiampoura, G., & Skordoulis, C. K. (2025). From STS to STEM: Rethinking STEM education. *Discover Education***,** 4, 381. https://doi.org/10.1007/s44217-025-00784-0

Chung, Y., Yoo, J., Kim, S.-W., Lee, H., & Zeidler, D. L. (2014). Enhancing students' communication skills in the science classroom through socioscientific issues. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 14(1), 1–27. doi:10.1007/s10763-014-9557-6

Ciriminna, R., meneguzzo, F., & Pecoraino, M. (2016). Rethinking solar energy education on the dawn of the solar economy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 63*, 13-18. https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.05.034

Clares, J. F., & Alarcón, M. (2018). El método de proyectos en la ESO. aprendizaje de contenidos tecnológicos relativos a la energía en la educación secundaria obligatoria. *IV encuentro de ingeniería de la energía del campus mare nostrum*, (pág. 257-266). Murcia. https://repositorio.upct.es/handle/10317/7587

Cobb, P., Confrey, J., diSessa, A., Lehrer, R., & Schauble, L. (2003). Design Experiments in Educational Research. *Educational Researcher*, 32(1), 9–13. doi:10.3102/0013189x032001009

Cobo-Huesa, I., Sánchez-Martín, J., & Blanco-López, A. (2019). Is environmental education a good vehicle to promote energy awareness? Evidence from a case study in a rural area of Colombia. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 17(S1), 87–104. https://doi.org/10.1007/s10763-019-09988-x

Cobo-Huesa, C., Abril, A. M., & Ariza, M. R. (2021). Investigación basada en el diseño en la formación inicial de docentes para una enseñanza integrada de la naturaleza de la ciencia y el pensamiento crítico. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de

las Ciencias, 18(3), 3801. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i3.3801

Coll, C., & Monereo, C. (2008). Educación y aprendizaje en el siglo XXI: nuevas herramientas, nuevos escenarios, nuevas finalidades. In C. Coll, & C. Monereo, *Psicología de la educación virtual* (pp. 19-53). Ediciones Morata. https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=365801

Colombo, P. D., & Marandino, M. (2020). Museus de ciências e controvérsias sociocientíficas: reflexões necessárias. Journal of Science Communication – América Latina, 3(1). https://doi.org/10.22323/3.03010202

Córdova-Gutiérrez, C. A. (2024). Energías renovables en educación: Conciencia ambiental, tecnología y políticas públicas. Horizon International Journal, 2(1), 40–53. https://doi.org/10.63380/hij.v2n1.2024.45

Cozzi, L., Gould, T., Bouckart, S., Crow, D., Kim, T., McGlade, C., & Wetzel, D. (2020). World energy outlook 2020. *Energy*, 30. https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2020

Craciun, D. (2010). Role-playing as a creative method in science education. *Journal of Science and Arts*, 175. http://www.josa.ro/en/index.php/josa/article/view/127

Craig-Hare, J., Ault, M., & Rowland, A. (2017). The effect of socioscientific topics on discourse within an online game designed to engage middle school students in scientific argumentation. Journal of Education in Science, Environment and Health (JESEH), 3(2), 110-125. DOI: 10.21891/jeseh.325783

Crawford, L. K., Arellano Carmona, K., & Kumar, R. (2024). Examining the impact of project-based learning on students' self-reported and actual learning outcomes. *Pedagogy in Health Promotion*, 10(4), 241–249. https://doi.org/10.1177/23733799241234065

Crookston, B., Smith, V., Welker, A., & Campbell, D. (2020). Teaching hydraulic design: Innovative learning in the classroom and the workplace. *Journal of Hydraulic Engineering*, 04020006. https://doi.org/10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0001817

Cuellar, J. D., Espinosa, A. V., Sierra, B. O., Mosquera, J. A., & Amórtegui, E. F. (2021). Concepciones sobre recursos energéticos en estudiantes de básica secundaria en seis municipios del departamento del Huila- Colombia. *Revista Electrónica EDUCyT*, *11*(Extra), 303–313. Recuperado a partir de https://die.udistrital.edu.co/revistas/index.php/educyt/article/view/47

Darling-Hammond, L., Flook, L., Cook-Harvey, C., Barron, B., & Osher, D. (2020). Implications for educational practice of the science of learning and development. *Applied Developmental Science,* 24(2), 97–140. https://doi.org/10.1080/10888691.2018.1537791

De Benito-Crosetti, B., & Salinas-Ibáñez, J. M. (2016). La Investigación Basada en Diseño en Tecnología Educativa. RiiTE Revista interuniversitaria de investigación en Tecnología Educativa. https://doi.org/10.6018/riite2016/260631

Del Castillo, F. y Chapid, J. (2019). Desarrollo del pensamiento crítico desde un asunto socio científico : la carbonera vista desde un club de ciencias. Universidad del valle. https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/handle/10893/17338

Del Río, P., & Burguillo, M. (2009). An empirical analysis of the impact of renewable energy deployment on local sustainability. *Renewable and Sustainable Energy Reviews,* 13(6-7), 1314–1325. https://doi.org/10.1016/j.rser.2008.08.001

Demirçalı, S. (2025). The impact of STS-oriented nature education programs on middle school students' creativity. *Education Sciences*, 15(11), 1556. https://doi.org/10.3390/educsci15111556

Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2023). Estos son los efectos en el empleo y el sistema de seguridad social de la economía baja en carbono [Comunicado]. Gobierno de Colombia. https://www.dnp.gov.co

Department of Labor, Mine Safety and Health Administration (2024). *Lowering miners' exposure to respirable crystalline silica and improving respiratory protection* (Regulación final). Federal Register, 89(76), 28218–… https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-2024-04-18/pdf/2024-07852.pdf

De Schrijver, J., Blancke, S., Cornelissen, E., Sermeus, J., & Dunlop, L. (2022). Are we allowed to tinker with (human) DNA? Addressing socioscientific issues through philosophical dialogue – the case of genetic engineering. En X. Sá-Pinto, A. Beniermann, T. Børsen, M. Georgiou, A. Jeffries, P. Pessoa, B. Sousa, & D. L. Zeidler (Eds.), Learning evolution through socioscientific issues (pp. 197–216). UA Editora. https://doi.org/10.48528/4sjc-kj23

De Silva, F. (2015). Methodology and tools of a docent strategy for the teaching and learning of climate change and renewable energies. *ICERI2015 Proceedings, 18*, 3924-3949. https://library.iated.org/view/DESILVA2015MET

Design-Based Research Collective. (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational researcher*, 32 (1), 5-8. https://doi.org/10.3102/0013189X032001005

Dias, R. A., Rios de Paula, M., Silva Rocha Rizol, P. M., Matelli, J. A., Rodrigues de Mattos, C., & Perrella Balestieri, J. A. (2021). *Energy education: Reflections over the last fifteen years*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 141, 110845. https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110845

Díaz, P. (2013). Diseño e implementación de un laboratorio de energías renovables en la Universidad de la Costa. *Ponencia presentada durante el WEEF 2013*, Cartagena. https://www.gedcouncil.org/weef-2013

Díaz, V. P. & Calzadilla, A. (2016). Artículos científicos, tipos de investigación y productividad científica en las Ciencias de la Salud. Revista Ciencias de la Salud, 14(1),115-121.[fecha de Consulta 13 de mayo de 2022]. ISSN: 1692-7273. Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56243931011

Dionor, G. A., Conrado, D. M., Martins, L., & Nunes-Neto, N. F. (2020). Avaliando propostas de ensino baseadas em questões sociocientíficas: Reflexões e perspectivas para

ciências no ensino fundamental. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 20(u), 429–464. https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2020u429464

Dirma, V., Neverauskienė, L. O., Tvaronavičienė, M., Danilevičienė, I., & Tamošiūnienė, R. (2024). The Impact of Renewable Energy Development on Economic Growth. *Energies*, 17(24), 6328. https://doi.org/10.3390/en17246328

Dishadewi, P., Wiyarsi, A., Prodjosantoso, A. K., & Nugraheni, A. R. (2020). Chemistry-based socio-scientific issues (SSis) as a learning context: an exploration study of biofuels. Journal of Physics: Conference Series, 1-12. doi:10.1088/1742-6596/1440/1/012007

Do Canto, J., de Souza, R., Lotthammer, K., & da Silva, J. (2017). A utilização da Experimentação Remota como Ferramenta Pedagógica no ensino de Energia Renovável. IntegraçãO De Tecnologias Na EducaçãO: PráTicas Inovadoras Na EducaçãO BáSica, 1, 111-115. https://www.lume.ufrgs.br

Domènech-Casal, J. (2018). Concepciones de alumnado de secundaria sobre energía. Una experiencia de aprendizaje basado en proyectos con globos aerostáticos. Enseñanza de las Ciencias, 36(2), 191-213. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2462

Doran, G. T. (2022). There's a SMART way to write management's goals and objectives. *Management Review,* 70(11), 35–36. https://community.mis.temple.edu/mis3538sec001s2015/files/2015/01/S.M.A.R.T-Way-Management-Review.pdf

Duarte-Abadía, B., & Boelens, R. (2016). Disputes over territorial boundaries and diverging valuation languages: The Santurban hydrosocial highlands territory in Colombia. *Water International*, 41(1), 15–36. https://doi.org/10.1080/02508060.2016.1117271

Dumitru, C. D., & Gligor, A. (2014). Designing of a renewable energy training programme for engineering education. *Procedia Technology*, 12, 753 – 758. https://doi.org/10.1016/j.protcy.2013.12.547

Durak, B. & Topçu, M.S. (2025). Exploring Teachers' Professional Development on Socioscientific Issues and Model-Based Learning: A Multiple Case Study. *Sci & Educ* 34, 4451–4490. https://doi.org/10.1007/s11191-025-00628-1

Eames, M., & Hunt, M. (2013). Energy justice in sustainability transitions research. En K. Bickerstaff, G. Walker, & H. Bulkeley (Eds.), *Energy Justice in a Changing Climate: Social Equity and Low-Carbon Energy* (pp. 46-60). Zed Books. https://www.bloomsbury.com/uk/energy-justice-in-a-changing-climate-9781780329840/

Edsand, H., & Broich, T. (2020). The impact of environmental education on environmental and renewable energy technology awareness: Empirical evidence from Colombia. *International Journal of Science and Mathematics Education, 18*(4), 611-634. https://doi.org/10.1007/s10763-019-09969-x

Eggert, S., Nitsch, A., Boone, W. J., Nückles, M., & Bögeholz, S. (2016). Supporting Students' Learning and Socioscientific Reasoning About Climate Change—the

Effect of Computer-Based Concept Mapping Scaffolds. Research in Science Education, 47(1), 137–159. doi:10.1007/s11165-015-9493-7

Eilks, I., Marks, R., & Stuckey, M. (2018). Socio-scientific issues as contexts for relevant education and a case on tattooing in chemistry teaching. *Educación Química*, 29(1), 9-20. https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2018.1.63680

Emery, K., Harlow, D., Whitmer, A., & Gaines, S. (2017). Compelling evidence: an influence on middle school students' accounts that may impact decision-making about socioscientific issues. *Environmental Education Research*, 23(8), 1115– 1129. https://doi.org/10.1080/13504622.2016.1225673.

Ellabban, O., Abu, H., & Blaabjerg, F. (2014). Renewable energy resources: Current status, future prospects and their enabling technology. *Renewable and sustainable energy reviews*, 748-764. https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.113

Escobar, J. M. (2018). La apropiación social de la ciencia y la tecnología como eslogan: un análisis del caso colombiano. Revista CTS, 38(13), 29-57. https://www.revistacts.net

Espinosa, E., González, K., & Hernández, L. (2016). Las prácticas de laboratorio: una estrategia didáctica en la construcción de conocimiento científico escolar. *Entramado*, 266-281. https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/entramado

Espinosa, M. del P., Castro, C., Sánchez, R. P., & Oviedo, F. H. (2020). La relación sujeto-objeto durante el proceso de educación energética en estudiantes de técnico medio en electricidad en Cuba. Rev*ista Científica de FAREM-Estelí*, (35), 15-30. https://doi.org/10.5377/farem.v0i35.10274

Estacio, R. D., Quicho, R. F., Ibarra, F. P., Bustos, I. G., Collantes, L. M., & Ibañez, E. D. (2023). Graphic Organizers in an Online Learning Environment: Its Influence to Students' Cognitive Load and Knowledge Gain. *Pedagogika*, 148(4), 207–228. https://doi.org/10.15823/p.2022.148.11

Esteban-Santos, S. (2003). La perspectiva histórica de las relaciones Ciencia- Tecnología-Sociedad y su papel en la enseñanza de las ciencias. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(3), 399-415. http://reec.uvigo.es

Ezquerra, A., Fernández-Sánchez, B., & Magaña, M. (2015). Qué contenidos científicos proponen los partidos políticos y su repercusión en la alfabetización científica de la ciudadanía. Estudio sobre el tópico "energía". Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 12(3), 491-507. https://revistas.uca.es/index.php/eureka

Fahrni, D. D. (2025). Promoting metacognitive strategies with educational technologies and teacher practices. Computers & Education: Artificial Intelligence. https://doi.org/10.1016/j.cai.2025.xxx

Falla, O., & Diaz, A. (2023). *La Inobservancia del Estado Colombiano Frente al Suministro de Agua Potable en el Sector Rural del Municipio de Socha Boyacá Estudio del Caso.* Retrieved from Universidad Libre: https://hdl.handle.net/10901/25981

Farrera, N., García-Ramos, O., Nango-Méndez, M., Gómez-Beltrán, C., Becerra- Gómez, P., Moreira-Acosta, J., & López de Paz, P. (2011). Aprendizaje basado en proyectos

de impacto social con enfoque hacia el desarrollo sustentable. *VIII Jornadas Internacionales de Innovación Universitaria,* (pág. 1-11). México. https://abacus.universidadeuropea.com

Fauzan, A., Plomp, T., & Gravemeijer, K. (2018). O Desenvolvimento de um Curso de Geometria Baseado em Educação Matemática Realística para Escolas Primárias Indonésias. En Plomp, T., Nieveen, N., Nonato, E., & Matta, A. Pesquisa-Aplicação Em Educação, uma introdução. (pág. 199-221). São Paulo: Artesanato Educacional Ltda. https://www.researchgate.net/publication/328246936

Ferreira, A. S., Souza, L. C. A. B., Gomes, M. do N., & Barth, A. (2020). A evolução dos estudos sobre questões sociocientíficas: Caracterização dos trabalhos apresentados em eventos brasileiros da área de ensino de ciências. South American Development Society Journal, 6(18), 257–272. https://doi.org/10.24325/issn.2446-5763.v6i18p257-272

Fernández, M. (2008). Ciencias para el mundo contemporáneo. Algunas reflexiones didácticas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 5(2), 185-199. https://revistas.uca.es/index.php/eureka

Fernandes, I., Pires, D., & Villamañán, R. (2014). Educación científica con enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad-Ambiente: construcción de un instrumento de análisis de las directrices curriculares. *Formación universitaria*. https://doi.org/10.4067/S0718-50062014000600002

Filho, W., Longe, A., Do Paco, A., & Anholon, R. (2019). A comparative study of approaches towards energy efficiency and renewable energy use at higher education institutions. *Journal of Cleaner Production, 237*(10), 98-106. doi:https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652619325880

Firme, R.N. (2020). Abordagem ciência-tecnologia-sociedade (CTS) no ensino de ciências: de qual tecnologia estamos falando desde esta perspectiva em nossa prática docente? *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 15(1), 65-82. https://doi.org/10.14483/23464712.14359

Fitriyani, F., Widianto Atmojo, I. R., & Yamtinah, S. (2025). Socio scientific issue approach to enhance critical thinking skills: A PRISMA systematic literature review. *Multidisciplinar* (Montevideo), 3, 212. DOI: 10.62486/agmu2025212

Florencio da Silva, R., Torres-Rivera, A. D., Alves Pereira, V., Regis Cardoso, L., & Becerra, M. J. (2023). Critical Environmental Education in Latin America from a Socio-Environmental Perspective: Identity, Territory, and Social Innovation. Sustainability, 15(12), 9410. https://doi.org/10.3390/su15129410

Flórez, C., Cabrera, E., & Morales, J. (2021). Páramos andinos: Servicios ecosistémicos y conservación en Colombia. *Ecología Aplicada*, 20(2), 65–79. https://doi.org/10.21704/rea.v20i2.1632

Forsström, S., Njå, M., Munthe, E., Houldsworth, L., & Álvarez-Galván, J.-L. (2025). *Key findings and integration strategies on the impact of digital technologies on students'*

learning: Results from a literature review (OECD Education Working Papers, No. 336). OECD Publishing. https://ideas.repec.org/p/oec/eduaab/336-en.html

Fortner, S. K. (2009). Fourth and Fifth Grade Students Learn about Renewable and Nonrenewable Energy through Inquiry. *Journal of Geoscience Education*, 57(2), 121–127. https://doi.org/10.5408/1.3544243

Friman, H. (2017). New Trends in the Higher Education: Renewable Energy at the Faculty of Electrical Engineering. *Energy Procedia*, 115, 18–28. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.05.004

Fullan, M. (2018). Research into educational innovation. *The management of educational institutions*, 245-261. https://doi.org/10.4324/9781315189703

Galani, A., & Mavrikaki, E. (2025). Questões sociocientíficas na educação em ciências – Aproximar o conhecimento da transformação educativa. APEduC Revista - Investigação e Práticas em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia, 6(1), 10–14. https://doi.org/10.58152/APEduCJournal.615

Galeano-Páez, C., Brango, H., Pastor-Sierra, K., Coneo-Pretelt, A., Arteaga-Arroyo, G., Peñata-Taborda, A., … Londoño-Velasco, E. (2024). Genotoxicity and cytotoxicity induced in vitro by airborne particulate matter (PM2.5) from an open-cast coal mining area. *Atmosphere*, 15(12), 1420. https://doi.org/10.3390/atmos15121420

Gallay, E., Pykett, A., & Flanagan, C. (2021). “We Make Our Community”: Youth Forging Environmental Identities in Urban Landscapes. Sustainability, 13(14), 7736. https://doi.org/10.3390/su13147736

Gallego, A. P., Salamanca, J. E., & Ballesteros, V. (2018). Aprendizaje Basado en Proyectos, una experiencia de aula para la educación energética en estudiantes de ingeniería electrónica. *Revista TED. (Extraordinario*), 1-7. https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED

Garbe, A., Ogurlu, U., Logan, N., & Cook, P. (2020). Parents’ experiences with remote education during COVID-19 school closures. *American Journal of Qualitative Research*, 4(3), 45–65. https://doi.org/10.29333/ajqr/8471

García, A. (2003). *Tecnología educativa. Implicaciones educativas del desarrollo tecnológico.* Madrid: La Muralla. https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=10061

García, M. (2020). Los valores éticos y su relación con la Ciencia y la Tecnología. Una propuesta de trabajo en el aula. HASER. *Revista Internacional de Filosofía Aplicada*, (11), 125-161. doi: https://doi.org/10.12795/HASER/2020.i11.05

García, S. A. (2022). Educación ambiental para la sustentabilidad, una apuesta desde la pedagogía crítica y sentipensante. *Revista CoPaLa. Construyendo Paz Latinoamericana*, 14(14), 68–77. https://doi.org/10.35600/25008870.2022.14.0214

García, A., Torres, M. & López, D. (2020). Educación ambiental crítica en contextos escolares rurales. *Revista Colombiana de Educación*, (78), 255-272. https://doi.org/10.17227/rce.num78-10263

García, M., Morales, M., & Gisbert, M. (2022). El desarrollo de la Competencia Digital Docente en Educación Superior. Una revisión sistemática de la literatura. *Revista interuniversitaria de investigación en Tecnología Educativa, 13*, 173-199. doi:https://revistas.um.es/riite/article/view/543011

García, S., Maldonado, D., & Rodríguez, C. (2014). *Propuestas para el mejoramiento de la calidad de la educación básica y media en Colombia.* Retrieved from Fedesarrollo: https://www.repository.fedesarrollo.org.co/handle/11445/150

Garzón, J. E., & Bellon, D. (2023). Retos en la enseñanza de las energías renovables en un mundo digital. Revista Interamericana de Investigación Educación y Pedagogía RIIEP, 16(1), 341–369. https://doi.org/10.15332/25005421.7688

Genç, M., & Akilli, M. (2019). The correlation between renewable energy knowledge and attitude: a structural equation model with future's educators. *Journal of Baltic Science Education,* 18(6), 866-879. Doi: https://doi.org/10.33225/jbse/19.18.866

Genisa, M. U.; Subali, B.; Djukri; Agussalim, A.; Habibi, H. (2020). Socio-scientific issues implementation as science learning material. *International Journal of Evaluation and Research in Education*. 9 (2), 311−317. https://doi.org/10.11591/ijere.v9i2.20527

Gerhátová, Ž., Perichta, P., & Palcut, M. (2020). Project-Based Teaching of the Topic "Energy Sources" in Physics via Integrated e-Learning—Pedagogical Research in the 9th Grade at Two Primary Schools in Slovakia. *Education Sciences*, 10(12), 371 (1-18). doi:10.3390/educsci10120371

Gero, J. (2011). Future Directions for Design Creativity Research. In J. Gero, *Design Creativity 2010* (pp. 15-22). Springer, London. https://doi.org/10.1007/978-0-85729-224-7_2

Gil, D., & Vilches, A. (2006). Educación ciudadana y alfabetización científica: mitos y realidades. *Revista Iberoamericana de Educación*, (42), 31–53. https://rieoei.org/RIE/article/view/2445

Giraldo, M., Gómez, J. D., & García, D. (2018). Las energías renovables en Colombia: problemática social, ambiental y jurídica desde una perspectiva territorial. Bogotá, Colombia: Foro Nacional Ambiental, Políticas Públicas. https://foroambiental.org.co

Gomes, E. T., Júlio, É. F., Pereira, C. W., Gouveia, W. R., Pereira, J. P., & Correia, F. C. (2020). Construção e testes de fogões solares com materiais recicláveis – ensino de energia renovável baseado em aprendizagem ativa. *VIII Congresso Brasileiro de Energia Solar*, (págs. 1-9). Fortaleza, Brasil. https://anaiscbens.emnuvens.com.br

Gomes, A. E. R., & Lopes, N. C. (2023). Questões sociocientíficas no ensino de ciências: Revisão da literatura nos últimos 5 anos através dos Periódicos da CAPES (Comunicação oral, XIV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências). En Anais do XIV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Realize Editora. https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/92833

Gomes, A. E. R., Muracami, E. K., Martins, W. A., & Assis, A. (2025). Caráter interdisciplinar das questões sociocientíficas: Análise dos artigos publicados nos últimos dez anos.

#Tear: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia, 14(2). https://doi.org/10.35819/tear.v14.n2.a7745

González, A. (2018). El concepto "energía" en la enseñanza de las ciencias. *Revista Iberoamericana de Educación*, 38(2), 1–12. https://rieoei.org

González, E., & Meira, P. (2011). Educación, comunicación y cambio climático. Resistencias para la acción social responsable. *Trayectorias, 11*(29), 6-38. https://doi.org/10.22201/iisue.24486167e.2020.168.59185

González, M. O. A., Gonçalves, J. S., & Vasconcelos, R. M. (2017). Sustainable development: Case study in the implementation of renewable energy in Brazil. *Journal of Cleaner Production*, 142, 461–475. Doi:10.1016/j.jclepro.2016.10.052

González, E. J., & Meira, P. Á. (2020). Educación para el cambio climático: ¿Educar sobre el clima o para el cambio? *Perfiles Educativos*, 42(168), 157–174. https://doi.org/10.22201/iisue.24486167e.2020.168.59185

González, F., & Pineda, J. (2022). Transformaciones rurales y desafíos para la sostenibilidad en Colombia. *Revista de Estudios Sociales*, 81, 15–29. https://doi.org/10.7440/res81.2022.02

Gordillo, M., & González, J. (2002). Reflexiones sobre la educación tecnológica desde el enfoque CTS. *Revista Iberoamericana de educación*. https://rieoei.org

Gravemeijer, K., & Cobb, P. (2018). Pesquisa-aplicação para perspectiva de desenho de aprendizage. En Plomp, T., Nieveen, N., Nonato, E., & Matta, A., Pesquisa-Aplicação Em Educação, uma introdução. (págs. 89-136). São Paulo: Artesanato Educacional Ltda. https://www.researchgate.net/publication/328246936

Grimaldo, S., Rojas, J., Larrota, J., & Carrión, D. (2021). Situación problema: un paso a la construcción de conocimiento. Tecné, Episteme y Didaxis: TED, Número Extraordinario. https://revistas.upn.edu.co/index.php/TED/article/view/15555

Gross, M. y Tironi, M. (2017). “Experimentando con la tierra. Geotermia, no-conocimiento y transiciones energéticas como experimentos a la intemperie”. Revista Internacional de Sociología, 75(4), 1-12. doi: http://dx.doi.org/10.3989/ris.2017.75.4.17.05

Gudemos, E., & Giovanetti, C. R. (2008). Preparación de proyectos educativos en energías renovables. Experiencias Educativas. 5to. Congreso Provincial de Educación Tecnológica (pág. 85-92). Córdoba, Argentina: Instituto Superior del Profesorado Tecnológico. https://www.insptec.edu.ar

Guerra-Reyes, F., Guerra-Dávila, E., Naranjo-Toro, M., Basantes-Andrade, A., & Guevara-Betancourt, S. (2024). Misconceptions in the Learning of Natural Sciences: A Systematic Review. *Education Sciences*, *14*(5), 497. https://doi.org/10.3390/educsci14050497

Guerrero, I. y García, A. (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. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2020.v17.i3.3301

Guimarães, A. P., Santana, C. O., & Almeida, R. O. (2016). Crise ambiental: possibilidades de abordagem curricular. Em C. Sepúlveda, & M. Almeida, Pesquisa colaborativa e inovações educacionais em ensino de biologia (pp. 179– 210). Feira de Santana, Brasil: UEFS Editora. https://books.scielo.org/id/wskfd

Guisasola J., & Oliva J.M. (2020) Nueva sección especial de REurEDC sobre investigación basada en el diseño de secuencias de enseñanza. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias 17(3), 3001. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2020.v17.i3.3001

Guisasola, J., Ametller, J., & Zuza, K. (2021). Investigación basada en el diseño de Secuencias de Enseñanza-Aprendizaje: una línea de investigación emergente en Enseñanza de las Ciencias. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 18(1), 1801. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i1.1801

Guisasola, J. (2024). La investigación basada en el diseño: algunos desafíos y perspectivas. Revista Eureka Sobre Enseñanza Y Divulgación De Las Ciencias, 21(2), 2801. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2024.v21.i2.2801

Guisasola, J., Zuza, K., Ametller, J., & Sarriugarte, P. (2024). Research in teaching-learning sequence design: To what extent do designers' theoretical orientations about learning and the nature of science shape design decisions (Preprint). *arXiv.* https://doi.org/10.48550/arXiv.2404.13623

Güiza, L., Rodas, J., & Cifuentes, J. (2019). *Energías Renovables no Convencionales y Cambio Climático: un Análisis para Colombia.* Universidad del Rosario. https://repository.urosario.edu.co

Güler, M., & Afacan, Ö. (2013). The impact of field trips on attitudes and behaviours related to sustainable environmental education. *World Applied Sciences Journal*, 1100-1105. https://idosi.org/wasj

Guo, L. (2022). Using metacognitive prompts to enhance self-regulated learning and learning outcomes: A meta-analysis of experimental studies in computer-based learning environments. *Journal of Computer Assisted Learning*, 38(3), 811–832. https://doi.org/10.1111/jcal.12650

Guo, L., Vengalil, M., Moiz, N., & Kezhou, W. (2022). Design and implementation of virtual laboratory for a microgrid with renewable energy sources. *Computer Applications in Engineering Education, 30*(2), 349-361. https://doi.org/10.1002/cae.22466

Guo, J., & Zhao, B. (2025) Relationship between parental school involvement and its barriers among parents of students in grades 4 to 9: Based on latent class and correspondence analyses. *BMC Psychology,* 13(1), 106. https://doi.org/10.1186/s40359-025-02389-6

Gutierez, S. B. (2015). Integrating Socio-Scientific Issues to Enhance the Bioethical Decision-Making Skills of High School Students. International Education Studies, 8(1), 142-151. https://doi.org/10.5539/ies.v8n1p142

Guven, G., & Sulun, Y. (2017). Pre-service teachers' knowledge and awareness about renewable energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 80*, 663-668. https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.061

Guven, G., & Sulun, Y. (2019). Interdisciplinary approach-based energy education. *Multidisciplinary Journal of Educational Research, 9*(1), 57-87. https://doi.org/10.17583/remie.2019.4015

Habermas, J. (1982). Conocimiento e interés. Taurus. https://books.google.com/books?id=9Q6uAAAACAAJ

Halbi, I., Banner, I., tuchin, B. S., Einav, Y., & Friman, H. (2017). Renewable Energy by Project-Based Learning. The 2017 *International Multidisciplines Research Conference* (pág. 1-7). Berlin: ICBTS Copyright. https://icbtsproceeding.ssru.ac.th

Hammad, B., Al-Zoubi, A., & Castro, M. (2018). Harnessing technology in collaborative renewable energy education. *International Journal of Ambient Energy, 41*(10), 1118-1135. https://doi.org/10.1080/01430750.2018.1492440

Hernández, T. Z., Fuentes, A. P., Tafur, J. C., Figueroa, B. B., & Castro, J. P. (2014). Demostraciones prácticas de los retos y oportunidades de la producción de bioetanol de primera y segunda generación a partir de cultivos tropicales. *Educación Química*, 25(2), 122-127. https://doi.org/10.1016/S0187-893X(14)70550-5

Hernández, N., Intriago, R., Espinoza, J., & Vásconez, P. (2017). Competencia de emprendimiento como sustento de la formación integral e inserción social del estudiante. *Revista Órbita Pedagógica*, 115-125. https://revistaorbita.org

Hernández, R. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuatitativa, cualitativa y mixta.* Mc Graw Hill. https://www.mheducation.com.mx

Herman, B. C., Newton, M. H., & Zeidler, D. L. (2021). Impact of place based socioscientific issues instruction on students' contextualization of socioscientific orientations. *Science Education*, 105(4), 585–627. https://doi.org/10.1002/sce.21632

Hilson, G., Osei, L., & Adu-Darko, E. (2021). Health, safety and environmental practices in artisanal and small-scale mining: A critical reflection on recent policy developments. *Resources Policy*, 72, 102102. https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102102

Hodson, D. (2011). *Looking to the future: Building a curriculum for social activism.* Sense Publishers. https://link.springer.com/book/10.1007/978-94-6091-472-6

Hodson, D. (2013). La Educación en Ciencias como un llamado a la acción. Archivos de Ciencias de la Educación, 7 (7). Recuperado de: http://www.archivosdeciencias.fahce.unlp.edu.ar/article/view/Archivos07a05

Hodson, D. (2020). Going Beyond STS Education: Building a Curriculum for Sociopolitical Activism. Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education, 20(4), 592–622. https://doi.org/10.1007/s42330-020-00114-6

Högström, P., Gericke, N., Wallin, J., & Bergman, E. (2025). Teaching Socioscientific Issues: A Systematic Review. Science & Education, 34(3079–3122). https://doi.org/10.1007/s11191-024-00542-y

Honey, M. (2019). Ecotourism and sustainable development: Who owns paradise? (3rd ed.). Island Press. https://islandpress.org/books/ecotourism-and-sustainable-development

Hoque, F., Yasin, R., & Sopian, K. (2022). Revisiting Education for Sustainable Development: Methods to Inspire Secondary School Students toward Renewable Energy. *Journal of Science Education and Technology, 74*, 212-218. https://doi.org/10.1007/s10956-021-09974-6

Hu, W., Wu, W-N., and Qiao, Q. (2023) Occupational survey-based evidence of health status and welfare problems of workers with pneumoconiosis in China. *Front. Public Health*. 11:1142161. doi: 10.3389/fpubh.2023.1142161

Izgi-Onbasili, U. (2020). Investigation of the effects of out-of-school learning environments on the attitudes and opinions of prospective classroom teachers about renewable energy sources. *Journal of Education in Science*, Environment and Health (JESEH), 6(1), 35-52. DOI:10.21891/jeseh.670049

International Energy Agency (IEA). (2021). *Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector.* OECD/IEA. https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050

International Renewable Energy Agency (IRENA). (2023). Renewable Energy and Jobs – Annual Review 2023. IRENA. https://www.irena.org/publications

Islam, M., & Amin, M. R. (2012). Renewable-Energy Education for Mechanical Engineering Undergraduate Students. *International Journal of Mechanical Engineering Education*, 40(3), 207–219. doi:10.7227/ijmee.40.3.5

Jaber, J. O., Awad, W., Rahmeh, T. A., Alawin, A. A., Al-Lubani, S., Dalu, S. A., … Al-Bashir, A. (2017). Renewable energy education in faculties of engineering in Jordan: Relationship between demographics and level of knowledge of senior students. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 73, 452–459. https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.01.166

Jain, P. K., Lungu, E. M., & Mogotsi, B. (2002). Renewable energy education in Botswana: needs, status and proposed training programs. Renewable Energy, 25(1), 115–129. doi:10.1016/s0960-1481(01)00004-0

Janssen, N. & Lazonder, A.W. (2024) Meta-analysis of Interventions for Monitoring Accuracy in Problem Solving. *Educ Psychol Rev* 36, 96. https://doi.org/10.1007/s10648-024-09936-4

Janghwan, K., Wonsub, S., & Donghoon, S. (2015). Effects on Energy Education Utilizing the Creative Activities program for Elementary School Students' Energy. Changing Climate Awareness and Attitudes. *Educación sobre energía y cambio climático*, 5(2), 185-191. https://www.dbpia.co.kr

Javed, S. A., Fossheim, K., Velasco-Herrejón, P., Koop, N. E., Guzik, M. N., Samuelson, C. D., Seibt, B., & Zeyringer, M. (2025). Beyond costs: Mapping Norwegian youth preferences for a more inclusive energy transition. *Physics and Society*. https://doi.org/10.48550/arXiv.2502.19974

Jennings, P. (2009). New directions in renewable energy education. *Renewable Energy, 34*(2), 435-439. https://doi.org/10.1016/j.renene.2008.04.005

Jennings, P., & Lund, C. (2001). Renewable energy education for sustainable development. *Renewable Energy, 22*(3), 113-118. https://doi.org/10.1016/S0960-1481(00)00091-8

Jeong, J. S., & González, D. (2019). A web-based tool framing a collective method for optimizing the location of a renewable energy facility and its possible application to sustainable STEM education. *Journal of Cleaner Production*, 119747. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119747

Juez, J. y Navarro, J. (2008). Módulo para la enseñanza de la energía solar como una propuesta interdisciplinar para la enseñanza de las ciencias en niveles de educación básica y media en Colombia. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias.* 3(1), 62-67. https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/GDLA

Kacan, E. (2015). Renewable energy awareness in vocational and technical education. *Renewable Energy*, 76, 126-134. https://doi.org/10.1016/j.renene.2014.11.013

Kalyani, D., & Rajasekaran, K. (2018). Innovative teaching and learning. *Journal of applied and advanced research*, 23-25. https://doi.org/10.21839/jaar.2018.v3iS1.165

Kandpal, T. C., & Broman, L. (2014). Renewable energy education: A global status review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 34, 300–324. https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.02.039

Kandpal, T. C., & Broman, L. (2017). Activities in Renewable Energy for School Children (Acta Academiae Stromstadiensis). Strömstad: Strömstad Akademi No. 31, pp 1–48. Retrieved from http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:hv:diva-10971

Karahan, E., & Roehrig, G. (2016). Secondary School Students' Understanding of Science and Their Socioscientific Reasoning. *Research in Science Education*, 47(4), 755–782. doi:10.1007/s11165-016-9527-9

Karışan, D., & Zeidler, D. L. (2024). Teaching socioscientific issues in the digital age: Emerging trends and unexplored frontiers. Turkish Journal of Education, 13(1), 92-109. https://doi.org/10.19128/turje.1384524

Karpudewan, M., Ponniah, J., & Md. Zain, A. N. (2015). Project-Based Learning: An Approach to Promote Energy Literacy Among Secondary School Students. *The Asia-Pacific Education Researcher,* 25(2), 229–237. https://doi.org/10.1007/s40299-015-0237-2

Ke, L., Sadler, T., Zangori, L., & Friedrichsen, P. (2021). Developing and using multiple models to promote scientific literacy in the context of socio-scientific issues. *Science & Education*, 589-607. https://doi.org/10.1007/s11191-020-00149-1

Kelly, A. E. (2009). When is Design Research Appropriate. En T. Plomp, & N. Nieveen, An introduction to educational design research (págs. 73–87). Enschede: SLO Netherlands Institute for curriculum development. https://research.utwente.nl/en/publications/when-is-design-research-appropriate

Kim, Y., Kim, W., & Kim, M. (2014). An international comparative analysis of public acceptance of nuclear energy. *Energy Policy*, 475-483. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.05.041

Kilinc, A., Demiral, U., & Kartal, T. (2017). Resistance to dialogic discourse in SSI teaching: The effects of an argumentation-based workshop, teaching practicum, and induction on a preservice science teacher. Journal of Research in Science Teaching, 54(6), 764–789. doi:10.1002/tea.21385

Kinslow, A. T., Sadler, T. D., & Nguyen, H. T. (2018). Socio-scientific reasoning and environmental literacy in a field-based ecology class. Environmental Education Research, 1–23. doi:10.1080/13504622.2018.1442418

Kokotsaki, D., Menzies, V., & Wiggins, A. (2016). Project-based learning: A review of the literature. *Improving schools*, 267-277. https://doi.org/10.1177/1365480216659733

Korganci, N., Miron, C., Dafinei, A., & Antohe, S. (2016). STEM activities to explore high school students' perception of solar energy. *The 12th International Scientific Conference eLearning and Software for Education*, (págs. 209-214). Bucharest, Rumania. https://doi.org/10.12753/2066-026X-16-031

Kronlid, D., & Öhman, J. (2012). An environmental ethical conceptual framework for research on sustainability and environmental education. *Environmental Education Research*, 21–44. https://doi.org/10.1080/13504622.2011.596079

Kudryavtsev, A., Krasny, M. E., & Stedman, R. C. (2012). The impact of environmental education on sense of place among urban youth. Ecosphere, 3(4). https://doi.org/10.1890/ES11-00318.1

Kumar, V., Choudhary, S. K. & Singh, R. (2024). Environmental socio-scientific issues as contexts in developing scientific literacy in science education: A systematic literature review. *Social Sciences and Humanities Open*, 9, Article 100765. https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2023.100765

Lautensach, A., Litz, D., Younghusband, C., Banack, H., Thielmann, G., & Crandall, J. (2025). The What, Why, and How of Climate Change Education: Strengthening Teacher Education for Resilience. *Sustainability,* 17(19), 8816. https://doi.org/10.3390/su17198816

Lavado, S., Velasco, P.-J., & Terrón, M.-J. (2024). Project-Based Learning (PBL) as an Experiential Pedagogical Methodology in Engineering Education: A Review of the Literature. *Education Sciences*, 14(6), 617. https://doi.org/10.3390/educsci14060617

Leal, W., Lange, A., Do Paco, A., & Anholon, R. (2019). A comparative study of approaches towards energy efficiency and renewable energy use at higher education institutions. *Journal of Cleaner Production, 237*, 117-139. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117728

Leal-Filho, W., Shiel, C., y Do Paço, A. (2015) Integrative approaches to environmental sustainability at universities: an overview of challenges and priorities, *Journal of Integrative Environmental Sciences*, 12:1, 1-14. https://doi.org/10.1080/1943815X.2014.981145

Legardez, A., & Simonneaux, L. (2011). *Développement durable et autres questions d'actualité: Questions socialement vives dans l'enseignement et la formation.* Educagri Éditions. https://educagri.fr

Leguizamón, A. C., Gil, M. L., Lancheros, J. M., Usme, D. M. (2024). *Impacto de la minería de carbón en Colombia: Un análisis de riesgos para la seguridad y salud en el trabajo* [Monografía de especialización, Corporación Universitaria Minuto de Dios]. Repositorio Institucional UNIMINUTO. https://hdl.handle.net/10656/20224

Lehrer, R. (2019). Design research in education. A practical guide for early career researchers. *Mathematical Thinking and Learning*, 234–236. https://doi.org/10.1080/10986065.2019.1570837

Leite, V. (2017). Innovative learning in engineering education: Experimenting with short-term project-oriented research and project-based learning. 2017 IEEE 26th International Symposium on Industrial Electronics (1555–1560). Portugal. doi:10.1109/isie.2017.8001477

Lertsakulbunlue, S., & Kantiwong, A. (2025). Evaluating the dependability of peer assessment in project-based learning for pre-clinical students: A generalizability theory approach. *BMC Medical Education*, 25, Article 260. https://doi.org/10.1186/s12909-025-06772-0

Levinson, R. (2018). Introducing socio-scientific inquiry-based learning (SSIBL). Science and society, 100(371), 31-35. https://www.ase.org.uk/resources/school-science-review/issue-371/introducing-socio-scientific-inquiry-based-learning

Levinson, R. (2023). Questões sociocientíficas na ciência escolar: uma sugestão teórica. Ciência & Educação (Bauru), 29, e23000A. https://doi.org/10.1590/1516-73132023000A

Lewis, C., Wolff, K., & Bekker, B. (2021). Supporting project-based education through a community of practice: a case of postgraduate renewable energy student. *World Transactions on Engineering and Technology Education*, 19(1), 35– 40. https://wiete.com.au/journals/WTE&TE

Li, J., & Xue, E. (2023). Dynamic interaction between student learning behaviour and learning environment: Meta-analysis of student engagement and its influencing factors. *Behavioral Sciences*, 13(1), 59. https://doi.org/10.3390/bs13010059

Liarakou, G., Gavrilakis, C., & Flouri, E. (2008). Secondary School Teachers' Knowledge and Attitudes Towards Renewable Energy Sources. *Journal of Science Education and Technology*, 18(2), 120–129. doi:10.1007/s10956-008-9137-z

Licera, H. (2007). Torre solar con botellas de gaseosa. Revista Eureka Sobre Enseñanza Y Divulgación De Las Ciencias, 4(2), pp. 355-357. Recuperado a partir de https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/3826

Lira, L., Bernedo, J., Lingan, A., & de León, E. (2023). Toma de decisiones estratégicas en empresas: Innovación y competitividad. *Revista Venezolana de Gerencia: RVG*, 628-641. https://doi.org/10.52080/rvgluz.28.100.40

Lizcano-Pabón, Y. P. (2025). Educación ambiental e impacto del cambio climático en un ecosistema local colombiano. *Revista Multidisciplinaria Perspectivas Investigativas*, 5(1), 38–47. https://doi.org/10.62574/rmpi.v5i1.254

Locke, E. A., & Latham, G. P. (2019). The development of goal setting theory: A half century retrospective. *Motivation Science*, 5(2), 93–105. https://doi.org/10.1037/mot0000127

López, M. A., & Gutiérrez, C. A. (2020). Aprendizaje basado en proyectos y energías renovables: una estrategia para la formación ambiental. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, 19(3), 565-582. http://reec.uvigo.es

López-Cerezo, J. A. (2017). Ciencia, Tecnología y Sociedad. Asunción: Conacyt. https://www.conacyt.gov.py

López Meraz, R. A., & López Meraz, Ó. F. (2020). Ciencia, tecnología y energías renovables: una aproximación a sus concepciones y contradicciones. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad – CTS*, 15(45), 83-105. https://www.revistacts.net

Loughran, J. (2025, junio 17). Turning coalmines into solar energy plants 'could add 300 GW of renewables by 2030'. *The Guardian*. https://www.theguardian.com

Lowan, G. (2017). Indigenous Environmental Education: The Case of Renewable Energy Projects. *Educational Studies*, 53(6), 601–613. https://doi.org/10.1080/00131946.2017.1369080

Lucas, H., Pinnington, S., & Cabeza, L. F. (2018). Education and training gaps in the renewable energy sector. *Solar Energy*, 173, 449–455. https://doi.org/10.1016/j.solener.2018.08.015

Lucas, P., Gamborg, C., & Lund, T. (2022). Sustainability concerns are key to understanding public attitudes toward woody biomass for energy: A survey of Danish citizens. *Renewable Energy*, 181-194. https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.10.113

Luthra, S., Kumar, S., Garg, D., & Haleem, A. (2015). Barriers to renewable/sustainable energy technologies adoption: Indian perspective. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 762–776. https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.09.020

Luz, R., Araujo-Queiroz, M. B., & Prudêncio, C. A. (2018). Estudos CTS na Educação Científica: tendências e perspectivas da produção stricto sensu no Nordeste brasileiro. *Revista Exitus*, 8(3), 310 - 339. https://doi.org/10.24065/2237-9460.2018v8n3ID608

Luz, R., Araujo-Queiroz, M. B., & Prudêncio, C. A. (2019). CTS ou CTSA: O Que (Não) Dizem as Pesquisas sobre Educação Ambiental e Meio Ambiente? *ALEXANDRIA: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 12(1), 31-54. https://doi.org/10.5007/1982-5153.2019v12n1p31

Macalalag, A. Z., Johnson, J., & Lai, M. (2019). How do we do this: Learning how to teach socioscientific issues. *Cultural Studies of Science Education*, 15(2), 389–413. https://doi.org/10.1007/s11422-019-09944-9

Maccallini, Y.., Wainmaier, C., & Cabana, F. (2021). La formulación de preguntas y el juego para abordar un problema socio–científico vinculado a la energía. *Revista De Enseñanza De La Física*, 33, 413-419. https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/35534

Machado, R. F., Reis, V. P., Costa, A. L., Careiro, M. D., El-Hani, C. N., & Sepulveda, C. (2016). O potencial de jogos como ferramentas didáticas promotoras de motivação

e aprendizagem conceitual no ensino de Biologia. Em C. Sepúlveda, & M. Almeida, Pesquisa colaborativa e inovações educacionais em ensino de biologia (pp. 249–278). Feira de Santana, Brasil: UEFS Editora. https://books.scielo.org/id/wskfd

Maguire, K., Tanner, S. J., Winikoff, J. B., and Williams, R., (2024). Utility-scale solar and wind development in rural areas: Land cover change (2009–20) (Report No. ERR-330). U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service. https://www.ers.usda.gov/publications/pub-details/?pubid=109794

Maldonado-González, A. L. (2023). Climate change in educational experiences of university teachers. *Revista Electrónica Educare*, *27*(1), 1-17. https://doi.org/10.15359/ree.27-1.14345

Maldonado, C., Pérez, F., & Rueda, C. (2021). Ecoturismo comunitario como alternativa de desarrollo sostenible en áreas de páramo en Colombia. *Revista de Turismo y Desarrollo Local*, 14(3), 102–118. https://ojs.urjc.es/index.php/tdl

Mälkki, H., & Alanne, K. (2017). An overview of life cycle assessment (LCA) and research-based teaching in renewable and sustainable energy education. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 154*, 232-239. doi:https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032116309327

Mansour, N. (2009). Science-Technology-Society (STS), A New Paradigm in Science Education. *Bulletin of Science, Technology & Society*, 29(4), 287–297. DOI: 10.1177/0270467609336307

Maani, T., Celik, I., Heben, M. J., Ellingson, R. J., & Apul, D. (2020). *Environmental impacts of recycling crystalline silicon (c-Si) and cadmium telluride (CdTe) solar panels*. *Science of the Total Environment, 735*, Article 138827. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138827

Marimón Pérez, C. A., García Cogollo, J. J., & Díaz Muegue, L. C. (2024). Aprendizaje Basado en Problemas en Educación Ambiental, perspectivas sobre Minería desde la sensibilización estudiantil en La Jagua de Ibirico. *Educación y Ciudad*, (48), e3155. Instituto para la Investigación Educativa y el Desarrollo Pedagógico. https://doi.org/10.36737/01230425.n48.3155

Marks, J., & Chase, C. (2019). Impact of a prototyping intervention on middle school students' iterative practices and reactions to failure. *Journal of Engineering Education*, 547-573. https://doi.org/10.1002/jee.20278

Marques, M., Castilho, R., & Sauer, E. (2018). Experimentação investigativa no ensino de química em um enfoque CTS a partir de um tema socio científico no ensino médio. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 602-625. http://reec.uvigo.es

Márquez, J. (2019). *Educación, Ciencia y Tecnologías Emergentes para la Generación del Siglo XXI.* Universidad de Cundinamarca. https://repository.ucundinamarca.edu.co

Martin, N., Avedillo, L., Mota, R., & Gallego, M. (2024). Student-Centered Learning: Some Issues and Recommendations for Its Implementation in a Traditional Curriculum Setting in Health Sciences. Education Sciences, 14(11), 1179. https://doi.org/10.3390/educsci14111179

Martín-Gámez, C., T. Prieto, and M. A. Jiménez (2015) “Tendencias del profesorado de ciencias en formación inicial sobre las estrategias metodológicas en la enseñanza de las ciencias. Estudio de un caso en Málaga [Trends Among Pre-Service Science Teachers about Methodological Strategies in Science Teaching: A Case Study in Malaga].” Enseñanza de las ciencias 33 (1): 167–184 https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1468

Martín-Gámez, C., & Erduran, S. (2018). Understanding argumentation about socio-scientific issues on energy: a quantitative study with primary pre-service teachers in Spain. *Research in Science & Technological Education*, 1–21. doi:10.1080/02635143.2018.1427568

Martín-Gordillo, M. (2003). Metáforas y simulaciones: alternativas para la didáctica y la enseñanza de las ciencias. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, 2(3), 377-398. http://reec.uvigo.es

Martín-Gordillo, M. (2005). Cultura científica y participación ciudadana: materiales para la educación CTS. Revista CTS, 6(2), 123-135. https://www.revistacts.net

Martín, C., Prieto, T. & Jiménez, M.A. (2016). La enseñanza de la problemática enérgica para profesorado de ciencias en formación inicial: ¿Conceptos o conciencia? *Investigación en la escuela*, 88, 78-92. https://revistainvestigacionenlaescuela.es

Martínez, L., & Duarte, Á. (2006). Estrategia didáctica con enfoque ciencia, tecnología, sociedad y ambiente, para la enseñanza de aspectos de bioquímica. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 44-62. https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED

Martínez y Parga (2013). La emergencia de las cuestiones sociocientíficas en el enfoque CTSA. Góndola, *Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 8(1), 23-35. https://doi.org/10.14483/23464712.5021

Martínez, L. (2014). Cuestiones sociocientíicas en la formación de profesores de ciencias: aportes y desafíos. Tecné Episteme y Didaxis TED. (36), 77 - 94. https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED

Martínez, G., Naranjo, F. L., Melo, L. V., & Cañada, F. (2016). La didáctica de la tecnología, objetos y máquinas: Diseño y elaboración de proyectos bajo un enfoque CTS. *Indagatio Didactica*, 8(1), 438-452. https://proa.ua.pt/index.php/id

Martínez, L. F. (2017). Educação em Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) na América Latina: Uma perspectiva humanística e emancipadora. *TED,* (41), 11-14. https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED

Martínez, M., García, J., & Manso, J. (2019). El profesorado como agente de cambio: formación, innovación e investigación en la práctica docente. Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado, 22(1), 143–156. https://doi.org/10.6018/reifop.22.1.333611

Martínez, L., & Salazar, F. (2021). Gestión de residuos orgánicos mediante biodigestores escolares. *Revista Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 12(1), 45–55. https://www.revistacts.net

Martínez-Borreguero, G., Maestre-Jiménez, J., Mateos-Núñez, M., & Naranjo-Correa, F. L. (2024). Integrating Energy and Sustainability into the Educational Curriculum: A Pathway to Achieving SDGs. Sustainability, 16(10), 4100. https://doi.org/10.3390/su16104100

Martínez-Yarza, N., Solabarrieta-Eizaguirre, J. & Santibáñez-Gruber, R. (2024) The impact of family involvement on students' social-emotional development: the mediational role of school engagement. *Eur J Psychol Educ* 39, 4297–4327. https://doi.org/10.1007/s10212-024-00862-1

Mayasari, T., Susilowati, E., & Winarno, N. (2019). Practicing integrated STEM in renewable energy projects: solar power. *Journal of Physics: Conference Series*, 1– 8. doi:10.1088/1742-6596/1280/5/052033

Mazo, C. (2020). Uso de Cuestiones Sociocientíficas para promover una formación científica y acciones sociopolíticas en los educandos: Discusiones sobre la práctica del Fraking en Colombia. [Tesis de Magister, Universidad Antioquia]. Repositorio institucional de la Universidad de Antioquia. https://hdl.handle.net/10495/15762

McKenney, S., & Reeves, T. (2014). Educational design research. *Handbook of research on educational communications and technology*, 131-140. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3185-5_11

Medina, L. F. (2014). Cuestiones socio-ambientales en el desarrollo sostenible de fuentes energéticas; propuesta de educación científica intercultural en contextos rurales. *Revista Tecné, Episteme y Didaxis: TED(Extraordinario)*, 172–178. https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED

Melero, N. (2011). El paradigma crítico y los aportes de la investigación-acción participativa en la transformación de la realidad social: Un análisis desde las ciencias sociales. *Cuestiones Pedagógicas*, (21), 339-355. https://institucional.us.es/revistas/cuestiones/21

Melguizo-Garín, A., & García-Cid, A. (2024). Construyendo competencias colaborativas: aprendizaje basado en proyectos en el entorno universitario. Cuestiones Pedagógicas. *Revista de Ciencias de la Educación*, 33(2). https://doi.org/10.12795/CP.2024.i33.v2.07

Mendes, L. F. & Souza, G. (2018). Energia renovável ou energia "limpa"? Uma busca pela percepção conceitual nos alunos do curso técnico em Meio Ambiente. Vértices, 20 (3), 408-427. DOI: 10.19180/1809-2667.v20n32018p408-427

Mendivelso, L., & Quiroga, K. (2024). *Inversión de los salarios de los trabajadores en el desarrollo del núcleo familiar en minería en los principales municipios en la provincia de Valderrama en Boyacá Colombia.* Universidad EAN: https://repository.universidadean.edu.co/bitstream/handle/10882/13364/TinocoAndres2023.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Merritt, E. G., Bowers, N., & Rimm-Kaufman, S. E. (2019). Making connections: Elementary students' ideas about electricity and energy resources (Grantee Submission, *Renewable Energy*, 138, 1078–1086). ERIC.

Mesa, J., Villa, W., & López, J. M. (2023). Impacto de las fuentes de energía renovable en la estabilidad de la tensión y técnicas de evaluación. *Revista UIS Ingenierías, 22(3), 151–166.* https://doi.org/10.18273/revuin.v22n3-2023012

Milli, J. C., Almeida, E. d., & Gehlen, S. T. (2018). A Rede Temática e o Ciclo Temático na Busca pela Cultura de Participação na Educação CTS. *ALEXANDRIA: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia,* 11(1), 71-100. https://doi.org/10.5007/1982-5153.2018v11n1p71

Miralles, J. (2012) Educar en el ámbito de la eficiencia energética y las renovables*. Aula verde: revista de educación ambiental, 40, 8-9.* https://dialnet.unirioja.es

Miranda, A. C. G. (2024). Retratação: Artigo-parecer: O papel do problema nas questões sociocientíficas e na dinâmica discursiva da sala de aula [Retracción de un artículo]. Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências, 26, e54095. https://doi.org/10.1590/1983-21172022240202

Mishra, S. (2016). Renewable Energy Awareness and Education in India. Current *Sustainable/Renewable Energy Reports,* 3(3-4), 72–79. doi:10.1007/s40518-016-0055-z

Moalosi, R., Oladiran, M. T., & Uziak, G. J. (2012). Students' perspective on the attainment of graduate attributes through a design project. *Global Journal of Engineering Education*, 14(1), 40–46. https://www.wiete.com.au

Mohammed, D. (2024). Education in renewable energies: A key factor of Morocco's 2030 energy transition project. Exploring the impact on SDGs and future perspectives. *Social Sciences & Humanities Open*, 9, 100833. https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2024.100833

Molina, A., Mojica, L., & López, D. (2005). Ideas de niños y niñas sobre la naturaleza: estudio comparado. Revista Científica (7), 41-62. https://revistas.udistrital.edu.co

Morales-Aguilar, R., Arenas, A., Cisternas, D., Bascop´e, M., Salazar, D., Becerra, R., Solís-Pinilla, J., Merino, C. (2025) Transforming education for a sustainable future: an analysis of teacher education in the context of climate change. Front. Educ. 10:1537129. doi: 10.3389/feduc.2025.1537129

Monge, M., & Camacho, M. (2017). Epistemología, Ciencia y Educación Científica: premisas, cuestionamientos y reflexiones para pensar la cultura científica. *Actualidades Investigativas en Educación*, 1-20. https://doi.org/10.15517/aie.v17i1.27401

Montealbán, J. T., & Ramírez, M. H. (2016). Integración didáctica con exploración aplicada en la enseñanza de la energía solar. Latin-American Journal of Physics Education, 10(4), 4315-1 - 4315-9. http://www.lajpe.org

Montoya-Ocampo, L. M. (2022). Las Cuestiones Socio-Científicas (CSC) y sus aportes a la Educación en Ciencias Naturales en Colombia: un Estado del Arte [Tesis de maestría]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. https://bibliotecadigital.udea.edu.co

Morales-Torres, N. (2023). El estado de la investigación en educación en ciencias desde la perspectiva de CSC: El caso de Colombia (Trabajo de grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas). Repositorio institucional. http://hdl.handle.net/11349/37630

Morales-Castillo, M., Meza Rodríguez, A. E., & Murcia Piñeros, L. M. (2023). Parental Involvement With Early Adolescents: Variations Related to the Gender in Rural and Urban Areas. *SAGE Open*, 13(1). https://doi.org/10.1177/21582440231158620

Moreira, A. (2016). La educación de los medios de comunicación y su integración en el curriculum escolar. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación, 4*, 5-19. https://recyt.fecyt.es/index.php/pixel

Morell-Pucci, M. C., Herrero-Anzorregui, I., & Andrada Chacón, A. (2024). Prácticas argumentativas en futuros docentes de secundaria mediante controversias sociocientíficas. Cuestiones Pedagógicas. *Revista de Ciencias de la Educación*, 2(33), 115–128. https://doi.org/10.12795/CP.2024.i33.v2.06

Moreno, D. y Martínez, L. (2009). Argumentación en estudiantes de educación media y habilidad del profesor para su desarrollo: una discusión en el aula sobre implicaciones sociales y ambientales de la producción de etanol. *Nodos y Nudos*, 27(3), 30-42. https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/NYN

Moreno, D. & Ríos, C. (2019). La energía eólica en el aula: una propuesta de enseñanza basada en proyectos. *Revista Iberoamericana de Educación*, 79(2), 141-158. https://rieoei.org

Mori, T., & Tasaki, T. (2019). Factors influencing pro-environmental collaborative collective behaviors toward sustainability transition – a case of renewable energy. *Environmental Education Research*, 1–19. doi:10.1080/13504622.2018.1545155

Moya, N., & Brito, J. (2022). Los estudios CTS y la nueva estrategia de la educación superior latinoamericana. *Ciencia y sociedad, 27*(4), 636-651. https://cienciaysociedad.org

Mylonas, G., Paganelli, F., Cuffaro, G., Nesi, I., & Karantzis, D. (2021). Using gamification and IoT based educational tools towards energy savings: Some experiences from two schools in Italy and Greece. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*. https://doi.org/10.1007/s12652 020 02838 7

Msengi, I., Doe, R., Wilson, T., Fowler, D., Wigginton, C., Olorunyomi, S., & Morel, R. (2019). Assessment of knowledge and awareness of “sustainability” initiatives among college students. *Renewable Energy and Environmental Sustainability*, 6. https://doi.org/10.1051/rees/2019010

Mundim, J. V., & Santos, W. L. (2012). Ensino de ciências no ensino fundamental por meio de temas sociocientíficos: análise de uma prática pedagógica com vista à superação do ensino disciplinar. Ciência & Educação, 18(4), 787-802. https://doi.org/10.1590/S1516-73132012000400004

Muñoz, A., & Gómez, V. (2017). Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP): evaluación desde la perspectiva de alumnos de Educación Primaria. *Revista de investigación educativa, 35*(1), 113-131. https://doi.org/10.6018/rie.35.1.246811

Muñoz, Y., Acevedo, C., & Pinto, M. (2019). Formación por competencias en Energías Renovables aplicando Aprendizaje Basado en Proyectos. En Estrategias didácticas para la innovación en la sociedad del conocimiento. In Y. Muñoz, C. Acevedo, & M. Pinto, *Formación por competencias en Energías Renovables aplicando Aprendizaje Basado en Proyectos. En Estrategias didácticas para la innovación en la sociedad del conocimiento* (pp. 315-330). Colombia: Corporación CIMTED. https://cimted.org

Murillo, S. E. P., Figueroa, J. B., Nevárez, E. M. Z., & Ramírez, C. D. C. T. (2025). Huella Ecológica de la Explotación de Hidrocarburos: Un Análisis de sus Impactos Ambientales. *Revista Iberoamericana de educación*, 9(1), 146-166. https://ojs.revistareduca.org/index.php/redu/article

Nandavaram, S., Mei, X., Khan, T., Faruqi, M. A., Fyffe, Z., Keshavamurthy, S., & Chandrashekaran, S. (2024). Outcomes of lung transplantation in coal workers pneumoconiosis: Analysis of UNOS database. *Clinical Transplantation*, 38(12), e70042. https://doi.org/10.1111/ctr.70042

Nxasana, S. E., Chen, J., Du, X., & Hasan, M. A. (2023). Teachers' Pedagogical Beliefs in a Project-Based Learning School in South Africa. *Education Sciences*, 13(2), 140. https://doi.org/10.3390/educsci13020140

Newell, P., & Mulvaney, D. (2018). The political economy of the 'just transition'. *The Geographical Journal*, 184(4), 377–386. https://doi.org/10.1111/geoj.12249

Newton, M. H. y Zeidler, D. L. (2020): Developing socioscientific perspective taking, International Journal of Science Education, DOI:10.1080/09500693.2020.1756515

Nida, S., Marsuki, M. F., & Eilks, I. (2021). Palm-Oil-Based Biodiesel in Indonesia: A Case Study on a Socioscientific Issue That Engages Students to Learn Chemistry and Its Impact on Society. Journal of Chemical Education, 98(8), 2536– 2548. doi:10.1021/acs.jchemed.1c00244

Nieveen, N. (2009). Formative Evaluation in Educational Design Research. En T. Plomp, & N. Nieveen, An introduction to educational design research (págs. 89– 101). Enschede: SLO Netherlands Institute for curriculum development. https://research.utwente.nl/en/publications/formative-evaluation-in-educational-design-research

Nieveen, N., & Folmer, E. (2013). Formative evaluation in educational design research. *Design Research*, 152-169. https://research.utwente.nl

Nieveen, N., & Folmer, E. (2018). Avaliação formativa na pesquisa-aplicação em educação. En Plomp, T., Nieveen, N., Nonato, E., & Matta, A., Pesquisa-Aplicação Em Educação, uma introdução. (págs. 177-198). São Paulo: Artesanato Educacional Ltda. https://www.researchgate.net/publication/328246936

Niño-Vega, J. A. (2019). Desarrollo de un recurso educativo digital para fomentar el uso racional de la energía eléctrica en las comunidades rurales (Tesis de maestría). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Duitama, Colombia. https://repositorio.uptc.edu.co

Noa, S., Fabá, M. B., & Pérez, E. de J. (2019). Concepción educativa para la educación energética de los estudiantes de la Secundaria Básica. Espirales R*evista Multidisciplinaria de Investigación Científica*, 3(31). https://www.redalyc.org/journal/5732/573263330006/

Nonato, E. d., & Matta, A. E. (2018). Caminhos da pesquisa-aplicação na pesquisa em educação. En Plomp, T., Nieveen, N., Nonato, E., & Matta, A., Pesquisa- Aplicação Em Educação, uma introdução. (pág. 13-24). São Paulo: Artesanato Educacional Ltda. https://www.researchgate.net/publication/328246936

Nugraini, S. H. (2015). Students' perception and perceived effectiveness toward e-av biology courseware for learning about renewable energy. *International Journal Of Engineering Sciences & Research Technology*, 4(2), 586–593. https://ijesrt.com

Nuray-Yörük, I. M., & Seçken, N. (2010). The effects of science, technology, society, environment (STSE) interactions on teaching chemistry. Natural Science, 2(12), 1417-1424. doi:10.4236/ns.2010.212173

Ochoa, E., & Gutiérrez, G. L. (2013). Actitudes frente a la relación CTS de estudiantes de Licenciatura en Ciencias Naturales. *Praxis & Saber*, 4(7), 245-264. https://doi.org/10.19053/22160159.2065

Ocetkiewicz, I., Tomaszewska, B., & Mróz, A. (2017). Renewable energy in education for sustainable development. The Polish experience. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 80*, 92-107. doi:https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032117308006

O'Mara, K., & Jennings, P. (2001). Greenhouse education: Just Hot Air? Renewable Energy, 22, 121-133. https://doi.org/10.1016/S0960-1481(00)00092-X

O'Leary, D. A., Shattuck, J., & Kubby, J. (2012). An Online, Interactive Renewable Energy Laboratory. IEEE Transactions on Education, 55(4), 559–565. https://doi.org/10.1109/TE.2012.2185845

Oluoch, S., Lal, P., Susaeta, A., & Vedwan, N. (2020). Assessment of Public Awareness, Acceptance and Attitudes towards Renewable Energy in Kenya. *Scientific African*, 512. doi:10.1016/j.sciaf.2020.e00512

Ordóñez, P., & Gamboa, L. (2016). Estrategias didácticas para la enseñanza de las ciencias naturales en la educación superior. *Revista Logos, Ciencia & Tecnología*, 148-158. https://doi.org/10.22335/rlct.v8i2.303

Ordóñez, V. H. (2017). Competencias Investigativas Dirigidas a los Profesores de Ingeniería Eléctrica, desde un Modelo de Energía Alternativa. *Revista Scientific*, 2(5), 283-303. https://doi.org/10.29394/Scientific.issn.2542-2987.2017.2.5.15.283-303

Osei, L., Arku, G., & Luginaah, I. (2022). "We have done nothing wrong": Youth miners' perceptions of the environmental consequences of artisanal and small-scale mining (ASM) in Ghana. *Extractive Industries and Society*, 12. https://doi.org/10.1016/j.exis.2022

Osorio, C. (2019). La educación CTS, un espacio para la cooperación iberoamericana. *Revista iberoamericana de ciencia, tecnología y sociedad, 14*(2), 99-114. https://www.revistacts.net

Osorio, C., & Sánchez, J. (2019). Educación ambiental y participación estudiantil en contextos rurales afectados por la minería. *Revista Colombiana de Educación Ambiental*, 18(1), 45–59. https://revistas.udistrital.edu.co

Ott, A., Broman, L., & Blum, K. (2018). A pedagogical approach to solar energy education. *Solar Energy*, 173, 740–743. doi:10.1016/j.solener.2018.07.060

Owens, D. C., Sadler, T. D., & Zeidler, D. L. (2017). Controversial issues in the science classroom. Phi Delta Kappan, 45-49.DOI: 10.1177/0031721717745544

Ožvodlová, M. & Gerhátová, Ž. (2013). Energy and its Transformation—Primary School Project Based Education Using Integrated E-learning. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 89, 5–9. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.08.811

Pacheco-Flórez, M. y Saldarriaga-Isaza, A. (2019). Recursos no renovables, diversificación y actividad económica en los departamentos de Colombia. *Ensayos de Economía*, 29(54), 29-52. https://doi.org/10.15446/ede.v29n54.79184

Painter, D., & Liyanapathirana, R. (2018). Project-based learning in engineering: study of renewable energy targets. Proceedings Of The 1St International Conference On Advancements In Engineering Education (Icaeed-2018), 03-06 December 2018, Sydney, Australia, 188-197.

Palacios, E., Galbarte, J., Cerezo, J., Luján, J., Gordillo, M., Osorio, C., & Valdés, C. (2001). *Ciencia, Tecnología y Sociedad: una aproximación conceptual.* Organización de Estados Iberoamericanos (OEI).

Pambudi, N. A., Nanda, I. R., Alfina, F. T., & Syahrial, A. Z. (2024). Renewable energy education and awareness among Indonesian students: Exploring challenges and opportunities for a sustainable future. *Sustainable Energy Technologies and Assessments, 63*, 103631. https://doi.org/10.1016/j.seta.2024.103631

Panadero, E., & Broadbent, J. (2018). Developing evaluative judgement: A self-regulated learning perspective. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 43(7), 1–14. https://doi.org/10.1080/02602938.2018.1427214

Pantchenko, O., Tate, D. S., OLeary, D., Isaacson, M., Shakouri, A., (2011). "Enhancing Student Learning Through Hands-On Laboratory Experiments on Renewable Energy Sources," Proceedings of ASEE Annual Conference, AC 2011- 75. American Society for Engineering Education, (págs. 1-15). EEUU. https://peer.asee.org

Panwar, N., Kaushik, S., & Kothari, S. (2011). Role of renewable energy sources in environmental protection: A review. *Renewable and sustainable energy reviews*, 1513-1524. https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.11.037

Papanastasiou, E. C., Giallousi, M., & Pitri, E. (2025). Re-introducing authentic assessment in classroom assessment courses: Finding its place in the 21st century. *Education Science*s, 15(11), 1564. https://doi.org/10.3390/educsci15111564

Parga, D., & Martínez, L. (2013). *Discurso ético y ambiental sobre cuestiones sociocientíficas: aportes para la formación del profesorado.* Universidad Pedagógica Nacional. https://repository.pedagogica.edu.co

Passo, Y. A. (2023). Educación rural y desarrollo sostenible en Colombia: Perspectivas y desafíos. *Gaceta de Pedagogía*, (47), 254-275. https://doi.org/10.56219/rgp.vi47.2354

Patier, C., & Izquierdo, G. (2008). La evaluación de la docencia ante el reto del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES). *Educación XX1*, 237-256. https://doi.org/10.5944/educxx1.11.0.314

Paul, I. (2022). Education for Sustainable Development and Environmental Ethics. In: Zajda, J., Majhanovich, S. (eds) Discourses of Globalisation, Ideology, Education and Policy Reforms. Globalisation, Comparative Education and Policy Research, vol 26. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-71583-0_10

Paz, M., Monzón, L., Porturas, M., Llontop, N., & Porturas, R. (2024). Programa de estrategias didácticas basado en el Aprendizaje basado en proyectos (ABP) para estudiantes de educación de una universidad pública: Teaching strategies program based on Project-based learning (PBL) for education students at a public university. *LATAM Revista Latinoamericana De Ciencias Sociales Y Humanidades*, 187– 198. https://doi.org/10.56712/latam.v5i1.2706

Paz-Saavedra, L. E., & Fierro-Marcillo, Y. del P. (2015). Factores de éxito de los proyectos pedagógicos de aula desarrollados por los docentes dentro de la estrategia de formación y acceso para la apropiación pedagógica de las TIC. *Revista de Investigaciones – UCM*, 15(25), 32–47. https://doi.org/10.22383/ri.v15i1.317

Pecen, R., Humston, J. L., & Yildiz, F. (2012). Promoting STEM to Young Students by Renewable Energy Applications. *Journal of STEM Education*, 13(3), 62-73. https://www.jstem.org

Pedretti, E., & Nazir, J. (2011). Currents in STSE education: Mapping a complex field, 40 years on. *Science Education*, 601-626. DOI 10.1002/sce.20435

Pedretti, E., Navas-Iannini, A. M., Nazir, J. (2018). 'Exploring controversy in science museums: non-visitors and the body worlds exhibits' *Canadian Journal of Science*, Mathematics and Technology Education 18 (2), pp. 98–113. https://doi.org/10.1007/s42330-018-0014-3.

Peña, N. P. (2019). Proyecto hidroeléctrico el guineo: formación en ciudadanía desde el enfoque ciencia, tecnología, sociedad y ambiente (CTSA) con estudiantes de secundaria. (Tesis de Pregrado). Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá. https://repository.pedagogica.edu.co

Perales, F.J. y Aguilera, D. (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, A., & Castaño, R. (2021). Errores frecuentes en la formulación de proyectos escolares: un estudio de caso. Revista Colombiana de Educación, 80, 75–88. https://doi.org/10.17227/rce.num80-11328

Pérez, L., & Lozano, D. (2013). La emergencia de las cuestiones sociocientíficas en el enfoque CTSA. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias: Góndola, Ens Aprend Cienc*, 23-35. https://repository.pedagogica.edu.co

Pérez, D. & Morales, S. (2019). Proyectos escolares con paneles solares: motivación, ciencia y conciencia ecológica. *Revista Iberoamericana de Educación*, 79(2), 123-139. https://rieoei.org

Pérez, W., & Pérez, A. (2020). Educación en energías renovables desde el enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS). Revista Tecnológica-Educativa Docentes 2.0, 9(2), 112–123. https://doi.org/10.37843/rted.v9i2.187

Pérez, M., & Rodríguez, L. (2020). Proyectos pedagógicos ambientales: una estrategia para la formación en ciudadanía y sostenibilidad. *Revista Praxis Educativa*, 24(2), 115–129. https://revistas.unc.edu.ar

Pérez, E. L., & Salcedo, I. (2022). Metodología del aprendizaje basado en problemas en la educación de energías renovables. *Epistemia Revista Científica, 6*(2), 64–76. https://doi.org/10.26495/re.v6i2.2296

Petit, M., Solbes, J., & Torres, N. (2021). El cine de ciencia ficción para desarrollar cuestiones sociocientíficas y el pensamiento crítico. Praxis & Saber, 12(29), e11550. https://doi.org/10.19053/22160159.v12.n29.2021.11550

Pinheiro, D. K. & Kohlrausch, F. (2011). Educação Ambiental: Uso Consciente da Energia Elétrica e Aplicação de Alternativas para Diminuiçao do Consumo. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, 4(4), 387 - 397. https://periodicos.ufsm.br/reget

Piwowar-Sulej, K., Sołtysik, M., Jarosz, S., & Pukała, R. (2023). El vínculo entre la energía renovable y la gestión de proyectos: ¿qué sabemos ya y cuáles son las direcciones futuras de la investigación? *Energies*, 4609. https://doi.org/10.3390/en16124609

Plomp, T. (2009). *Cross-National Information and Communication Technology Policies and Practices in Education.* IAP. https://research.utwente.nl/en/publications/educational-design-research-an-introduction

Plomp, T. (2009). Educational Design Research: an Introduction. En T. Plomp, & N. Nieveen, An introduction to educational design research (págs. 9–35). Enschede: SLO Netherlands Institute for curriculum development. https://research.utwente.nl

Plomp, T. (2013). Educational design research: An introduction. *Educational design research*, 11-50. https://www.researchgate.net/publication/328246936

Plomp, T. (2018). Pesquisa-aplicação em educação: uma introdução. Plomp, T., Nieveen, N., Nonato, E., & Matta, A., Pesquisa-Aplicação Em Educação, uma introdução. (págs. 25-66). São Paulo: Artesanato Educacional Ltda. https://research.utwente.nl

Plomp, T. (2018). Pesquisa-aplicação em educação: uma introdução. En Plomp, T., Nieveen, N., Nonato, E., & Matta, A., Pesquisa-Aplicação Em Educação, uma introdução. (págs. 25-66). São Paulo: Artesanato Educacional Ltda.

Popkewitz, T. S. (1988). Paradigma e ideología en investigación educativa: Las funciones sociales de la ciencia. Akal. https://books.google.com

Porcaro, D., & Reeves, T. (2018). Pesquisa-aplicação em educação para a aprendizagem colaborativa: desafios e oportunidades em omã. En Plomp, T., Nieveen, N., Nonato, E., & Matta, A. Pesquisa-Aplicação Em Educação, uma introdução (pág. 223-248). São Paulo: Artesanato Educacional Ltda. https://www.researchgate.net/publication/328246936

Portillo, F., Alcayde, A., Garcia, R. M., Fernandez-Ros, M., Gazquez, J. A., & Novas, N. (2024). Life Cycle Assessment in Renewable Energy: Solar and Wind Perspectives. *Environments*, *11*(7), 147. https://doi.org/10.3390/environments11070147

Posso, F. (2002). Energía y ambiente: pasado, presente y futuro. Parte dos: sistema Energético basado en energías alternativas. *Geoenseñanza*, 7(1), 54-73. https://www.redalyc.org

Prada-Mateus, M., Obando, D., Sandoval-Reyes, J., Mejía-Lozano, M. A., & Hill, J. (2024) The Role of Parental Involvement in the Development of Prosocial Behavior in Young

Children: An Evolutionary Model Among Colombian Families. *Child Psychiatry and Human Development.* Disponible en: https://hdl.handle.net/10818/63335

Presley, M. L., Sickel, A. J., Muslu, N., Merle-Johnson, D. B. Witzig, S. B., izci, K., & Sadler, T. D. (2013). A framework for socio-scientifıc issues based education. *Science Educator*, 22 (1), 26-32. https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1015573.pdf

Prieto, T., España, E., & Martín, C. (2012). Algunas cuestiones relevantes en la enseñanza de las ciencias desde una perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(1), 71-77. https://revistas.uca.es/index.php/eureka

Pro-Bueno, A.; Martínez, R. N. (2017). Cómo usan el conocimiento científico los futuros maestros al leer una noticia de prensa sobre vehículos híbridos. X Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Enseñanza de las Ciencias, N.º Extraordinario, 637-643. https://raco.cat

Pro-Bueno, A. & Rodríguez, F. (2014). Desarrollo de la propuesta "si se necesita más energía… que no se hagan más centrales" en un aula de educación primaria. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 32 (3), 267-84. https://raco.cat

Prochnow, T. R., da Rocha Pietzsch, M., Façanha, E. & Farias, E. (2013) Educação Para A Sustentabilidade: Uma Proposta De Ensino Utilizando A Energia Eólica Como Tema Gerador Nos Anos Iniciais. 1° Encontro De Ciências Em Educação Para A Sustentabilidade, 1-10. https://www.researchgate.net

Procuraduría General de la Nación. (2023). *Minería ilegal afecta a 29 de los 32 departamentos del país: informe de la Procuraduría.* https://www.procuraduria.gov.co/Pages/mineria-ilegal-afecta-29-departamentos-colombia-informe-procuraduria.aspx

Pulgarín, J., & García, J. (2017). *Estrategia didáctica para el estudio del benceno en productos de consumo masivo: aprendizaje con participación ciudadana.* Universidad de Antioqiuía: https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/8759

Puspitasari, R. (2025). Implementation of project-based learning in renewable energy materials: Analysis of implementation and its impact on students' 21st century skills. *Scientica Education Journal*, 2(5), 30–38. https://doi.org/10.62872/8cy0dc72

Qazi, A., Fayaz, H., Rahin, N., & Hardaker, G. (2019). Towards Sustainable Energy: A Systematic Review of Renewable Energy Sources, Technologies, and Public Opinions. *in IEEE Access, 7*, 63837-63851. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2917058

Quezada, Y. M. (2017). Las energías renovables como alternativa en las prácticas de educación ambiental. Mamakuna, 6, 68-75. https://revistas.unae.edu.ec

Quintas, A., Mallmann, E., Fernandes, I., & Seco, C. (2018). Inovação pedagógica e design based research no ensino superior online. En Plomp, T., Nieveen, N., Nonato, E. & Matta, A., Pesquisa-Aplicação Em Educação, uma introdução. (pág. 297-326). São

Paulo: Artesanato Educacional Ltda. https://www.researchgate.net/publication/328246936

Quintana, A., Páez, J., & Téllez, P. (2018). Actividades tecnológicas escolares: un recurso didáctico para promover una cultura de las energías renovables. *Pedagogía y Saberes*, 43-57. https://doi.org/10.17227/pys.num48-7371

Quintero, C. A. (2010). Enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS): perspectivas educativas para Colombia. Revista del Instituto de Estudios en Educación Universidad del Norte, 12, 222-239. https://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/zonaproxima

Quintero, C. A. (2017). Dinámicas de formación en perspectivas ciencia, tecnología y sociedad en el contexto del siglo XXI globalizado. *Boletín Virtual*, 6, 124-138. https://revistavirtual.ucn.edu.co

Rahmawati, Y., Sonhadji, A., Machmud-Sugandi, R., & Afandi, A. (2018). The necessity of teaching renewable energy (RE) at engineering schools. *World Transactions on Engineering and Technology Education*, 16(4), 410-414. https://www.wiete.com.au

Ramírez, M. A., & Riaño, D. M. (2018). Educación ambiental energética: Un camino hacia la sostenibilidad. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 9(1), 105–116. https://www.redalyc.org/journal/416/41679333002

Ramírez, L. & Rodríguez, J. (2021). La energía solar como recurso didáctico para la enseñanza de las ciencias naturales en educación básica. *Revista Educación en Ciencias*, 25(2), 45-60.

Ramos, M., Hernández, D., Pérez, H., Sierra, & A, E. R. (2022). Análisis y Perspectivas de la Implementación De Tecnologías Limpias Para La Generación De Energía En Colombia. *I3+*, *4*(2). https://doi.org/10.24267/23462329.941

Rath, G. K., Pandey, G., Singh, S., Molokitina, N., Kumar, A., Joshi, S., & Chauhan, G. (2023). Carbon Dioxide Separation Technologies: Applicable to Net Zero. Energies, 16(10), 4100. https://doi.org/10.3390/en16104100

Reeves, T., Herrington, J., & Oliver, R. (2005). Design research: A socially responsible approach to instructional technology research in higher education. *Journal of computing in higher education*, 96-115. https://doi.org/10.1007/BF02961476

Reimann, P. (2010). Design-Based Research. In P. Reimann, *Methodological Choice and Design* (pp. 37-50). Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-90-481-3939-3_3

Reis, P., & Galvão, C. (2005). Controvérsias Sócio-Científicas E Prática Pedagógica De Jovens Professores. Investigações em Ensino de Ciências, 10(2), 131-160. https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci

Reis, P. (2014). Acción socio-política sobre cuestiones socio-científicas: reconstruyendo la formación docente y el currículo. Uni-Pluri/versidad, 14(2), 16- 26. https://revistas.udea.edu.co/index.php/unip

Reis, V. P., Almeida, M. C., Figueiredo, P. S., Carneiro, M. D., Costa, A. L., El- Hani, C. N., & Sepulveda, C. (2016). Percurso de investigação de uma sequência didática para ensino de evolução segundo a abordagem metodológica da Design Research. Em C.

Sepulveda, & M. Almeida, Pesquisa colaborativa e inovações educacionais em ensino de biologia (pp. 211–247). Feira de Santana, Brasil: UEFS Editora.

Restrepo, J. D., & Escobar, H. A. (2019). Efectos de la minería del carbón en cuerpos de agua y suelos en Colombia. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 35(1), 29–38. https://doi.org/10.20937/RICA.2019.35.01.03

Reverte, N. (2020). Atención Prestada a las Interacciones CTSA en la Educación Científica. (Tesis de maestría). Universitat de València, Valencia. https://roderic.uv.es

Rey-Guerra, C., Maldonado-Carreño, C., Ponguta, L. A., Nieto, A. M., & Yoshikawa, H. (2022). Family engagement in early learning opportunities at home and in early childhood education centers in Colombia. *Early Childhood Research Quarterly*, 58, 35-46. https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2021.08.002

Reyes, M. A. (2019). Secuencia Didáctica para el Fortalecimiento del Pensamiento Crítico. Un estudio aplicado al fomento de la energía sostenible. (Tesis de maestria) Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá. https://repository.pedagogica.edu.co

Rieckmann, M. (2017). *Education for sustainable development goals: Learning objectives.* UNESCO publishing. https://unesdoc.unesco.org

Rincón, S., & Gutiérrez, M. (2020). Proyectos escolares ambientales como estrategia pedagógica transformadora. *Revista Colombiana de Educación Ambiental*, 19(2), 67–80.

Ríos, C., Molina, L. & Herrera, S. (2021). Proyectos escolares y participación comunitaria frente a conflictos ambientales mineros en Colombia. *Revista Luna Azul,* (52), 320–335. https://doi.org/10.17151/luaz.2021.52.18

Rizki, I. A., Hariyono, E., Suprapto, N., Dawana, I. R., & Shobah, N. (2024). Renewable Energy Learning Project in Physics Classroom: Achieving Education for Sustainable Development. *TEM Journal,* 13(2), 1452-1460. https://doi.org/10.18421/TEM132-59

Roa & Bonilla (2025). *Las narrativas pedagógicas como herramienta que permite resignificar experiencias cotidianas en entornos educativos vulnerables*. *Maestros & Pedagogía*, 5(2), 7-21.

Rodríguez-Burbano, E. A. (2024). La enseñanza de las energías renovables a partir del aprendizaje basado en problemas: La experiencia de la Institución Educativa Nuestra Señora del Pilar en Villagarzón. *Revista de Investigación Transdisciplinaria en Educación, Empresa y Sociedad* - ITEES, 12(1), 19. https://doi.org/10.34893/itees.v12i1.575

Rodríguez, C., & Bermúdez, F. (2017). *Amílcar O. Herrera: su pensamiento sobre ciencia, tecnología y sociedad. Décadas de los' 60 y'70 del siglo XX.* Editorial Académica Española. https://www.morebooks.de

Rodríguez, J. R., & Hernández, R. (2013). La relación ciencia – tecnología – sociedad en la enseñanza de las Ciencias Naturales. *EduSol*, 13(42), 25-36. https://edusol.cug.co.cu

Rodríguez, P., & Morales, D. (2021). Percepción del riesgo ambiental en estudiantes de secundaria frente a la actividad minera. *Revista Ciencia y Educación Ambiental*, 14(2), 89–101.

Rodríguez-Eraso, N., Armenteras-Pascual, D., & Alumbreros, J. R. (2013). Land use and land cover change in the Colombian Andes: Dynamics and future scenarios. *Journal of Land Use Science*, 8(2), 154–174. https://doi.org/10.1080/1747423X.2011.650228

Rojas, L., Ramírez, A., & Vargas, O. (2022). Minería y afectación de los ecosistemas de páramo en Boyacá, Colombia. *Revista Colombiana de Geografía*, 31(1), 1–17. https://doi.org/10.15446/rcdg.v31n1.92451

Rojas-Hoyos, C. D., & Molina-Andrade, A. (2023). Concepciones sobre educación en energías renovables y educación ambiental: Estudio exploratorio mediante Mapeamiento Bibliográfico Informacional (MIB). Bio-grafía. Recuperado a partir de https://revistas.upn.edu.co/index.php/bio-grafia/article/view/18404

Romero, M. (2014). Uniendo investigación, política y práctica educativas: DBR, desafíos y oportunidades. Magis. *Revista Internacional de Investigación en Educación*, 7(14), 159–176. http://doi.org/10.11144/Javeriana.M7-14.UIPP

Romine, W. L., Sadler, T. D., & Kinslow, A. T. (2016). Assessment of scientific literacy: Development and validation of the Quantitative Assessment of Socio- Scientific Reasoning (QuASSR). *Journal of Research in Science Teaching*, 54(2), 274–295. doi:10.1002/tea.21368

Rondón, D. (2021). Convergencia entre la educación ambiental y la educación científica. Una mirada desde las Cuestiones Socialmente Vivas: El caso de las aguas residuales domésticas. [Tesis de Magister, Universidad Pedagógica Nacional]. Repositorio institucional de la Universidad pedagógica Nacional. http://hdl.handle.net/20.500.12209/16784

Rondón-Molina, J. A., Torres-Chinga, Á. R., Maliza-Cruz, W. I., & Alba-Castellanos, O. (2024). Estrategia didáctica sustentada en el Aprendizaje Basado en Proyectos en la asignatura Matemática del bachillerato técnico en Informática. *MQRInvestigar*, 8(3), 3942-3965. https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.3.2024.3942-3965

Rosenzweig, Z. (2016). Collaboration U: Where renewable energy and higher education converge. Renewable Energy Focus, 17(4), 145–146. doi:10.1016/j.ref.2016.07.005

Ruiz-Romero, M., & Sánchez-Torres, F. (2022). Condiciones de salud ocupacional y uso de elementos de protección respiratoria en minería subterránea de carbón en Colombia. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 40(3), e3452157. https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.e3452157

Ruíz, A. L., Parrado, Y. M., & Vargas, A. F. (2023). *Concepciones de los servicios ecosistémicos por parte de estudiantes de séptimo grado*. Revista Electrónica EDUCyT, 14 (Extra), 37–46. https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/educyt

Ružinsky, M., Životský, M., & Zimerman, M. (1996). Renewable energy R & D, education and training at the Slovak Technical University. *Renewable Energy, 5*(3), 231-246. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0960148196884928?via%3Dihub

Sabri, O. K. (2025). Rethinking sustainability in engineering education: a call for systemic change. *Frontiers in Education*, 10, 1587430. https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1587430

Sachs, J. D., Schmidt-Traub, G., Mazzucato, M., Messner, D., Nakicenovic, N., & Rockström, J. (2019) Six Transformations to achieve the Sustainable Development Goals. *Nature Sustainability* 2, 805–814. https://doi.org/10.1038/s41893-019-0352-9

Sadler, T. (2009). Situated learning in science education: socio-scientific issues as contexts for practice. *Studies in science Education*, 1-42. https://doi.org/10.1080/03057260802681839

Saefullah, A., Saefullah, A., & Nulhakim, L. (2020). Reconstruction of Teaching Materials with SocioScientific Issues Context on Source of Energy Content. *Journal of Physics: Conf. Series*, 1-6. doi:10.1088/1742-6596/1467/1/012022

Saka, R. O., Osademe, G. C., & Ononokpono, N. J. (2023). Exploratory Research Design in Management Science: A Review of Literature on Conduct and Application. *International Journal of Research and Innovation in Social Science (*IJRISS), 7(IV), 1382–1390. https://doi.org/10.47772/IJRISS.2023.7515

Sakschewski, M., Eggert, S., Schneider, S., & Bögeholz, S. (2014). Students' Socioscientific Reasoning and Decision-making on Energy-related Issues— Development of a measurement instrument. International Journal of Science Education, 36(14), 2291–2313. doi:10.1080/09500693.2014.920550

Salamanca, J. E. (2019). La educación en energías renovables no convencionales en la formación de ingenieros electrónicos: Non-conventional renewable energy education in the training of electronic engineers. Noria Investigación Educativa, 2(4), 11–18. https://doi.org/10.14483/25905791.16331

Salamanca, D. F. (2022). *Conflictos ambientales relacionados con la población de Socotá (Boyacá) y el Páramo de Pisba, 1977-2010* [Tesis de maestría, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia]. Repositorio UPTC. http://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/8886

Samsudin, M. A., Harun, A. H., Nordin, N., Haniza, N. H., & Abdul-Talib, C. (2014). The Effect of Online Project-Based Learning on Students' Attitudes towards Renewable Energy. Malaysian Journal of Distance Education, 16(2), 39−57. https://myjms.mohe.gov.my

Sales, M. V., & Nonato, E. (2018). Experienciando inovações pedagógicas no ensino superior: pesquisa-formação e pesquisa-aplicação como bases de uma prática. En Plomp, T., Nieveen, N., Nonato, E. & Matta, A., Pesquisa-Aplicação Em Educação, uma introdução. (pág. 275-296). São Paulo: Artesanato Educacional Ltda.

Salimian, M., Mahmud, Y., & Ransom, A. L. (2013). Training Industrial Engineering Students as Energy Engineers. 120th ASEE Annual Conference & Exposition. American Society for Engineering Education. https://peer.asee.org

Sánchez, G., Moreno, M. A., & Beltrán, R. (2018). Aprendizaje basado en proyectos como una estrategia para mejorar el emprendimiento. https://anfei.mx/revista

Sánchez-Macias, E. I., Maldonado-Escobar, E. B., Franco-Solis, O. M., & MalizaCruz, W. I. (2025). EL Aprendizaje basado en proyectos una metodología motivadora en la enseñanza-aprendizaje en estudiantes de bachillerato. Journal of Science and Research, 10(2), 59–84. https://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/article/view/3233

Sánchez-López, G., Moreno-Aguilar, M. A., & Beltrán-Martínez, R. (2018). Aprendizaje basado en proyectos como una estrategia para mejorar el emprendimiento. Revista Electrónica Anfei Digital, 1-10.

Sánchez, J. & Ortiz, M. (2021). Proyectos escolares con energías renovables: una estrategia para la enseñanza de la física y el desarrollo sostenible. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 18(3), 320-335. https://revistas.uca.es/index.php/eureka

Sánchez, R., & Reyes, S. (2025). Enhancing Project-Based Learning: A Framework for Optimizing Structural Design and Implementation—A Systematic Review with a Sustainable Focus. *Sustainability,* 17(11), 4978. https://doi.org/10.3390/su17114978

Santos, D., Alonso-Martinez, J., Eloy-Garcia Carrasco, J., & Arnaltes, S. (2012). Problem-Based Learning in Wind Energy Using Virtual and Real Setups. IEEE Transactions on Education, 55(1), 126–134. doi:10.1109/te.2011.2151195

Santos, E., Souza, E., Reis, L., Martins, L., & Gomes, M. A. (2018). Museus virtuais em história e cultura da bahia: uma construção por meio da design-based research. En Plomp, T., Nieveen, N., Nonato, E. & Matta, A., Pesquisa-Aplicação Em Educação, uma introdução. (pág. 327-348). São Paulo: Artesanato Educacional Ltda. https://www.artesanatoeducacional.com.br

Santos, R. A., & Auler, D. (2019). Práticas educativas CTS: busca de uma participação social para além da avaliação de impactos da Ciência-Tecnologia na Sociedade. *Ciência & Educação* (Bauru), 25(2), 485-503. https://doi.org/10.1590/1516-731320190020010

Santos-García, F. M. I., Suárez-Rodríguez, C. del P., & Caplan, M. (2025). Energías renovables y educación para la paz: construyendo una sociedad justa e igualitaria. C. del P. Suárez Rodríguez, J. E. C. Villegas Zermeño & E. Tierrablanca Girón (Eds.), Diálogos sobre educación para la paz (pp. 85–?). Universidad Autónoma de San Luis Potosí; Fundación Red Iberoamericana de Ciencia, Naturaleza y Turismo. Sarmiento, F. O., & León, B. (2019). Andean páramo: A global priority for conservation and restoration. *Journal of Mountain Science,* 16(5), 1031–1045. https://doi.org/10.1007/s11629-018-5035-5

Sarmento, A. C., Costa, A. L., Muniz, C. R., Silva, N. R., Caldas, T. M., Sá, T. S., . . . Costa, V. J. (2016). Desenvolvimento de uma sequência didática sobre metabolismo energético – princípios de design validados em quatro prototipagens. C. Sepulveda, & M. Almeida, Pesquisa colaborativa e inovações educacionais em ensino de biologia (pp. 147–177). Feira de Santana, Brasil: UEFS Editora. https://www.uefs.br

Schmid, B., Debourdeau, A., Fahy, F., Kemp, R., Losada P., Markantonid, M., & Vadovicsi, E. (2025). Four pathways for energy citizenship initiatives to contribute to a more democratic European energy system. *Journal of European Integration*, 47(2), 339–360. https://doi.org/10.1080/07036337.2025.2458592

Schönstein, R. F., & Budke, A. (2024). Teaching action competence in education for sustainable development – a qualitative study on teachers' ideas, opinions, attitudes and self-conceptions. *Frontiers in Education*, 8, Article 1256849. https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1256849

Schulte, E., Scheller, F., Sloot, D., & Bruckner, T. (2022). A meta-analysis of residential PV adoption: The important role of perceived benefits, intentions and antecedents in solar

energy acceptance. *Energy Research & Social Science,* 84, Article 102339. https://doi.org/10.1016/j.erss.2021.102339

Scorsetti, M., Astudillo, C., & Orlando, S. (2020). ¿Qué elementos característicos del enfoque CTS se pueden reconocer en la enseñanza de la Energía en Física? Un estudio exploratorio en escuelas de Río Cuarto. *Revista Enseñanza de la Física*, 32(1), 93-105. https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF

Schwan, G., Ayres dos Santos, R., & Priamo Tonello, L. (2019). Configurações curriculares e práticas educativas com abordagem CTS na educação básica no ensino de ciências. Bio-grafía. *Escritos sobre la Biología y su Enseñanza*, 946- 957. https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/bio-grafia

Segura, D. J. (24 y 25 de agosto 2007). *Las Actividades Totalidad Abiertas, una propuesta para la comprensión de nuestra realidad en un mundo globalizado*. IX Congreso Nacional de Ciencias. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica. https://www.cientec.or.cr/exploraciones/ponencias2007/DinoSegura.pdf

Semana. (2022, abril 8). *Hidroeléctrica Chivor amplió su vida útil y generará energía eléctrica por 50 años más*. https://www.semana.com/economia/macroeconomia/articulo/hidroelectrica-chivor-amplio-su-vida-util-y-generara-energia-electrica-por-50-anos-mas/202229/

Şen, Ş., & Temel, Ş. (2023). Pre-service teachers' comprehension of renewable energy sources. *Erzincan Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi* 25(3):406-415. DOI:10.17556/erziefd.1233401

Sepúlveda, C., Sarmento, A. C., Guimarães, A. P., Muniz, C. R., Almeida, M. C., & El-Hani, C. N. (2016). A prática social de pesquisa colaborativa e a controvérsia sobre o estatuto epistemológico da pesquisa docente. Em C. Sepúlveda, & M. Almeida, Pesquisa colaborativa e inovações educacionais em ensino de biologia (pp. 49–95). Feira de Santana, Brasil: UEFS Editora. https://www.uefs.br

Sepúlveda, C. (2020). Perfil de adaptação e ensino de evolução: uma metodologia de uso de perfis conceituais no planejamento de ensino. *Investigações em Ensino de Ciências*, 25(2), 56-79. doi:10.22600/1518-8795.ienci2020v25n2p56

Serdyukov, P. (2017). Innovation in education: What works, what doesn't, and what to do about it? *Journal of Research in Innovative Teaching & Learning*, 10(1), 4–33. https://doi.org/10.1108/JRIT-10-2016-0007

Shattuck, J., & Anderson, T. (2013). Using a Design-Based Research Study to Identify Principles for Training Instructors to Teach Online. The international Review of research in open and distance learning, 14(5), 186-210. https://doi.org/10.19173/irrodl.v14i5.1622

Shehzad, S., Afzal, J., & Anwar, G. (2023). Significance of 'Renewable Energy Education' in Curriculum of Students. *Academy of Education and Social Sciences Review*, 3(3), 361–373. https://doi.org/10.48112/aessr.v3i3.603

Simonneaux, L. & Simonneaux, J. (2009). *Students' socio-scientific reasoning on controversies from the viewpoint of education for sustainable development. Cultural Studies of Science Education, 4*(3), 657–687. https://doi.org/10.1007/s11422-008-9141-x

Siregar, E. S., Hutahaean, J., & Napitupulu, N. D. (2025). The effect of discovery learning model on reducing students' misconceptions in renewable energy material. *Lensa: Journal of Science Education*, 13(2). https://doi.org/10.33394/j-lkf.v13i2.17925

Siribunnam, S., Nuangchalerm, P., & Jansawang, N. (2014). Socio-scientific Decision Making in the Science Classroom. *International Journal for Cross- Disciplinary Subjects in Education* (IJCDSE), 5(4), 1777-1782. https://infonomics-society.org/ijcdse

Skolforskningsinstitutet [The Swedish Institute for Educational Research]. (2022). Samhällsfrågor med naturvetenskapligt innehåll—en kartläggning av undervisningsmöjligheter. [Socioscientific issues—a systematic mapping of teaching opportunities]. Systematisk forskningssammanställning 2022:01. Skolforskningsinstitutet. ISBN 978-91-985317-4-9.

Smith, K. (2010). *The relationship between professional learning communities and student achievement.* Walden University. https://www.proquest.com

Soeiro, S., & Ferreira, M. (2020). Renewable energy community and the European energy market: main motivations. Heliyon, 6(7), e04511. doi:10.1016/j.heliyon.2020.e04511

Solarz, J., Gawlik-Kobylińska, M., Ostant, W., & Maciejewski, P. (2022). Trends in Energy Security Education with a Focus on Renewable and Nonrenewable Sources. *Energies*, 15(4), 1351. https://doi.org/10.3390/en15041351

Solbes, J. (2019). Cuestiones socio-científicas y pensamiento crítico: Una propuesta para cuestionar las pseudociencias. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 81-99. https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED

Solbes, J., & Torres, N. (2012). Análisis de las competencias de pensamiento crítico desde el aborde de las cuestiones sociocientíficas: un estudio en el ámbito universitario. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales* (26), 247-269. https://doi.org/10.7203/DCES.26.1937

Solbes, J., & Torres, N. (2018). Energía nuclear: una cuestión sociocientífica para el desarrollo del pensamiento crítico. In: CONRADO, D.M., and NUNES-NETO, N. Questões sociocientíficas: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas [online]. Salvador: EDUFBA, pp. 375-394. ISBN 978-85-232- 2017-4. https://doi.org/10.7476/9788523220174.0019.

Solbes, J., Torres, N., & Traver, M. (2018). Use of socio-scientific issues in order to improve critical thinking competences. Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching, 19, 1-22. https://www.eduhk.hk/apfslt

Sousa, A. E., Muniz, C. R., & Sarmento, A. C. (2016). O processo heurístico da construção do conceito de inovação educacional pelo CoPPEC. Em C. Sepulveda, & M. Almeida, Pesquisa colaborativa e inovações educacionais em ensino de biologia (pp. 97–126). Feira de Santana, Brasil: UEFS Editora. https://www.uefs.br

Sousa, J. P., & Nóbrega, T. I. (2018). Sete saberes necessários à educação do futuro e a iniciação à docência em Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS). *Revista Paradigma,* 39(2). https://revistaparadigma.online

Stebila, J., Brozman, D., Ružiak, I., & Gajtanska, M. (2014). Environmental Aspects of Renewable Sources of Energy in the Slovak Education System. Advanced Materials Research, 1001, 45–51. doi:10.4028/www.scientific.net/amr.1001.45

Stephenson, J. (2017). What does energy mean? An interdisciplinary conversation. *Energy Research & Social Science*, 26, 103–106. doi:10.1016/j.erss.2017.01.014

Strieder, R. B., Bravo Torija, B., Gil Quilez, M. J., (2017) Ciencia-tecnología-sociedad: ¿Qué estamos haciendo en el ámbito de la investigación en educación en ciencias? *Enseñanza de las Ciencias*, 35.3, pp. 29-49. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2319

Suárez, M., Viteri, C., & González, L. (2020). Ecoturismo comunitario como estrategia de conservación: Experiencias en los Andes tropicales. *Turismo y Sociedad,* 27, 199–219. https://doi.org/10.18601/01207555.n27.10

Sumozas, R. (2018). Una mirada desde la educación artística sobre las energías renovables y el medioambiente en Marruecos. *Observar,* 12, 107-130. https://raco.cat/index.php/Observar

Sutter, A. M., Dauer, J. M., Kreuziger, T., Schubert, J., & Forbes, C. T. (2019). Sixth grade students' problematization of and decision-making about a wind energy socio-scientific issue. International Research in Geographical and Environmental Education, 1–15. doi:10.1080/10382046.2019.1613586

Susilawati, N. A., Paidi, & Irwanto, I. (2021). Socio-scientific issues as a vehicle to promote soft skills and environmental awareness. European Journal of Educational Research, 10(1), 161–174. https://doi.org/10.12973/eu-jer.10.1.161

Suyo-Vega, J. A., Fernández-Bedoya, V. H., & Meneses-La-Riva, M. E. (2024). Beyond traditional teaching: A systematic review of innovative pedagogical practices in higher education. *F1000Research*, 13, Article 22. https://doi.org/10.12688/f1000research.143392.1

Svihla, V., & Linn, M. C. (2012). A Design-based Approach to Fostering Understanding of Global Climate Change. International Journal of Science Education, 34(5), 651–676. doi:10.1080/09500693.2011.597453

Tati, T., Firman, H., Riandi, R., & Permanasari, A. (2017). The Impact of STEM Project-Based Learning Toward. The Change of Students' Attitude on Energy Topic. International Conference on Science Education, (págs. 192-197). Surabaya, Indonesia. https://doi.org/10.2991/icse-17.2018.49

Tavera-Rodríguez, J., Rincón, J., & Bernal, G. (2021). Enfermedades respiratorias asociadas a exposición en minería subterránea de carbón en Boyacá (Colombia). *Ciencia & Salud,* 19(2), 45–58. https://doi.org/10.15332/21455385

Tawalbeh, M., Al-Othman, A., Kafiah, F., Abdelsalam, E., Almomani, F., & Alkasrawi, M. (2021). Environmental impacts of solar photovoltaic systems: A critical review of recent progress and future outlook. *Science of The Total Environment*, 143528. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143528

Terrapon-Pfaff, J., Dienst, C., König, J., & Ortiz, W. (2014). A cross-sectional review: Impacts and sustainability of small-scale renewable energy projects in developing countries. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 40, 1–10. doi:10.1016/j.rser.2014.07.161

Thomas, C., Jennings, P., & Lloyd, B. (2008). Issues in Renewable Energy Education. *Australian Journal of Environmental Education*, 24, 67-72. https://doi.org/10.1017/S0814062600000587

Tilca, F., Durán, R., Cabrera, J., Díaz, A., Yurquina, A., Martínez, E., . . . Cortez, M. (2016). Experiencias en proyectos de extensión de energías renovables en Salta. XXXIX Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente (ASADES). 4, págs. 12.83-12.90. Argentina: ASADES. https://asades.org.ar

Tolbert, S. (2016). Contextualizing science activity. In G. Edward, S. Tolbert, J. Solís, P. Stoddart, & G. Bunch, *Secondary science teaching for English learners: Developing supportive and responsive learning contexts for sense-making and language development* (pp. 59-78). Rowman & Littlefield. https://rowman.com

Torres-Gómez, M. (2024, agosto 8). Los dilemas de la Transición Energética en territorios mineros. Enlace Territorial – Blog ICSI. https://acortar.link/icsi-transicion

Torres-Merchán, N. (2011). Las cuestiones sociocientíficas: una alternativa de educación para la sostenibilidad. *Revista Luna Azúl*. 32, 45-51. https://revistasojs.ucaldas.edu.co/index.php/lunazul

Torres-Merchán, N. Y, Pedreros-Benavides, E. Y. & Valderrama, D. A. (2023). Abordaje de cuestiones sociocientíficas en Colombia: Una revisión sistemática 2010-2020. *Zona Próxima*, (39), 5-33. Epub February 17, 2024.https://doi.org/10.14482/zp.39.611.456

Torres, N. & Solbes, J. (2016). Contribuciones de una intervención didáctica usando cuestiones socio científicas para desarrollar el pensamiento crítico. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 34(2), 43-65. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1620

Tortop, H. S., & Özek, N. (2013). Proje tabanli öğrenmede anlamli alan gezisi; güneş enerjisi ve kullanim alanlari konusu. H. U. *Journal of Education*, 44, 300- 307. https://dergipark.org.tr

Travezaño, D., & Deroncele-Acosta, A. (2023). Educación ambiental energética: una resignificación epistemológica. *Revista de Filosofía*, *40*(103), 222-236. https://doi.org/10.5281/zenodo.7566965

Tsaparlis, G., Hartzavalos, S., Vlacha, V., Malamou, C., Neila, I., & Pantoula, C. (2020). Affective and Cognitive Outcomes of Project-based Teamwork in a Model Lower Secondary School: The Case of Nuclear Energy. *Science Education International*, 31(1), 52-64. https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1248727.pdf

UNESCO. (2020–2030). *Education for Sustainable Development* (ESD for 2030): sitio oficial y Roadmap. unesco.orgmext.go.jp

Ulazia, A., & Ibarra, G. (2020). Problem-Based Learning in University Studies on Renewable Energies: Case of a Laboratory Windpump. *Sustainability,* 12, 1–15. doi:10.3390/su12062495

Urquizo, J., Singh, P., Villavicencio, V., & Hidalgo, R. (2023). Co-creation of Renewable Energy Resources to Support the New Contextualized Education Curriculum in the Galapagos

Islands. *EEE Global Humanitarian Technology Conference, 3*, 366-371. https://doi.org/10.1109/GHTC56179.2023.10354869

Urton, K., Moeyaert, M., Nobel, K., Barwasser, A., Boon, R. T., & Grünke, M. (2024). Effects of graphic organizers on outcomes for students with disabilities: Three-level meta-analysis of single-case studies. *Exceptionality.* Advance online publication. https://doi.org/10.1080/09362835.2024.2389080

Vaccarezza, L. S. (2011). Ciencia, Tecnología y Sociedad: el estado de la cuestión en América Latina. *Revist@ do Observatório do Movimento pela Tecnologia Social da América Latina*, 1(1), 43-64. https://www.redalyc.org

Valdés, P., Valdés, R., Guisasola, J., & Santos, T. (2002). Implicaciones de las relaciones ciencia tecnología en la educación científica. *Revista Iberoamericana de Educación* (28), 101-128. https://rieoei.org/RIE/article/view/2893

Valverde, J. (2016). La investigación en Tecnología Educativa y las nuevas ecologías del aprendizaje: Design-Based Research (DBR) como enfoque metodológico. RIITE. *Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa*, 0, 60-73. Doi: http://dx.doi.org/10.6018/riite/2016/257931

Van den Akker, J. (2007). Curriculum design research. *An introduction to educational design research*, 37-50. https://slo.nl/publish/pages/2904/introduction_20to_20education_20design_20research.pdf

Van den Akker, J. (2009). Curriculum Design Research. En T. Plomp, & N. Nieveen, An introduction to educational design research (págs. 37–51). Enschede: SLO Netherlands Institute for curriculum development. https://slo.nl/publish/pages/2904/introduction_20to_20education_20design_20research.pdf

Van den Akker, J. (2018). Pesquisa de desenvolvimento curricular como um tipo de pesquisa aplicação em educação. En Plomp, T., Nieveen, N., Nonato, E., & Matta, A., Pesquisa-Aplicação Em Educação, uma introdução. (págs. 67-87). São Paulo: Artesanato Educacional Ltda. https://www.academia.edu

Van der Linden, J., Van der Vleuten, C., Nieuwenhuis, L., & van Schilt-Mol, T. (2023). Formative use of assessment to foster self-regulated learning: the alignment of teachers' conceptions and classroom assessment practices. *Journal of Formative Design in Learning*, 7, 195-207. https://doi.org/10.1007/s41686-023-00083-4

Vanegas, O. (2020). *La motivación y planificación como reto pedagógico para el desarrollo del aprendizaje autónomo, que deben asumir los docentes con estudiantes de educación superior presencial, en transición a educación remota asistida por las TIC en Colombia en contexto d.* Universidad Nacional abierta y a Distancia: https://repository.unad.edu.co/handle/10596/38029

Vargas, A. (2021). Desarrollo de la argumentación en ecología en estudiantes de básica secundaria en Escuela Nueva. [Tesis de Magister, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia]. Repositorio institucional de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. http://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/8933

Vargas, K. (2021). Revisión de literatura: un acercamiento al aprendizaje autónomo de las lenguas extranjeras e interculturalidad a través del ABP. *Márgenes, 2*(1), 21-40. https://revistas.uma.es/index.php/mgn

Vasiliene, V., Vasiliauskas-Vasilis, A., Meidute-Kavaliauskiene, I. & Sabaityte, J. (2020). Peculiarities of educational challenges implementing project-based learning. *World Journal on Educational Technology: Current Issues*. 12(2), 136- 149. https://doi.org/10.18844/wjet.v12i2.4816

Vega-Araújo, J., Peña Niño, J., Arond, E., & Patzy, F. (2023). Navigating a just energy transition from coal in the Colombian Caribbean. *Stockholm Environment Institute.* https://www.sei.org/publications/navigating-a-just-energy-transition-colombia

Vega-Araújo, J., Niño, J. P., Arond, E., & Patzy, F. (2024). Just transitions from coal in Colombia (policy brief, NRGI/SEI). *Natural Resource Governance Institute*. https://resourcegovernance.org/publications/just-transitions-coal-colombia

Vera, P. E., González-Cuervo, C. P., Carrillo-Peña, G. A., & Gáfaro-Rojas, A. I. (2019). Experiencia de aula: Creación de un prototipo para generar energía eléctrica a partir de energía mecánica. XV Congreso Internacional sobre el Enfoque Basado en Competencias "Modernización e innovación en la Educación" (pág. 22-30). Colombia: Corporación CIMTED. https://www.cimted.org

Vezzoli, C., Ceschin, F., & Diehl, J. (2015). Sustainable Product-Service System Design applied to Distributed Renewable Energy fostering the goal of sustainable energy for all. *Journal of Cleaner Production, 97*, 134-156. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.01.097

Vidal, M. (2020). Estrategias didácticas para la virtualización del proceso enseñanza aprendizaje en tiempos de COVID-19. *Revista Cubana de Educación Médica Superior, 34*(3), 1-10. https://ems.sld.cu/index.php/ems/article/view/2594

Viehmann, C., Fernández Cárdenas, J. M., & Gehibie Reynaga Peña, C. (2024). The use of socioscientific issues in science lessons: A scoping review. Sustainability, 16(14), 5827. https://doi.org/10.3390/su16145827

Vilches, A., & Gil, D. (2012). La Educación para la Sostenibilidad en la Universidad: El Reto de la Formación del profesorado. *Profesorado: Revista de Currículo y formación del Profesorado, 16*(2), 25-43. https://www.ugr.es/~recfpro/rev162ART2.pdf

Vilches, A., Gil Perez, D., Toscano, J.C. y Macias, O. (2014). La transición energética. Una Nueva Cultura de la Energía [artículo en línea]. OEI. ISBN 978-84- 7666-213-7. http://www.oei.es/decada/accion.php?accion=023

Vilela, N., & Teixeira, M. S. (2020). Produção e Utilização de Energia no Contexto do Agronegócio Tocantinense: uma Abordagem Pautada nas Relações Ciência, Tecnologia e Sociedade para o Ensino Médio Técnico. *Research, Society and Development,* 9(1), 1-27. doi: http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i1.1818

Vizcarro, C. & Juárez, E. (2008). ¿Qué es y cómo funciona el aprendizaje basado en problemas? En la metodología del Aprendizaje Basado en Problemas (pp. 17- 36). Recuperado de http://www.ub.edu/dikasteia/LIBRO_MURCIA.pdf

Waldman, S., & Masys, A. (2018). Nuclear Waste Management: Security and Safety Implications. *Security by Design: Innovative Perspectives on Complex Problems*, 361-374. https://doi.org/10.1007/978-3-319-91848-8_21

Walter, Y., Rogers, P., & Nakamura, T. (2024). Embracing the future of Artificial Intelligence in the classroom: Prompt engineering, AI literacy and critical thinking*. International Journal*

of Educational Technology in Higher Education, 21(1), 1–19. https://doi.org/10.1186/s41239-024-00448-3

Walz, K., Rushton, G., & Taylor, P. (2016). International perspectives on renewable energy education: The influence of a professional development program on US teachers. *Journal of Renewable and Sustainable Energy, 8*(6), 97-116. doi:https://doi.org/10.1063/1.4958974

Wang, T. (2017). Overcoming barriers to 'flip': building teacher's capacity for the adoption of flipped classroom in Hong Kong secondary schools. *Research and practice in technology enhanced learning*, 6. https://doi.org/10.1186/s41039-017-0047-7

Wang, X., & Guo, L. (2021). How to promote university students to innovative use renewable energy? An inquiry-based learning course model. *Sustainability*, 1418. https://doi.org/10.3390/su13031418

Wang, Q., & Wang, L. (2020). Effect of renewable energy consumption on economic growth in OECD countries from non-renewable energy intensity, urbanization level and per capita incomes. Energy, 118200. doi:10.1016/j.energy.2020.118200

Weber, N. R., Strobel, J., Dyehouse, M. A., Harris, C., David, R., Fang, J., & Hua, I. (2014). First-Year Students' Environmental Awareness and Understanding of Environmental Sustainability Through a Life Cycle Assessment Module. Journal of Engineering Education, 103(1), 154–181. doi:10.1002/jee.20032

Wilder, R., Nuwategeka, E., Monge, C., & Bazán Talavera, A. (2024). Environmental justice in education for climate action: Case studies from Perú and Uganda. *Children & Society.* https://doi.org/10.1111/chso.12899

Winarno, A., & Maulana, A. (2020). The implementation of project-based learning (pjbl) based on STEM: a reflection of concept and reality within learning process in business department of vocational high school. *Jurnal Pendidikan Bisnis dan Manajemen*, 78-86. https://doi.org/10.17977/um003v6i22020p078

Wrobel, F. C. M. (2015). O papel da educação ambiental no estudo das fontes renováveis de energia nas escolas brasileiras. *Interfaces Científicas - Direito*, 3(2), 73-87. https://doi.org/10.17564/2316-381X.2015v3n2p73-87

Yan, Z., Wang, X., Boud, D., & Lao, H. (2023). The effect of self-assessment on academic performance and the role of explicitness: A meta-analysis. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 48(1), 1–15. https://doi.org/10.1080/02602938.2021.201264

Yang, Y., & Li, L. (2013). Exposing Engineering Students to Renewable Energy Through Hands-On Experiments. *American Journal of Engineering Education*, 4(2), 127-140. https://doi.org/10.19030/ajee.v4i2.8342

Yang, T.-C., & Lin, Z.-S. (2024). Enhancing elementary school students' computational thinking and programming learning with graphic organizers. *Computers & Education*, 209, 104962. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104962

Yildiz, F. (2012). "Lab Experiments on Renewable Energy using Microsoft Visio and Inexpensive Apparatus," Engineering Pathway, https://ecs.syr.edu/centers/SustainableEngineering/modules/12-40_Yildiz.pdf

Youngjoon, S. (2017). A Cross-Sectional Study of Student Behavior for Energy- Saving. *Educación sobre energía y cambio climático*, 7(2), 133-142. https://www.researchgate.net

Zabala, C. C. & Gallego, A. P. (2018). Fortalecimiento de competencias investigativas por medio de elaboración de propuestas sobre energías renovables. *Revista TED*, Numero Extraordinário, 1-7. https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED

Zafar, M. W., Shahbaz, M., Sinha, A., Sengupta, T., & Qin, Q. (2020). How renewable energy consumption contribute to environmental quality? The role of education in OECD countries. *Journal of Cleaner Production*, 268, 122149. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122149

Zeidler, D. L. (2014). Socioscientific Issues as a Curriculum Emphasis: Theory, Research and Practice. In Handbook of Research on Science Education, edited by S. K. Abell and N. G. Lederman, 697–726. New York: Routledge. https://doi.org/10.4324/9780203097267

Zeidler, D. L. (2025). Socioscientific issues as a moral context for hazard literacy and disaster education. *Journal of Hazard Literacy*, 1(2), e8. https://doi.org/10.63737/jhl.25.0022

Zeidler, D. L. (2016). STEM education: A deficit framework for the twenty first century? A sociocultural socioscientific response. *Cultural Studies of Science Education*, 11(1), 11–26. https://doi.org/10.1007/S11422-014-9578-Z

Zhang, J., Xie, H., & Li, H. (2018). Project based learning with implementation planning for student engagement in BIM classes. *International Journal of Engineering Education*, 310-322. https://www.ijee.ie

Zhang L, Ma Y. (2023) A study of the impact of project-based learning on student learning effects: a meta-analysis study. Front Psychol. Jul 17; 14:1202728. doi: 10.3389/fpsyg.2023.1202728. PMID: 37564309; PMCID: PMC10411581.

Zhang, W. X. & Hsu, Y. S. (2025). Professional Development for Socioscientific Issue Teaching: Exploring the Discourse of In-Service Teachers in Community Activities through Epistemic Network Analysis. Res Sci Educ 55, 961–987. https://doi.org/10.1007/s11165-025-10237-1

Zhao, B., Wang, H., Huang, Z., & Sun, Q. (2022). Location mapping for constructing biomass power plant using multi-criteria decision-making method. *Sustainable Energy Technologies and Assessments, 2*, 101-127. https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101727

Zowada, C., Gulacar, O., & Eilks, I. (2018). Incorporating a Web-Based Hydraulic Fracturing Module in General Chemistry as a Socio-Scientific Issue That Engages Students. Journal of Chemical Education, 95(4), 553–559. doi:10.1021/acs.jchemed.7b00613

Zúñiga-González, L., & Valenzuela-González, A. (2019). Educación en energías renovables desde el enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad – CTS. *Pensamiento y Acción*, (28), 47–59. https://doi.org/10.19053/01201190.n28.2020.11057

Zúñiga González, L. R. (2021). *Educación en energías renovables: Mapeamiento Bibliográfico Informacional*. En Actas del XI Congreso Latinoamericano de Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental (pp. 1199-1202). Bogotá: [Editorial o institución]. Disponible en https://congresoenseciencias.org/wp-content/uploads/2021/10/Actas-Electronicas-del-XI-Congreso-FINAL_compressed.pdf

Zúñiga-González, L. (2021). Aprendizaje Basado en Proyectos en la Educación en Energías Renovables. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED,* 281-288. https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED

Zúñiga-González, L. R., & Molina-Andrade, A. (2021). *Enfoque CTS en la educación en energías renovables para la participación ciudadana* [Ponencia]. Memórias do XIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC). Caldas Novas, Brasil. https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/enpec/2021/TRABALHO_COMPLETO_EV155_MD1_SA108_ID911_27062021114759.pdf

Zúñiga-González, L., & Valverde-Berrocoso, J. (2021). *Antecedentes Design Research en la educación en energías renovables*. En *Libro de actas del 2.º Congreso Caribeño de Investigación Educativa: Nuevos paradigmas y experiencias emergentes* (Vol. 2, pp. 355–361). Congreso Caribeño de Investigación Educativa. https://congresos.isfodosu.edu.do/index.php/ccie/article/view/344

Zúñiga-González, L. R., & Molina-Andrade, A. (2023). Revisión de antecedentes: la educación en energías renovables desde la perspectiva del aprendizaje basado en proyectos y cuestiones socio científicas. Revista Electrónica EDUCyT, 13(1), 19-46. https://die.udistrital.edu.co/revistas/index.php/educyt/article/view/257

Zúñiga González, L. R., Molina Andrade, A., & Mateus Vargas, M. (2024). *Conocimientos de los docentes de la IE Técnica Francisco José de Caldas del municipio de Socotá, acerca del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), Cuestiones Socio-Científicas (CSC) y energías renovables (ER)*. *Bio-grafía*, 17(Extra), 1603-1611. https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/bio-grafia

Zúñiga González, L. R., Molina Andrade, A., & Mateus Vargas, M. (2025). *Conocimientos de los estudiantes de la IE Técnica Francisco José de Caldas del municipio de Socotá acerca de las energías renovables (ER)*. Libro de Actas del 5.º Congreso Caribeño de Investigación Educativa: Educación para el futuro, desarrollo sostenible y la inteligencia artificial como herramientas para el cambio (pp. 105-113). Punta Cana, República Dominicana: Instituto Superior de Formación Docente Salomé Ureña. https://congreso.isfodosu.edu.do

Zyadin, A., Puhakka, A., & Ahponen, P. (2012). School students' knowledge, perceptions, and attitudes toward renewable energy in Jordan. *Renewable energy,, 45*, 78-85. https://doi.org/10.1016/j.renene.2012.02.002

Zyadin, A., Puhakka, A., Ahponen, P., & Pelkonen, P. (2014). Secondary school teachers' knowledge, perceptions, and attitudes toward renewable energy in Jordan. *Renewable Energy*, 62, 341–348. doi:10.1016/j.renene.2013.07.033