

**DESARROLLO DE HABILIDADES DE PENSAMIENTO CRÍTICO COMO EL ANÁLISIS,
ARGUMENTACIÓN Y TOMA DE DECISIONES DESDE LA PROBLEMÁTICA DE LA
CONTAMINACIÓN DEL AIRE**

Francisco Alirio Barcenás Yaima

Cod: 2018115006

Directora:

Diana Catalina Carrión Pérez

Grupo de Investigación Alternancias

Línea de investigación: Didáctica de los contenidos Curriculares en Química

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

LICENCIATURA EN QUÍMICA

BOGOTÁ, D.C

2024

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a la Universidad Pedagógica Nacional por la formación profesional que me brindo. Al departamento de química y a sus docentes que, con su apoyo, enseñanzas y dedicación a la profesión, me orientaron en este proceso formativo y personal.

Agradezco al Colegio Carlos Pizarro Leongómez, a la docente Carolina Tunjo y al grupo de estudiantes de grado 1001, que fueron participes en el desarrollo de este trabajo.

También, a la profesora y asesora Diana Carrión quien, con su conocimiento, ayuda y paciencia contribuyo al desarrollo en el presente trabajo de grado.

A mi familia por su apoyo incondicional en cada proyecto, como también, su contribución en los valores y creencias, las cuales son importantes para dar sentido a la persona y profesional que soy. Por último, agradezco a los compañeros que durante mi carrera fueron un apoyo en aspectos tanto académicos, como personales.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	6
2. JUSTIFICACIÓN	7
3. ANTECEDENTES	9
4. FORMULACIÓN DE LA PREGUNTA PROBLEMA	17
5. OBJETIVOS	18
5.1. OBJETIVO GENERAL	18
5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
6. MARCO REFERENCIAL	19
6.1. Pensamiento Crítico	19
6.1.1. Habilidades de pensamiento critico	19
6.2. Enfoque CTSA	21
6.3. Contaminación atmosférica	22
6.3.1. Contextualización contaminación atmosférica: Colombia y Bogotá	26
6.4. Unidad Didáctica	27
7. METODOLOGÍA	30
7.1. Tipo de Investigación	30
7.2. Fases metodológicas	31
8. RESULTADOS Y ANÁLISIS	34
8.1. Indagación	34
1.1.1. Matriz de Análisis Tabla 4.Matriz de análisis.....	35
8.1.1. Diseño Prueba inicial	39
8.2. Caracterización	39
8.2.1. Contextualización de la población.....	39
8.2.2. Prueba inicial	40
8.3. Planificación y ejecución	56
8.3.1. Propuesta Unidad didáctica	56
8.4. Implementación Unidad Didáctica	57
9. CONCLUSIONES	87
10. RECOMENDACIONES	89
11. ANEXOS	90
11.1. Ficha Técnica Matriz de Análisis	90
12. BIBLIOGRAFÍA	92

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Fases metodológicas	31
Ilustración 2 Diagrama de tendencias pregunta A.....	46
Ilustración 3 Diagrama de tendencias pregunta G	46
Ilustración 4 Diagrama de tendencias pregunta H	47
Ilustración 5 Diagrama de tendencias pregunta I.....	47
Ilustración 6 Diagrama de tendencias pregunta J.....	47
Ilustración 7 Práctica realizada por estudiantes.....	63
Ilustración 8 Estudiantes realizando la práctica	63
Ilustración 9 Mapa realizado por el grupo 1	67
Ilustración 10 Mapa realizado por el grupo 5	68
Ilustración 11 Mapa realizado por el grupo 9.....	69
Ilustración 12 Mapa realizado por el grupo 3.....	69
Ilustración 13 Mapa realizado por el grupo 8.....	70
Ilustración 14 Mapa realizado por el grupo 4.....	71
Ilustración 15 Mapa realizado por el grupo 6.....	71
Ilustración 16 Mapa realizado por el grupo 7.....	72
Ilustración 17 Dibujo realizado por el grupo 6.....	74
Ilustración 18 Dibujo realizado por el grupo 8.....	74
Ilustración 19 Dibujo realizado por el grupo 9.....	75
Ilustración 20 Resultado del detector ubicado en el cuarto grupo 6	76
Ilustración 21 Resultado del detector ubicado en la cocina grupo 6.....	76
Ilustración 22 Resultado del detector ubicado en el exterior grupo 6.....	76
Ilustración 23 Resultado del detector ubicado en el cuarto grupo 7	77
Ilustración 24 Resultado del detector ubicado en el exterior grupo 7	77
Ilustración 25 Respuesta del grupo 6.....	78
Ilustración 26 Resultados del grupo 3.....	79
Ilustración 27 Estructuras realizadas por el grupo 6.....	80
Ilustración 28 Estructuras realizadas por el grupo 5.....	80
Ilustración 29 Estructuras realizadas por el grupo 5.....	80
Ilustración 30 Diagrama causa efecto realizado por el grupo 8	81
Ilustración 31 Estructuras realizadas por el grupo 9	81

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Antecedentes.....	9
Tabla 2 Principales contaminantes atmosféricos	24
Tabla 3 Elementos de una unidad didáctica	28
1.1.1. Matriz de Análisis Tabla 4. Matriz de análisis	35
Tabla 5 Tabulación de resultados de la prueba Likert	40
Tabla 6 Tabla de clasificación inicial	53
Tabla 7 Análisis del apartado de resultados	57
Tabla 8 Evidencias fotográficas tercera sesión	63

Tabla 9. Análisis del apartado de resultados	63
Tabla 10 Resultados Grupo 6	76
Tabla 11 Resultados grupo 7.....	77
Tabla 12. Niveles al finalizar implementación	83

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Tabulación pregunta B	43
Gráfico 2 Tabulación pregunta C.....	44
Gráfico 3 Tabulación pregunta D	44
Gráfico 4 Tabulación pregunta E.....	45
Gráfico 5 Tabulación pregunta F.....	45

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente la sociedad se enfrenta a constante incertidumbre que exige cambios en la educación, donde es fundamental fomentar en los estudiantes la capacidad de pensamiento crítico, la identificación y postura respecto a problemas complejos para ser sujetos de transformación. Además, la sociedad se enfrenta a diversas problemáticas ambientales, entre ellas el cambio climático, deforestación, degradación del suelo, contaminación y escasez de agua, estas cuestiones medioambientales permiten ser un eje central en el fomento de habilidades de pensamiento crítico, pues están estrechamente relacionados y se complementan mutuamente. Llegar a comprender una problemática ambiental y formular soluciones, implica analizar de manera profunda la información, evaluando fuentes y comprendiendo las múltiples explicaciones de estos, teniendo en cuenta las interconexiones entre las acciones humanas, los impactos en el medio ambiente, y el manejo de los temas científicos subyacentes en esta problemática.

En este contexto, el trabajo de investigación enfocado caracterizar las percepciones y habilidades de pensamiento crítico de los estudiantes de décimo grado del Colegio Carlos Pizarro Leongómez IED, abarcando aspectos como la argumentación, el análisis, la evaluación de la información y la solución de problemas. Con el objetivo de fortalecer y desarrollar estas habilidades, se propone una unidad didáctica enmarcada en el enfoque CTSA (Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente). Esta unidad didáctica busca proporcionar a los estudiantes las herramientas necesarias para comprender la formación y emisión de los principales contaminantes atmosféricos, tanto en procesos naturales como antrópicos, así como su comportamiento en la atmósfera. Además, se pretende que los estudiantes comprendan las implicaciones políticas, sociales y económicas de la problemática ambiental, desarrollando conocimientos que les permitan convertirse en agentes de cambio en su contexto.

El proyecto se llevó a cabo a través de una revisión de antecedentes y la elaboración de un marco referencial que permitió identificar las habilidades de pensamiento crítico a desarrollar en el contexto de la problemática ambiental. Tras evaluar el nivel inicial de estas habilidades en los estudiantes, se diseñó una unidad didáctica compuesta por seis sesiones. Esta unidad tuvo como objetivo promover habilidades clave como el análisis de la información, la argumentación y la toma de decisiones, buscando así fomentar un aprendizaje significativo que prepare a los estudiantes para enfrentar los desafíos ambientales de manera crítica y reflexiva.

2. JUSTIFICACIÓN

La contaminación atmosférica es considerada por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2018) como una de las mayores amenazas medioambientales, se estima que nueve de cada diez personas respiran aire contaminado que supera los límites recomendados por la OMS, lo que genera alrededor de siete millones de muertes anuales. Un estudio realizado por la revista *The Lancet Respiratory Medicine* en el 2020, presenta un análisis sistemático de la evolución de las enfermedades respiratorias crónicas como el asma, la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) y las enfermedades ocupacionales entre los años 1990 – 2017, demostrándose que alrededor de 544 millones de personas (7,4% de la población mundial) poseen alguna de estas enfermedades respiratorias, un aumento del 39,8% en comparación con 1990, debido a esto, las enfermedades respiratorias crónicas siguen siendo una de las principales causas de morbilidad y mortalidad en todo el mundo, contribuyendo al aumento de enfermedades no transmisibles (ENT) en la población (Fuller et al., 2020).

Colombia no es ajena a esta problemática, de acuerdo con el Décimo Informe Técnico Especial realizado por el Observatorio Nacional de Salud ONS, donde se señala que el material particulado, la contaminación de aire intradomiciliario y ozono ambiental, hacen parte de los mayores factores de riesgo ambiental, junto con la falta de agua potable y el saneamiento, se estiman alrededor de 17,549 muertes (8% del total de mortalidad anual) asociadas a estos factores de riesgo (ONS, 2018).

De acuerdo con el Informe realizado por el IDEAM (2021), la Calidad de Aire durante el año 2021 posiciona a Bogotá como la segunda ciudad con el aire más contaminado del país, después de Medellín. Sin embargo, la capital fue la ciudad que más días excedió los límites permisibles de contaminación del aire, desde el análisis realizado en las principales estaciones de monitoreo ubicadas en Kennedy, Carvajal y Sevillana. Siendo las principales fuentes de contaminación el material resuspendible (PM 2.5) y fuentes móviles de carretera (emisiones de camiones, carros y motos). En el caso de esta investigación, de desarrollar en estudiantes de grado décimo del Colegio Carlos Pizarro Leongomez IED ubicado en la localidad de Bosa, donde se abordarán las principales fuentes de contaminación específicas de la zona, como las fuentes fijas (fabricas e industria) y obras civiles (pavimentación).

En esta perspectiva, desde los Estándares de Educación en ciencias naturales para grado décimo, se contempla la identificación de cambios químicos en la vida cotidiana y en el ambiente, junto a la explicación de la estructura de los átomos y los enlaces que este realiza MEN (2006) y desde los Derechos Básicos de Educación (DBA), se menciona la comprensión de los mecanismos de reacciones químicas que posibiliten la formación de los compuestos inorgánicos, así como el manejo de la nomenclatura y la explicación del comportamiento químico según los elementos que conforman las moléculas MEN (2016).

A partir de esto, se pretendía que los estudiantes relacionen los conceptos de enlace químico con la problemática de contaminación atmosférica, y generen explicaciones sobre los cambios químicos que influyen en esta, a partir de las emisiones de gases inorgánicos como el dióxido de azufre (SO_2), el monóxido de carbono (CO) y óxidos de nitrógeno (NO_x), identificando su formación, nomenclatura y los efectos sobre la calidad de aire y la salud humana. Además de analizar la formación de partículas en suspensión evidenciando su origen natural y antrópico, relacionando el tamaño de partícula con su incidencia en el medio ambiente. Para ello, se hace conveniente la propuesta de implementación y evaluación de estrategias que promuevan la vinculación de conocimientos científicos con aspectos tecnológicos, sociales y ambientales, que guíen el desarrollo de una educación para la ciudadanía, con individuos críticos y responsables que propongan e implementen acciones que repercutan sobre situaciones de su contexto.

El enfoque Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente (CTSA) se emplea como una alternativa para abordar la contaminación atmosférica de Bogotá, donde, más allá de ser visto como un problema socioambiental, se busca incluir implicaciones científicas y tecnológicas, que permitan realizar un análisis crítico de diversos factores inmersos en esta problemática. De acuerdo con esto, Torres (2011) menciona que el enfoque CTSA direcciona la educación hacia la formación de sujetos críticos, con habilidades, valores y conocimientos que generen espacios de diálogo reflexivo, donde incentiven la toma de posturas y decisiones fundamentadas. Como mencionan Fernandes, Pires & Villamañan (2014) la enseñanza de las ciencias desde el enfoque CTSA busca el desarrollo de la cultura científica en los estudiantes, donde sus conocimientos permitan comprender los avances científico-tecnológicos y su incidencia en la sociedad, guiando individuos capaces de llevar a sus contextos los conocimientos y competencias desarrollados en clase, no solo la comprensión de significados, conceptos, teorías o metodologías, también habilidades para analizar problemas, evaluar evidencias y tomar decisiones de acuerdo a la información disponible.

Esta problemática se abarcó desde una unidad didáctica definida como una estrategia educativa, encaminada en promover procesos de sensibilización en los estudiantes respecto a los problemas relacionados con la calidad del aire, sus impactos en la salud humana y el medio ambiente. Sumado a esto, Arteaga, Armada & Martínez (2016) señalan la importancia de encaminar la enseñanza de las ciencias hacia el desarrollo de una cultura científica, debido a que permite a los estudiantes adquirir una visión del mundo que les rodea, y al mismo tiempo, brinda los conocimientos necesarios que propicien la capacidad de pensamiento crítico y la toma de decisiones junto con procesos de reflexión, diálogo y transformación con responsabilidad social.

3. ANTECEDENTES

En la revisión de antecedentes, se analizaron diversas investigaciones que exploran el desarrollo de habilidades investigativas en estudiantes a partir del abordaje de problemáticas ambientales. Estos estudios destacan cómo el análisis de temas como la contaminación atmosférica y otros problemas ecológicos no solo permite a los estudiantes comprender la importancia del medio ambiente, sino que también promueve habilidades de pensamiento crítico. En particular, se examinaron enfoques que integran la ciencia, tecnología, sociedad y ambiente desde CTSA y CTS, demostrando que el contexto ambiental es un escenario que permite fomentar habilidades como la argumentación, el análisis de información, y la toma de decisiones. Estas investigaciones proporcionaron un marco teórico para diseñar una unidad didáctica que busque fortalecer dichas habilidades en los estudiantes, encaminando así un proceso de aprendizaje reflexivo frente a los desafíos ambientales contemporáneos. A continuación, se presenta la tabla con la recopilación de los antecedentes.

Tabla 1 Antecedentes

TÍTULO - AUTOR	METODOLOGÍA EMPLEADA	RESULTADOS OBTENIDOS	APORTES A LA PRESENTE INVESTIGACIÓN
La contaminación atmosférica: un contexto para el desarrollo de competencias en el aula secundaria (Lupión & Prieto, 2014)	Se realizó desde una metodología de investigación cualitativa, abordando la contaminación desde el enfoque CTS, se diseñó una propuesta donde el estudiante es protagonista de su proceso de aprendizaje y el docente un facilitador que coordina y evalúa el desarrollo de los estudiantes. Para evaluar el proceso de los estudiantes en la secuencia, se	De acuerdo con los criterios establecidos para evaluar la adquisición de las competencias, se observó un desarrollo promedio de los estudiantes en las actividades iniciales desarrolladas dentro del salón de clase, aquellos que alcanzaban niveles altos se mantenían en las siguientes actividades, así como para los niveles bajos. Sin embargo, en las actividades finales que requerían el desplazamiento de los estudiantes a las zonas de estudio, además del trabajo colaborativo en	La evaluación de los estudiantes desde el desarrollo de competencias permite evidenciar zonas concretas donde los estudiantes presentan mayores dificultades, de acuerdo a estos resultados, se destaca la importancia de llevar los conocimientos progresivamente al área de estudio, junto con el manejo de conceptos, el trabajo colaborativo y la formulación de propuestas que puedan subsanar las problemáticas, sean aplicables o no, esto

TÍTULO - AUTOR	METODOLOGÍA EMPLEADA	RESULTADOS OBTENIDOS	APORTES A LA PRESENTE INVESTIGACIÓN
	establecieron 19 competencias que permitieron realizar un análisis de cada estudiante.	la realización de propuestas para solventar la problemática, se observa progreso en el desarrollo de las competencias respecto a las actividades iniciales, alcanzando niveles medio- altos.	evidencia el nivel de reflexión de los estudiantes y la vinculación de los conocimientos científicos a las problemáticas ambientales.
Relaciones CTS en el estudio de la contaminación atmosférica: una experiencia con los estudiantes de secundaria (García, 2005)	Esta investigación se desarrolló desde el enfoque CTS con estudiantes de diferentes edades, por lo que se organizaron dos grupos de acuerdo con la edad y curso y así se dividió la temática de contaminación atmosférica. Se desarrolló una secuencia didáctica desde el análisis procedimental y actitudinal en tres fases: Observación del trabajo individual, grupal y propuestas, Seguimiento y valoración de informes y Evaluación de actitudes y valores.	De acuerdo con los parámetros establecidos para la valoración de las ideas de los estudiantes, se evidencia mayor desarrollo de habilidades investigativas y comunicativas, se destaca la sensibilización lograda en los estudiantes. Se menciona la importancia de generar la vinculación de la ciencia con aspectos tecnológicos y sociales, lo que favorece la contextualización del conocimiento, junto con el desarrollo de valores y actitudes.	La investigación demuestra la importancia de desarrollar habilidades investigativas en los estudiantes, como la argumentación, solución de problemas y uso de bases de datos. Sumado a esto, se evidencia la importancia del trabajo colaborativo y la participación en su proceso de aprendizaje, que lleve a los estudiantes a realizar propuestas de trabajo y alternativas para dar a conocer la problemática a la comunidad y vincular el contenido con el contexto.

TÍTULO - AUTOR	METODOLOGÍA EMPLEADA	RESULTADOS OBTENIDOS	APORTES A LA PRESENTE INVESTIGACIÓN
<p>Relaciones ciencia, tecnología, sociedad y ambiente a partir de casos simulados: una experiencia en la enseñanza de la química. (Martínez, Peñal & Villamil, 2007)</p>	<p>Este trabajo se abarca desde el enfoque CTSA, a través de la metodología de investigación cualitativa. Se presentan los casos simulados como una alternativa de trabajo pedagógico y didáctico, que llevan al estudiante a la interpretación de fenómenos. El objetivo se desarrolló en tres aspectos: Identificación de problemáticas, trabajo colaborativo y por último Debate y concertación.</p>	<p>Se evidenció que los Casos Simulados contribuyen a establecer relaciones entre aspectos CTSA, sumado a esto, se logra fomentar la responsabilidad y compromiso, en la formulación de posibles soluciones a la temática propuesta.</p> <p>En la identificación de problemáticas: Desde noticias, los estudiantes identificaron problemas ambientales en su contexto, así como los actores sociales que intervienen.</p> <p>Trabajo colaborativo: Partiendo desde una revisión bibliográfica, se argumentó desde diferentes posiciones sobre el caso simulado.</p> <p>Debate y concertación: Se argumentó desde las posiciones de los actores sociales, junto con la formulación de posibles soluciones al problema ambiental.</p>	<p>Los Casos Simulados se presentan como una alternativa para la contextualización de conocimientos, se incentiva la búsqueda y elección de problemáticas que afectan en su contexto, logrando fomentar habilidades argumentativas e investigativas, empleados en debates.</p>
<p>Aplicación del enfoque ciencia, tecnología,</p>	<p>La metodología se basa en un estudio cualitativo, partiendo de una noticia alusiva al deshielo en</p>	<p>El planteamiento de la metodología desde la investigación escolar con el enfoque CTSA, resulta favorable para el desarrollo de</p>	<p>Abarcar los problemas ambientales desde los debates, resulta importante para desarrollo de habilidades investigativas y</p>

TÍTULO - AUTOR	METODOLOGÍA EMPLEADA	RESULTADOS OBTENIDOS	APORTES A LA PRESENTE INVESTIGACIÓN
<p>sociedad y ambiente ante problemas reales: El deshielo del Ártico. (García & Castro, 2009)</p>	<p>el Polo Norte y los posibles conflictos territoriales en el ártico. Esta problemática fue abordada desde la dimensión CTSA, donde a cada grupo de estudiantes se le asignó el desarrollo de un enfoque. Todo esto se lleva hacia la simulación de un debate, donde los estudiantes desde diferentes roles defenderán sus posturas, argumentando desde el enfoque asignado.</p> <p>Debido al carácter cualitativo de la investigación, la evaluación se planteó desde la observación de cada grupo de trabajo, junto las exposiciones y avances de trabajos propuestos, finalizando con la investigación y participación en el debate.</p>	<p>habilidades de investigación, favoreciendo la motivación de los estudiantes y la formación ciudadana.</p> <p>Se resalta que las propuestas educativas a partir de problemas reales favorecen el desarrollo de competencias, habilidades y valores para adecuada alfabetización científica.</p>	<p>argumentativas, sumado a esto, el enfoque CTSA presenta una alternativa para abarcar diversos temas desde diferentes ámbitos, ya sea científico, tecnológico, social o ambiental, lo que favorece la contextualización y aplicación de las temáticas abordadas en clase.</p>

TÍTULO - AUTOR	METODOLOGÍA EMPLEADA	RESULTADOS OBTENIDOS	APORTES A LA PRESENTE INVESTIGACIÓN
<p>Impacto de la contaminación Atmosférica en la escuela, una realidad que debemos afrontar (Posada, 2017)</p>	<p>Se desarrolló bajo la investigación cualitativa, buscando evidenciar perspectivas, prioridades, intereses, puntos de vista, interacciones y experiencias desarrolladas por los agentes involucrados. La estrategia pedagógica planteada buscó generar procesos de sensibilización, mediante el conocimiento de las problemáticas que afectan su entorno, incentivando el manejo adecuado del medio ambiente.</p> <p>La estrategia se implementó mediante tres acciones principales: Reconocimiento de aspectos que engloben la contaminación atmosférica. Identificación de fuentes contaminantes del entorno escolar y generar campañas de</p>	<p>Partiendo de las entrevistas realizadas a los estudiantes, se evidencia desconocimiento sobre las problemáticas que afectan la comunidad, sumado a esto en el desarrollo de actividades, se evidenció desinterés por abarcar estas temáticas en clase.</p>	<p>Esta investigación demuestra la falta de información y el desinterés que existe frente a estas problemáticas, pese a ser consciente de los problemas de salud derivados por estos contaminantes. Debido a esto, es importante realizar estrategias educativas que puedan propiciar la contextualización de los conocimientos científicos a partir de problemas ambientales, siendo importante abarcarlos desde diferentes enfoques, más allá de su incidencia social y ambiental</p>

TÍTULO - AUTOR	METODOLOGÍA EMPLEADA	RESULTADOS OBTENIDOS	APORTES A LA PRESENTE INVESTIGACIÓN
	sensibilización con la población aledaña a la Institución educativa.		
Desarrollo del pensamiento crítico en el área de ciencias naturales en una escuela de secundaria. (Causado, Santos & Calderón, 2015)	Esta investigación se realizó bajo una metodología cualitativa. A partir de la aplicación de entrevistas semiestructuradas, con el propósito de identificar actitudes y conductas. En el caso de los estudiantes, se buscaba determinar la forma en que desarrollaban competencias de pensamiento crítico en el área de ciencia naturales, y en los docentes, como propiciaban a partir de actividades y estrategias el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico, además de identificar el nivel de los docentes en cuanto a esta misma habilidad.	Respecto a cómo se conciben los estudiantes en cuanto al desarrollo de competencias de pensamiento crítico, bajo los criterios “novato”, “en desarrollo” o “experto”, los estudiantes manifestaron que se encuentra en el proceso de desarrollo, destacando ellos mismo su falta de argumentación frente a los demás. Contrario a esto, los docentes señalaron que los estudiantes se encuentran en el nivel “novatos” teniendo dificultades en el análisis, argumentación e interpretación. En cuanto a cómo se percibían los docentes, las opiniones fueron variadas. Señalando que, mediante estrategias como simulaciones, laboratorios, exposiciones, debates y análisis, lo que fomenta las competencias de pensamiento crítico en clase.	Es importante determinar las percepciones y actitudes de los estudiantes, no solo hacia el área de estudio sino también como se perciben ellos mismo respecto a las habilidades de pensamiento crítico, de acuerdo con esto, planificar estrategias que contribuyan a reducir las deficiencias detectadas por el maestro y las auto percibidas por el estudiante.
Proyecto Escolar PRAE, estrategia	Se realizó bajo una investigación cualitativa. Basado en entrevistas y	Respecto a la caracterización inicial, se encontró que hace falta cultivar la empatía y	Es importante que el docente emplee las diversas herramientas y proyectos con los

TÍTULO - AUTOR	METODOLOGÍA EMPLEADA	RESULTADOS OBTENIDOS	APORTES A LA PRESENTE INVESTIGACIÓN
pedagógica de sensibilización y Cuidado del medio ambiente. (Castilla & Miranda, 2019)	observaciones, se busca determinar los conocimientos de los estudiantes respecto a temas relacionados con el reciclaje y problemas ambientales de su contexto, de acuerdo con esto, se propone la reestructuración del Proyecto Ambiental Escolar (PRAE) donde se atiende el cuidado del medio ambiente, promoviendo el interés y la sensibilización hacia estas problemáticas.	conciencia hacia los problemas ambientales, esto se vió reflejado en el deterioro de los bienes de la institución y su desconocimiento de las problemáticas de la zona, además, identificar fortalezas y debilidades sobre el cuidado del medio ambiente, de la institución y el contexto ecológico. Se encontró que algunos docentes desconocían o no hacían uso del PRAE en sus clases. Respecto a este análisis, se realizó una reestructuración del PRAE.	que cuentan las instituciones, las cuales facilitan el desarrollo de los objetivos establecidos por el maestro. Antes de generar proceso de sensibilización y toma de conciencia hacia problemas ambientales, es importante empezar con la apropiación del territorio, con cuidados básicos de las herramientas que nos brinda el contexto. Esta apropiación permitirá generar sentido de pertenencia hacia al contexto que se habita.
“El aire que respiramos”: diseño y desarrollo de un proyecto sobre contaminación atmosférica para trabajar destrezas	Este proyecto se realizó bajo una metodología mixta en cuatro fases: Fase diagnóstica por medio de encuestas, donde se buscó determinar el medio de transporte de los estudiantes y sus percepciones sobre la calidad de aire de la institución educativa.	En comparación con la fase de diagnóstico, los estudiantes desarrollaron destrezas relacionadas con la indagación y argumentación, además de perder el miedo a temas científicos y desarrollo de laboratorios. Respecto a la difusión de la problemática, laboratorio y las propuestas que realizaron para mitigar la problemática, se evidenció que los	La problemática de la contaminación ambiental puede ser explorada desde diversas perspectivas interesantes y estimulantes para los estudiantes. Esto fomenta su participación no solo en el problema principal, sino también en temas relacionados, generando un mayor sentido de integración en el proceso. Los

TÍTULO - AUTOR	METODOLOGÍA EMPLEADA	RESULTADOS OBTENIDOS	APORTES A LA PRESENTE INVESTIGACIÓN
científicas. (Pey, Villa & Mazas, 2022)	<p>Además, se realizó la toma de muestras de partículas suspendidas en la institución, posterior se realizó la evaluación y valoración de las muestras recogidas.</p> <p>Fase de propuestas donde los participantes debían formular alternativas que podrían subsanar esta problemática, además de organizar jornadas de sensibilización y concientización en la comunidad y por último la fase de difusión donde se buscaba promover el proyecto en diferentes medios.</p>	estudiantes lograron interpretar y argumentar con términos químicos y físicos el trabajo realizado, demostrando el desarrollo de habilidades comunicativas	laboratorios juegan un papel fundamental en el proceso educativo. Estimulando la experiencia práctica, desarrollo de habilidades, estimulación del interés, promoción del pensamiento crítico y la contextualización del conocimiento.

4. FORMULACIÓN DE LA PREGUNTA PROBLEMA

En la actualidad la contaminación atmosférica es uno de los mayores factores de riesgo ambiental, la liberación constante de contaminantes, tales como óxidos de nitrógeno, dióxidos de azufre, compuestos orgánicos y partículas suspendidas, genera repercusiones sobre la calidad de aire, la salud de las personas y el equilibrio del medio ambiente. A pesar de las exigencias políticas y regulaciones destinadas a mitigar este problema, persiste la falta de conciencia pública acerca de los procesos químicos subyacentes que provocan la contaminación del aire. Respecto a esta carencia, Pane (2013) menciona que la apatía hacia las cuestiones ambientales tiende a estar relacionada con el conocimiento que se tiene de este, lo que da lugar a respuestas limitadas por parte de la sociedad hacia la mitigación de problemas ambientales, por lo tanto, es necesario implementar procesos formativos integrales e interdisciplinarios, orientados a la acción y que enfoquen a la sociedad y su relación con la naturaleza como un sistema que actúa integra y racionalmente.

Esta problemática y los procesos químicos implicados en esta responden al ¿Qué? de la educación, sin embargo, la comprensión de la problemática y desarrollo de habilidades depende del medio o el ¿Cómo? se aborda en clase. Como señalan Paul & Elder (2005) enfocarse solo en cubrir los contenidos sin que el pensamiento crítico guíe el proceso de aprendizaje, lleva a que los estudiantes olviden al mismo tiempo con el que aprenden y pocas veces reflexionen sobre la problemática implícita en el ¿Qué? se está enseñando. Por lo tanto, el maestro debe comprender la importancia del pensamiento en la adquisición del conocimiento, donde no solamente los estudiantes acepten o rechacen la información, sino más bien que cuestionen, interpreten y analicen la información de manera profunda y objetiva.

Por eso, es importante que el maestro en la selección y organización de las estrategias de enseñanza analice la forma en que se relaciona para los estudiantes el conocimiento y su realidad y la posibilidad de generar compromiso emocional o intelectual, debido a que en función de cómo se guíe, dependerá el cómo se viva el proceso de aprendizaje y el alcance de los objetivos educativos planteados por el maestro (Murillo, 2010); por consiguiente, se propone la siguiente pregunta:

¿Cómo fomentar las habilidades de pensamiento crítico, como el análisis de la información, la argumentación y la toma de decisiones, en estudiantes de grado 1001 del Colegio Carlos Pizarro Leongómez desde la problemática de contaminación del aire?

5. OBJETIVOS

5.1.OBJETIVO GENERAL

Fomentar las habilidades de pensamiento crítico (análisis de la información, argumentación y toma de decisiones) en estudiantes del curso 1001 del Colegio Carlos Pizarro Leongómez desde la problemática de la contaminación del aire.

5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar las habilidades de pensamiento crítico (análisis de la información, argumentación y toma de decisiones) de los estudiantes de grado 10º en relación con los conceptos asociados a la contaminación del aire y su influencia en el contexto.
- Diseñar e implementar una propuesta con enfoque CTSA que potencialice el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico en relación con la contaminación del aire y los conceptos químicos asociados
- Determinar el nivel de complejización de las habilidades de pensamiento crítico (análisis de la información, argumentación y toma de decisiones) en los estudiantes del grado 1001 del Colegio Carlos Pizarro Leongómez

6. MARCO REFERENCIAL

6.1. Pensamiento Crítico

El pensamiento crítico se refiere a cualquier idea intelectual que surge de un análisis profundo, interpretaciones racionales y reflexiones sobre aspectos de la realidad, incluyendo fenómenos, situaciones e ideas, su objetivo es generar preguntas, evaluaciones y sugerencias con el fin de impulsar cambios y transformaciones en beneficio de la comunidad (Saladino, 2012). Esto implica entender los fundamentos del pensamiento, como sus elementos básicos y los estándares intelectuales universales. El pensamiento crítico progresa cuando se examina y evalúa de forma eficaz, lo que lleva a una reestructuración creativa del pensamiento (Cangalaya, 2020). Por otra parte, implica un enfoque activo y deliberado para entender, analizar y juzgar las situaciones de manera lógica. Facione (2007) menciona que las personas con habilidades de pensamiento crítico son capaces de identificar suposiciones, evaluar validez de las afirmaciones, reconocer sesgos y falacias, y tomar decisiones informadas y racionales.

6.1.1. Habilidades de pensamiento crítico

En la actualidad es esencial comprender las habilidades asociadas al pensamiento crítico, de tal manera que permita a los sujetos definir y entender una situación o problema, y ser capaz de formular soluciones coherentes. En este sentido, un estudiante como pensador crítico debe desarrollar capacidades específicas, estimulándolas constantemente, hasta convertirse en habilidades auténticas y efectivas (Cangalaya, 2020). Como señala Paul & Elder (2005) es importante fomentar habilidades del pensamiento crítico con el propósito de desarrollar rasgos intelectuales de pensamiento, este conjunto de habilidades, aptitudes y disposiciones motivan al estudiante a investigar y procesar información de manera rigurosa, Les enseña a pensar, llegar a conclusiones y defender opiniones en temas complejos. Además, les inculca la habilidad de analizar diversas perspectivas, conceptos y teorías, aclarar ideas y resolver problemas. También fomenta la capacidad de aplicar los conocimientos en nuevos contextos, cuestionar suposiciones, evaluar hechos, explorar implicación y aceptar las contradicciones en su propio pensamiento y experiencia.

En la presente investigación, se propuso como objetivo desarrollar las habilidades de pensamiento crítico, tales como el análisis de la información, la argumentación y la toma de decisiones. Facione

(2007) menciona que la habilidad de análisis implica establecer las relaciones ya sean reales o supuestas, entre diversos elementos como enunciados, conceptos, preguntas, descripciones y otras formas de representación que buscan generar juicios, experiencias, razones, información u opiniones. Es decir, examinar ideas, analizar argumentos, y comprender cómo se relacionan y se sustentan unos a otros. Por ejemplo, el análisis puede implicar identificar similitudes y diferencias entre dos enfoques para resolver un problema. También puede incluir la representación gráfica de una conclusión principal y las diversas razones que la apoyan o critican, también hacer un esquema de las relaciones entre los párrafos de un texto en función de su propósito principal. Siendo esencial para desglosar un texto o un fenómeno, entender sus características, y extraer conclusiones fundamentadas.

Respecto a la argumentación, tiene como propósito justificar una opinión a través de argumentos fundamentados que sostienen una postura determinada. Como menciona Córdova, Velázquez & Arenas (2016) para poder valorar los argumentos de los demás, es necesario ser capaz de argumentar nuestras propias ideas y posturas, lo que implica una relación de interdependencia entre ambos procesos, además, señalan que construir o evaluar argumentos, es un proceso que requiere la integración de habilidades de pensamiento crítico.

En el contexto educativo, especialmente en las ciencias, Mejía, Abril & Martínez (2013) mencionan la importancia del lenguaje y la argumentación, permiten a los estudiantes introducirse a las prácticas científicas. Además, señalan que la argumentación en las clases de ciencias es importante para que los estudiantes comprendan y participen en los procesos de trabajo científico, los cuales implica diversos usos del lenguaje y de la argumentación. El proceso de argumentar requiere un análisis de diferentes perspectivas por parte de un individuo o un grupo, siendo fundamental para llegar a un consenso sobre qué afirmaciones de conocimiento se aceptan o qué líneas de acción se consideran.

La toma de decisiones es un proceso esencial que implica seleccionar o desarrollar una solución frente a un problema específico, contextualizado en un momento y entorno determinados, ya sea en ámbitos educativos, sociales, familiares, etc. Dependiendo del contexto, Carvajal & Valencia (2016) mencionan que las decisiones pueden clasificarse de diversas maneras: decisiones sin riesgo, donde no se puede medir las opciones bajo las mismas unidades; decisiones bajo incertidumbre, en las que no se puede prever el resultado de la elección; decisiones inter

temporales, que analizan el valor relativo asignado a bienes en diferentes momentos; y decisiones sociales, que son tomadas en grupo o dentro de una estructura organizativa. Es decir, es el proceso mediante el cual una persona escoge una acción entre varias opciones disponibles.

En el ámbito educativo, especialmente en relación con problemáticas ambientales como la contaminación del aire, es crucial desarrollar en los estudiantes la habilidad de tomar decisiones informadas. Esto implica que los estudiantes comprendan los factores sociales, ambientales, científicos y tecnológicos relacionados, y puedan analizar los posibles resultados, beneficios y riesgos de cada opción. La toma de decisiones informadas requiere un pensamiento crítico, ya que los estudiantes deben evaluar evidencias, considerar múltiples perspectivas y anticipar las consecuencias de sus decisiones. Integrar este conocimiento en el proceso de aprendizaje desarrolla la capacidad de los estudiantes para enfrentar problemas ambientales complejos de manera efectiva, permitiéndoles aprender a tomar decisiones mejor fundamentadas (Vallejos & Chamorro, 2013)

6.2. Enfoque CTSA

En la actualidad los procesos de formación deben estar orientados en propiciar una educación ciudadana, que permita a los estudiantes participar de manera democrática y reflexiva en situaciones que se vea inmerso. A partir de esto, es necesario determinar estrategias pedagógicas y didácticas que desarrollen una cultura científica y tecnológica, con habilidades de gestión de la información y uso de nuevas tecnologías, que lleven a la comprensión de la realidad contemporánea. Estos elementos posibilitaran que el individuo se desenvuelva en su día a día, interactuando con su entorno y participando activamente en la sociedad (Arteaga, Armada & Martínez, 2016). Por otra parte, respecto a la educación en ciencias en el siglo XXI, Connor (2015) menciona la importancia de formar ciudadanos con una adecuada base científica, que comprendan el papel de la ciencia en la sociedad y que no solo es comprensible, sino también parte importante de la vida.

Para el abordaje de estos factores, Martínez (2014) señala que el enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad-Ambiente (CTSA) presenta un campo de estudio e investigación que facilita la comprensión de los vínculos entre la ciencia, la tecnología y su contexto socioambiental, reflexionando sobre cuestiones sociocientíficas. En esta misma línea, Torres (2011) menciona que el enfoque CTSA permite una educación tecnocientífica, dirigida hacia aprendizaje de

participación, además de permitir a los jóvenes comprender las implicaciones sociales de la ciencia y de la tecnología, evaluando su alcance e impacto sobre su contexto.

Adicionalmente Fernandes, Pires & Villamañan (2014) determinan una serie de cuestiones que la investigación desde el enfoque CTSA debe resolver. En primer lugar ¿Por qué enseñar ciencia? Los autores señalan la importancia del desarrollo de habilidades científicas como observación, inferencia, clasificación, explicación, relación y argumentación, junto con la resolución de problemas, mejora del pensamiento crítico, estableciendo principios éticos individuales y colectivos, además de impulsar la capacidad de tomar decisiones informadas y conscientes frente a las implicaciones de las acciones humanas en el medio ambiente.

En segundo lugar, ¿Qué ciencia se debe enseñar? Fernandes, Pires & Villamañan (2014) mencionan que la educación científica implica reconocer la interacción intelectual y social entre ciencia y la tecnología. Además, es esencial elegir problemas y ejemplos de la vida diaria en lugar de enfocarse en ciencia pura y básica desconectada de su contexto. De igual manera, se debe priorizar el aprendizaje de conceptos importante y relevantes para los estudiantes, así como para el progreso social y el bienestar común. Esto implica enfocarse en temas científicos socioambientales que sean pertinentes y controvertidos. Fomentar el conocimiento, la apreciación y el uso de la tecnología en la vida personal de los estudiantes, al mismo tiempo que se les enseña a comparar y contrastar las explicaciones científicas con las ideas del común (Torres, 2011).

Finalmente, es importante determinar las estrategias que permitirán articular las cuestiones anteriores, por ende, el investigador debe plantearse ¿Cómo enseñar ciencias? Respecto a esto, hay que tener en cuenta que no existe una estrategia didáctica universal que funcione para todos los estudiantes, en todos los temas y contextos, y que cumpla con los objetivos educativos. Independiente de cuál sea la estrategia que determine el docente, esta debe estar fundamentada en una perspectiva socio constructivista, donde se permita el debate, el dialogo y la argumentación en el aula (Fernandes, Pires & Villamañan, 2014).

6.3. Contaminación atmosférica

La contaminación atmosférica es la introducción de sustancias nocivas, como partículas sólidas, gases tóxicos y compuestos químicos, en la atmosfera terrestre, estas sustancias químicas se liberan debido a procesos naturales y antropogénicos, causando efectos adversos en el medio ambiente y

la salud humana. La liberación desmedida de gases derivados de combustibles fósiles en el último siglo ha sido responsable del cambio progresivo en la composición atmosférica. Dentro de estos contaminantes se incluyen, óxidos de nitrógeno (NO_x), dióxido de azufre (SO_2), monóxidos de carbono (CO), compuestos orgánicos volátiles (COV), ozono (O_3), metales y material particulado (PM 2,5 y PM 10), estos difieren en su composición química, mecanismo de reacción, emisión, tiempo de degradación y capacidad propagarse en largas o cortas distancias. La contaminación del aire tiene efectos tanto agudos como crónicos en la salud humana, afectando varios sistemas y órganos diferentes. Los síntomas pueden ir desde irritación de las vías respiratorias superiores, hasta problemas graves como cáncer de pulmón, infecciones agudas en niños y bronquitis crónica en adultos, agravando enfermedades pulmonares preexistentes. Además, también se han relacionado con la mortalidad prematura y la reducción de la esperanza de vida. (Manisalidis, Stavropoulou, Stavropoulos & Bezirtzoglou, 2020)

La formación de contaminantes en la atmósfera implica una serie de procesos químicos y físicos complejos que pueden ocurrir tanto de forma natural como antrópica. El proceso de contaminación atmosférica se desarrolla principalmente en cuatro etapas (SDA, 2020):

- **Emisión:** Desde la producción del contaminante hasta su liberación en el aire. Las fuentes de emisión se dividen generalmente en fuentes naturales, proveniente de fenómenos naturales, y fuentes antropogénicas, vinculadas a actividades humanas como el transporte, transformación de materias primas, construcción de infraestructura, etc.
- **Formación de contaminantes secundarios:** Los contaminantes presentes en la atmósfera, están sujetos a factores como la luz solar, la humedad y la temperatura, entre otros, que pueden provocar reacciones químicas y físicas, dando lugar a la formación de contaminantes adicionales conocidos como secundarios.
- **Dispersión:** Esta etapa desempeña un papel crucial en la distribución y movimiento de los contaminantes en la atmósfera. Cuanto mayor es la dispersión, menor será la concentración del contaminante en el aire. Las variaciones meteorológicas como la humedad, temperatura, velocidad y dirección del viento son fundamentales debido a su relación con la estabilidad atmosférica. Generalmente una atmósfera inestable permite que las masas de aire se muevan libremente, evitando así la acumulación de contaminantes.

- **Concentración de contaminantes en la atmósfera:** Se mide de acuerdo con la cantidad de contaminantes presenten en una unidad específica de volumen de aire. Esta medida se encuentra relacionada con la dispersión del aire y las características topográficas de la zona de estudio.

Tabla 2 Principales contaminantes atmosféricos

CONTAMINANTES	FORMACIÓN	ESTADO FÍSICO	FUENTES	EFFECTOS EN LA SALUD
Materias particulado (PM 2,5 y PM 10)	Primaria y secundaria	Sólido, líquido	Vehículos Procesos industriales Humo de tabaco	Llegan a penetrar en el sistema respiratorio, causando irritación en los ojos, nariz y la garganta. El PM 2.5, debido a su pequeño tamaño, puede llegar a los alveolos pulmonares y entrar en el torrente sanguíneo, afectando diversos órganos.
Dióxido de azufre (SO ₂)	Primaria	Gas	Vehículos Procesos industriales	Estos compuestos pueden causar dificultad para respirar debido a espasmos o contracciones en los bronquios. Además, pueden provocar tos e irritación en la garganta y los ojos. Estudios han demostrado que la exposición a óxidos de azufre está asociada con un aumento en las muertes por enfermedades crónicas, especialmente las cardiovasculares y respiratorias.

Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	Primaria y secundaria	Gas	Vehículos Estufas y cocinas de gas	El dióxido de nitrógeno es tóxico y perjudica los pulmones. Además, ciertos contaminantes derivados de los óxidos de nitrógeno, como la lluvia ácida, causan daños significativos a las plantas.
Monóxido de carbono (CO)	Primaria	Gas	Vehículos Combustiones en interiores Humo de tabaco	La exposición continua produce anemia y falta de oxígeno en la células y tejidos, ya que afecta el transporte de oxígeno. Sus síntomas son cansancio, dolor de cabeza, confusión mental, entre otros.
Compuestos orgánicos volátiles (COVs)	Primaria, secundaria	Gas	Vehículos, industria, humo de tabaco, combustiones interiores	Pueden causar irritación respiratoria y ocular, dolores de cabeza, mareos, y reacciones alérgicas. La exposición prolongada a estos se vincula con un mayor riesgo de cáncer, daño neurológico, hepático y renal.
Plomo (Pb)	Primaria	Sólido (partículas finas)	Vehículos, industria	La exposición al plomo puede causar daño neurológico, especialmente en niños, afectando el desarrollo cerebral generando problemas de aprendizaje y comportamiento. En

				adultos, la exposición prolongada al plomo está vinculada a hipertensión y daño renal
Ozono (O ₃)	Secundaria	Gas	Vehículos (Producto de fotooxidación de NO _x y COVs)	Genera irritaciones en el tracto respiratorio, provocando tos, dolor en la garganta y dificultad para respirar. La exposición prolongada aumenta el riesgo de enfermedades cardiovasculares y respiratorias crónicas.

6.3.1. Contextualización contaminación atmosférica: Colombia y Bogotá

De acuerdo con el décimo informe de Carga de Enfermedad Ambiental realizado por el Observatorio Nacional de Salud (ONS) en el 2018, las muertes atribuibles por factores de riesgo ambiental fueron 17.549. De las cuales 15.681 fueron causadas por la mala calidad de aire, siendo el principal responsable la exposición a material partícula PM 2.5. Debido a esto, se le atribuyen el 15,8% de muertes por cardiopatía isquémica (EIC), 17,5% por enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), 13,7% por infecciones respiratorias agudas bajas y 12,5% por enfermedades cardiovasculares (ECV) (ONS, 2018).

Respecto a las ciudades que presentan mayor presencia de contaminantes atmosféricos, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Asuntos Ambientales (IDEAM) a través de estaciones de monitoreo ubicadas en diferentes municipios, realizó un informe del Estado de la Calidad del Aire en el 2021, donde incluye estándares de cumplimiento referente a los contaminantes CO, O₃, NO₂, SO₂, PM10 y PM2.5 bajo los parámetros establecidos en los Objetivos de Desarrollo Sostenible por Organización Mundial de la Salud (OMS). En este se determinó que los contaminantes con mayor presencia fueron en orden PM2.5 y PM10, donde ciudades como Bogotá, Medellín, Barranquilla, Cali, Bucaramanga, Pereira y Cartagena, aportaron más del 40% del material particulado en Colombia (IDEAM, 2021).

En el caso específico de Bogotá, la presencia de materia particulado se debe principalmente a los procesos de combustión y resuspensión, proveniente de fuentes móviles por parte de la combustión de vehículos y fijas por el deterioro de las carreteras. Además, hay que agregar las originadas en incendios forestales, esta situación ha generado preocupación, debido a la capacidad que tienen estas partículas de transportar agentes patógenos, bacterias y ciertos metales, así como por su facilidad de ingresar al cuerpo humano (Mediana, 2019). Respecto a las concentraciones más altas de PM2.5 se presentaron en las estaciones de Carvajal, Sevillana, Tunal y Fontibón (IDEAM, 2021).

La Secretaría Distrital de Ambiente (SDA) en el Inventario de emisiones de Bogotá para el año 2020, señalaron cuales fueron las principales fuentes de contaminación atmosférica, en el caso de las fuentes móviles, contribuyeron con el 23% de la contaminación; las fuentes móviles fuera de la carreta, como retroexcavadoras, aportaron el 6%; las industrias un 2%, y el 2% restante a partir de incendios y fuentes fijas comerciales, como asaderos, entre otros (SDA, 2020).

Del 100% de emisiones PM2.5 provenientes de fuentes móviles en carretera, el transporte de carga representa el 42% del total; mientras que los camperos y camionetas contribuyen con el 21%; los automóviles un 15%; el Sistema Integrado de Transporte Público (SITP), incluyendo troncal, zonal y provisional, representaron el 8%; y el 13% proviniendo de motocicletas, vehículos de aeropuertos, maquinaria industrial y agrícola, entre otras. Respecto a las fuentes fijas industriales, del 100% de emisiones PM2.5, el 56% provienen de fuentes que utilizan carbón como combustibles, como calderas y hornos, mientras que el 40% proviene de procesos que utilizan gas natural (SDA, 2020).

6.4. Unidad Didáctica

Las Unidades Didácticas (UD) son consideradas una herramienta flexible dentro del proceso educativo, surgen de la necesidad de encontrar una estrategia que permita organizar el proceso de enseñanza y aprendizaje de manera que ambas habilidades resulten articuladas. Debido a esto, además de incluir contenidos y recursos, es necesario el diseño de metas y estrategias que ordenen y regulen en la práctica los diversos contenidos de aprendizaje, además, estar situado en el contexto de los estudiantes, donde a partir de este se supongan retos y desafíos que despierten la curiosidad y el deseo por seguir aprendiendo, además del desarrollo de habilidades cognitivas, psicomotrices

y emocionales que favorezcan el trabajo individual y grupal (Gonzales, Escartín, Jiménez & García, 2002).

De acuerdo con Torres (1998) la UD es una estrategia pedagógica que permite realizar una articulación entre los procesos de enseñanza aprendizaje, de acuerdo con el componente curricular abordado, debe responder a cuestiones particulares que orientan este proceso, refiriéndose al ¿Qué enseñar? enseñar como los objetivos y contenidos, ¿Cuándo enseñar? enseñar con el desarrollo de secuencias ordenadas y actividades, ¿Cómo enseñar? enseñar en la organización del tiempo, espacio, materiales y recursos; ¿Qué, cómo y cuándo evaluar? con el diseño de instrumentos y criterios que permitan evidenciar en qué medida se están cumpliendo los objetivos establecidos.

. Adaptado de Torres (1998)

Tabla 3 Elementos de una unidad didáctica

Elementos de una unidad didácticas	
Diagnóstico previo	Se deben caracterizar las capacidades, destrezas y conocimientos sobre el tópico a trabajar. Tener en cuenta las normas, recursos y contexto en el que se sitúa la institución educativa.
Metas educativas	Conocimientos, procedimientos y valores que se esperan desarrollar en los estudiantes. Permiten ser un punto de referencia para evaluar el progreso y alcance de la UD.
Selección del tópico a investigar	Determinado a partir del contexto de los estudiantes, esta problemática debe permitir el desarrollo de conocimientos y destrezas desde diferentes áreas de conocimientos, junto con un cambio en su forma de actuar y pensar.
Elaborar un plan de investigación	Determinar subtemas para ser abordados mediante tareas o actividades, permite desglosar la información en diversos puntos que faciliten la comprensión del tema general.
Recursos y estrategias didácticas	Permiten crear un ambiente de aprendizaje dinámico y efectivo, proporcionando perspectivas y enfoques variados sobre un tema. Estas estrategias deben generar la necesidad de recurrir a la ciencia.

El trabajo en equipo	Confrontar conocimientos y puntos de vista propios con los demás genera conflictos sociocognitivos. Siendo esto fundamentales para el desarrollo de pensamiento crítico y construcción del conocimiento.
Papel del profesorado	El docente como figura reflexiva debe realizar seguimiento continuo a la unidad, estimulando la colaboración y participación en el aula, respetando los diferentes ritmos de aprendizaje junto con los interés o temas que puedan problematizar a los estudiantes, teniendo en cuenta sus opiniones.
Evaluación del estudiante y de la unidad didáctica	Las estrategias o pruebas de evaluación deben permitir comprobar el alcance de los objetivos establecidos por el docente. Es importante realizarlas de forma regular, debido a que permite identificar problemas de aprendizaje, además de servir como incentivo para los estudiantes.
Evaluación del trabajo realizado	Es importante realizar procesos de reflexión a través de recursos como un “diario de unidad didáctica” donde se recojan experiencias y juicios por parte de los estudiantes y profesor, además de incluir acontecimientos, incidentes y sucesos significativos que puedan enriquecer futuras UD.

Adaptado de Torres (1998)

7. METODOLOGÍA

7.1. Tipo de Investigación

En este trabajo de investigación pretendió fomentar el desarrollo de habilidades de pensamiento críticos (análisis de la información, argumentación y toma de decisiones), desde el abordaje de una problemática ambiental como la contaminación del aire, comprendiendo sus impactos en la salud y el medio ambiente. De acuerdo con estos objetivos y al buscar comprender las experiencias, percepciones y comportamiento de la población, se toma la decisión de abordar esta investigación mediante una metodología cualitativa.

De acuerdo con Rodríguez, Gil & García (1996) la investigación cualitativa se enfoca en comprender la vida de las personas al considerar sus puntos de vista personales, sus relatos, comportamientos, vivencias, interacciones y acciones, interpretándolos en el contexto específico en el que ocurren, esto implica entender las experiencias y perspectivas dentro de su situación particular y circunstancias concreta. Por otro lado, Osses, Sánchez & Ibáñez (2006) menciona que esta metodología se basa en la recopilación de evidencias para describir un fenómeno, con el objetivo de comprenderlo internamente y tener la habilidad de explicarlo, todo esto implica la capacidad de entender y utilizar métodos o técnicas derivados de concepciones y fundamentos epistémicos.

La investigación se desarrolla bajo un paradigma interpretativo que según Miranda & Ortiz (2020), desde el cual se promueve que los estudiantes construyan y expresen sus conocimientos y actitudes en relación con la contaminación del aire y su impacto, este enfoque es importante, ya que permite a los estudiantes reflexionar sobre sus experiencias y acciones dentro de contextos específicos, fomentando así el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico. A través de la recolección y análisis de sus percepciones y reflexiones personales, los estudiantes participan activamente en la construcción de una idea general sobre los fenómenos estudiados, en lugar de promover una verdad única, se fomenta la diversidad de perspectivas, lo que ayuda a los estudiantes a desarrollar una comprensión más amplia en sus procesos educativos y cognitivos (Miranda & Ortiz, 2020).

Respecto al enfoque de la metodología, la investigación-acción (IA) se presenta como una estrategia para abordar problemas específicos en situaciones prácticas, como afirma Madrid (2019) este pretende lograr un cambio a partir de un problema concreto, donde el planteamiento de

soluciones permita a su vez, la construcción del conocimiento científico. Además, señala que el enfoque IA al ser un método de investigación práctico, flexible e interactivo, los estudiantes no se limitan a observar, sino que actúan sobre la práctica.

1.1. Fases metodológicas

Ilustración 1 Fases metodológicas



Fuente: Elaboración propia

Fase 1. Indagación

Se realizó la delimitación de la pregunta problema, de acuerdo con esto, la consulta de antecedentes y referentes teóricos que permitieron comprender el contexto y el desarrollo del tema de investigación, evidenciando las brechas de conocimiento y la orientación metodológica que mejor se adapte al objetivo del proyecto.

Además, se propone el diseño de una matriz de análisis que aborde cada uno de los ejes centrales a manejar. En el Dominio Conceptual, se busca la comprensión de los contaminantes del aire, sus fuentes y sus efectos en la salud y en el medio ambiente. El Enfoque CTSA se centra en una comprensión global de la problemática, destacando su relación con el cambio climático, la biodiversidad, la salud pública y otros aspectos sociales relevantes. Las Habilidades de Pensamiento Crítico están orientadas a desarrollar la capacidad de analizar y evaluar información,

construir argumentos sólidos y tomar decisiones informadas. Dentro de cada uno de estos ejes, se proponen diferentes categorías que permitan un abordaje integral mediante tres niveles de competencia: bajo, medio y avanzado, siendo este último el objetivo que se pretende que los estudiantes alcancen al finalizar el proceso.

A partir de la Matriz de Análisis, se planteó un instrumento inicial para caracterizar las habilidades de los estudiantes y las concepciones respecto a los contenidos a abordar.

Fase 2. Caracterización

En esta etapa, se llevó a cabo una identificación y análisis de las percepciones y el discurso de los estudiantes respecto a las problemáticas ambientales. Este proceso incluyó una evaluación de las habilidades de pensamiento crítico con las que los estudiantes iniciaban, utilizando un instrumento inicial. Además, se realizó una caracterización de la institución y se mantuvo un diálogo con la docente para identificar las problemáticas educativas.

Fase 3. Planificación y ejecución

De acuerdo con la caracterización previamente realizada, se propuso la Unidad Didáctica que pretendió cumplir con los niveles más deseados propuestos en la fase 1 y su posterior implementación.

A partir de la discusión con la docente de la institución, se diseñó una Unidad Didáctica enfocada en fomentar la comprensión de la problemática ambiental mediante el análisis de diversas fuentes de información, como noticias, videos, casos de estudio, experiencias prácticas y discusiones en clase. Esta unidad propone actividades que desarrollen tanto la argumentación como la comunicación de los estudiantes, mediante actividades escritas como la resolución de preguntas, la creación de recursos informativos como dibujos, historietas e historias, y actividades orales. A través de estas actividades, se buscó los estudiantes formulen propuestas y tomen decisiones entorno a las problemáticas y situaciones discutidas en clase.

Fase 4. Análisis

A partir de la implementación realizada, se evaluó el alcance de la propuesta didáctica, identificando procesos de sensibilización, cambios en el discurso, desarrollo de habilidades de pensamiento y manejo de conceptos químicos implicados en la problemática propuesta.

8. RESULTADOS Y ANÁLISIS

8.1. Indagación

Dentro de la fase de indagación a partir de la revisión bibliográfica se propuso la matriz de análisis, en la cual se plantearon 3 Unidades de análisis y 8 categorías para que respondieran a las unidades, para analizar las habilidades iniciales de los estudiantes, realizar la propuesta y evaluar su implementación se planteó para cada categoría tres niveles (inicial, medio y avanzado) buscando que la propuesta cumpla con los criterios más deseados, las unidades y categorías propuestas son:

- **DOMINIO CONCEPTUAL:**
 - Comprensión y reconocimiento de la contaminación del aire
 - Efectos en la salud
 - Procesos químicos

- **ENFOQUE CTSA**
 - Problemáticas asociadas
 - Implicaciones sociales

- **HABILIDAD DE PENSAMIENTO CRITICO**
 - Análisis y evaluación de la información
 - Argumentación
 - Toma de decisiones

1.1.1. Matriz de Análisis Tabla 4. Matriz de análisis

Unidad de análisis	Categorías	Criterios			P
		Bajo	Medio	Avanzado	
DOMINIO CONCEPTUAL	Comprensión y reconocimiento de la contaminación del aire	<p>Reconoce la contaminación del aire como la presencia de sustancias nocivas, identificando algunos contaminantes básicos como el humo de los vehículos.</p> <p>Sin embargo, presenta dificultades en identificar otras fuentes y contaminantes, así como para comprender las problemáticas e implicaciones.</p>	<p>Comprende que la contaminación del aire engloba la emisión de gases y partículas perjudiciales que impactan la calidad del aire y la salud humana. Además, identifica varios contaminantes comunes como el CO₂ y los óxidos de nitrógeno (NO_x), reconociendo las principales fuentes de emisión como los escapes de los vehículos y las actividades industriales.</p>	<p>Entiende la contaminación como la inserción de sustancias nocivas en la atmósfera, identificando una variedad de contaminantes, tales como óxidos de nitrógeno (NO_x), dióxidos de azufre (SO₂), monóxido de carbono (CO) y material particulado (PM 2.5 y 10), comprendiendo sus causas e impactos en la sociedad.</p>	1 A B D E G
	Efectos en la salud	<p>Tiene conocimiento básico de los efectos de la contaminación del aire en la salud, como problemas respiratorios leves.</p>	<p>Reconoce las implicaciones de los contaminantes del aire en la salud, abarcando problemas respiratorios graves y enfermedades cardiovasculares.</p>	<p>Comprende los efectos a largo plazo de la contaminación del aire, así como la forma en que estos contaminantes ingresan al cuerpo humano a través de la inhalación o el contacto con la piel, lo que genera efectos adversos en la salud, como la disfunción pulmonar, enfermedades</p>	1 2 4 18 H

				cardiovasculares, alteración del sistema inmunológico y el agravamiento de enfermedades respiratorias, entre otros.	
	Procesos químicos	Presenta dificultades en reconocer procesos químicos que influyen en la contaminación del aire. Aunque se reconoce la transformación de contaminantes por diversos factores, su respuesta carece de ejemplos relevantes, además presenta dificultades en la identificación de contaminantes comunes.	Reconoce procesos químicos básicos que afectan la calidad del aire, logrando identificar compuestos relevantes como dióxido de azufre (SO ₂), óxidos de nitrógeno (NO _x), entre otros. Sin embargo, presenta dificultades para explicar la afectación de estos en el medio ambiente y las reacciones que se producen como resultado.	Comprende una variedad de procesos químicos relacionados con la contaminación del aire, incluyendo la formación de smog, la generación de lluvia ácida y la oxidación de gases, entre otros. Además, es capaz de identificar diversos contaminantes relevantes y comprende cómo estos procesos interactúan entre sí, afectando así la calidad del aire.	8 A C D E F
ENFOQUE CTSA	Problemáticas asociadas	Percibe la contaminación del aire como un fenómeno aislado y no reconoce las implicaciones de los conceptos asociados al enfoque CTSA en diversos procesos químicos, así como su repercusión en problemáticas como el cambio climático, contaminación del suelo,	Reconoce que la contaminación del aire puede afectar los ecosistemas, la biodiversidad, la salud humana y otros aspectos ambientales relevantes, sin embargo, carece de coherencia y consistencia en la argumentación de los procesos	Demuestra dominio en los factores científicos que contribuyen a la contaminación del aire y sus efectos ambientales, abarcando la emisión de gases de efecto invernadero y la formación de contaminantes atmosféricos secundarios. Desde su dominio conceptual es capaz de	2 13 16 17 G H J

		afectación en la biodiversidad, entre otras.	fisicoquímicos que engloba la problemática.	establecer relaciones científicas y ambientales.	
	Implicaciones sociales	Identifica superficialmente algunos impactos sociales de la contaminación del aire, como problemas respiratorios.	Reconoce afectaciones sociales, incluyendo problemas de salud pública, pérdidas económicas y disminución de la calidad de vida, pero puede carecer de profundidad en el análisis.	En su discurso aborda la contaminación del aire y sus repercusiones sociales, demostrando una comprensión de la complejidad del problema y la necesidad de abordarse desde enfoques científicos, tecnológicos, ambientales, económicos, entre otros.	1 2 4 G H 18
HABILIDAD DE PENSAMIENTO CRITICO	Análisis y evaluación de la información	Carece de rigor para identificar fuentes confiables de información, comprender datos científicos complejos o evaluar la relevancia y fiabilidad de las fuentes de información, además no realiza proceso crítico en el análisis de la información.	Realiza un análisis limitado de la información sobre la contaminación del aire y problemas ambientales, sin evaluar críticamente la información. Comprende algunos conceptos básicos y reconociendo fuentes confiables, pero tiene dificultades para profundizar en la información y evaluar su calidad de manera completa.	Analiza y evalúa la información sobre contaminación del aire y problemas ambientales, desde un análisis crítico de la información, identificación de fuentes confiables, evaluación de la relevancia y fiabilidad de los datos, generando el uso de la información de manera efectiva para comprender y abordar los problemas ambientales.	6 10 15 B G
	Argumentación	Replica ideas básicas de la contaminación ambiental, sin	Su discurso demuestra una comprensión de los conceptos	Los argumentos construidos reflejan conocimiento sobre la problemática,	

		tener una construcción propia de los conceptos. Además, no consulta fuentes diversas para informarse sobre el tema y obtener información actualizada, lo que repercute en la organización de sus ideas de manera coherente.	relacionados con la contaminación del aire. Sin embargo, carece de una conexión clara entre aspectos científicos, ambientales y sociales, pues en su discurso no considera adecuadamente la salud humana, y la sociedad en general.	abordando sus causas, efectos y posibles soluciones de manera coherente y organizada. Las ideas están respaldadas por argumentos sólidos y convincentes.	7 11 12 A G H I J
	Toma de decisiones	Presenta dificultades en comprender la problemática y los contenidos abordados en clase referente a la contaminación del aire, demostrando falencias en la construcción de propuestas de manera efectiva.	Emplea información pertinente sobre la contaminación relevante, así como conceptos aprendidos en clase. Sin embargo, se evidencian dificultades al momento de aplicar estos conocimientos en la resolución práctica de una problemática específica.	Formula propuestas prácticas e innovadoras donde exhibe la integración del conocimiento construido en el proceso escolar, considerando los diversos factores sociales, ambientales, científicos y tecnológicos asociados a la problemática de la contaminación del aire.	3 9 14 I J

8.1.1. Diseño Prueba inicial

Para la determinación de ideas iniciales se realizó una prueba que se divide en dos partes. En la primera, se presenta un cuestionario tipo Likert con 18 ítems. Cada ítem ofrece una escala que va desde “Totalmente de acuerdo” hasta “Totalmente desacuerdo”. En la segunda parte de la prueba, se incluyen 5 preguntas de selección múltiple y 5 preguntas abiertas. Cabe resaltar que este instrumento fue validado por juicio de expertos. Se consideraron dos licenciados en el área de química (un profesor universitario y uno de bachillerato).

Se realizaron varias correcciones en la matriz de análisis en respuesta a las observaciones recibidas. Se ajustaron los criterios de valoración para que sean más específicos y claros, eliminando expresiones ambiguas y describiendo de manera detallada los aspectos conceptuales y habilidades a evaluar. Se uniformizó el uso de verbos en los criterios de cada categoría para mantener coherencia en los diferentes niveles de evaluación. Las categorías se renombraron para ser más específicas, facilitando una mejor explicación de los niveles de observación. Además, se unificaron algunas categorías entre los dominios conceptual y CTSA para ofrecer un análisis más coherente. También se corrigió el contenido de las preguntas para que se ajusten con los niveles de la matriz y se verificó la correlación entre las preguntas y las categorías para asegurar que aporten información útil para la evaluación.

8.2. Caracterización

8.2.1. Contextualización de la población

La institución educativa donde se planteó y propuso la unidad didáctica fue el Colegio Carlos Pizarro Leongómez IED, ubicado en la localidad de Bosa en Bogotá. La población de estudio, fueron 37 estudiantes del grado 1001 en un rango de edad entre 15 y 17 años, con una carga horaria semanal de dos horas, distribuidas en una hora los lunes y otra los jueves. Es importante destacar que el espacio de clase no disponía de recurso audiovisuales ni de infraestructura de laboratorios. Además, los estudiantes poseen una media especializada en diseño gráfico, lo que repercute en una baja carga horaria en materias de ciencias.

De acuerdo con la información proporcionada por la docente, se tuvieron que revisar y retomar temáticas de grados anteriores debido a que los estudiantes mostraban dificultades con los conceptos básicos necesarios para abordar el contenido de grado decimo. Entre estos conceptos se

incluían la configuración electrónica, los números cuánticos y el reconocimiento de la tabla periódica, entre otros. Debido a esto, se decidió llevar a cabo sesiones previas para nivelar las temáticas requeridas para abordar la unidad didáctica. Además, la docente destacó la dificultad de los estudiantes en el análisis de la información y argumentación desde una terminología química.

8.2.2. Prueba inicial

La prueba se implementó con el objetivo de evaluar la percepción, el conocimiento y la disposición de los estudiantes hacia diferentes aspectos relacionados con las problemáticas ambientales, específicamente la contaminación del aire. Cada enunciado presenta una afirmación relacionada con la sensibilización ambiental, la comprensión de las causas y efectos de la contaminación, así como la disposición para tomar acciones individuales y colectivas que aborden estos problemas. La encuesta fue contestada por 37 Estudiantes y los resultados de esta primera sección del instrumento se pueden evidenciar en la Tabla 5.

Tabla 5 Tabulación de resultados de la prueba Likert

Enunciado	Totalmente de acuerdo		De acuerdo		Parcialmente de acuerdo		En desacuerdo		Totalmente en desacuerdo	
	N° estudiante s	%	N° estudia ntes	%	N° estudia ntes	%	N° estudian tes	%	N° estudia ntes	%
1. Identifico situaciones ambientales de mi entorno	8	21,62	15	44,54	9	24,32	2	5,41	3	8,11
2. Reconozco que las problemáticas ambientales afectan mi diario vivir	11	29,73	15	40,54	10	27,03	1	2,70	0	0,00
3. Considero relevante conocer y actuar sobre las problemáticas ambientales	10	27,03	14	37,84	11	29,73	1	2,70	1	2,70

4.Existe interacción entre factores ambientales sociales económicos en un problema ambiental	5	13,51	12	32,43	10	27,03	8	21,62	2	5,41
5.Estoy dispuesto a investigar diferentes perspectivas antes de formular un argumento sobre un problema ambiental	5	13,51	13	35,14	11	29,73	6	16,22	2	5,41
6.Evalúo la validez y confiabilidad de las fuentes de información sobre problemas ambientales antes de aceptarlas como verdaderas	8	21,62	9	24,32	12	32,43	7	18,92	1	2,70
7.Me siento en la capacidad para argumentar sobre temas referentes a problemas ambientales	6	16,22	7	18,92	12	32,43	6	16,22	6	16,22
8.Identifico y analizo las causas subyacentes de un problema ambiental específico	5	13,51	3	8,11	14	37,84	3	8,11	1	2,70
9.Propongo soluciones innovadoras y sostenibles para abordar problemas ambientales locales y globales	6	16,22	12	32,43	12	32,43	5	13,51	2	5,41

10.Considero múltiples perspectivas y soluciones para resolver un problema ambiental	6	16,22	14	37,84	12	32,43	3	8,11	2	5,41
11.Comunico de forma efectiva la importancia de la conservación del medio ambiente	13	35,14	9	24,32	7	18,92	7	18,92	1	2,70
12.Busco y evalúo evidencias científicas relevantes al discutir problemas ambientales	3	8,11	13	35,14	13	35,14	5	13,51	3	8,11
13.Identifico y evalúo los posibles efectos secundarios o impactos no deseados de acciones humanas sobre el medio ambiente	4	10,81	12	32,43	4	10,81	3	8,11	1	2,70
14.Estoy dispuesto a cambiar mis acciones cotidianas para reducir mi huella ecológica	17	45,95	11	29,73	4	10,81	4	10,81	1	2,70
15.Estoy dispuesto a cuestionar suposiciones y perspectivas comunes sobre situaciones ambientales	12	32,43	10	27,03	11	29,73	3	8,11	1	2,70
16.Considero relevante el impacto de la ciencia y la tecnología en la contaminación del aire	18	48,65	5	13,51	10	27,03	2	5,41	2	5,41
17.Considero el uso de artefactos tecnológicos	5	13,51	11	29,73	5	13,51	11	29,73	3	8,11

para mitigar la contaminación del aire										
18.Reconozco la influencia de los problemas ambientales en la sociedad	18	48,65	6	16,22	9	24,32	1	2,70	3	8,11

Segunda sección del instrumento

Estas preguntas fueron diseñadas con el objetivo de evaluar el conocimiento y la comprensión del estudiante sobre varios aspectos vinculados con la contaminación del aire y la química ambiental. Por ejemplo, en la pregunta B, al presentar afirmaciones, se buscaba evaluar el dominio de conceptos básicos relacionados con la contaminación, sus impactos en el medio ambiente y la salud humana. En cuanto a las otras preguntas, se buscaba determinar la familiaridad del estudiante con elementos químicos, moléculas y tipos de enlaces comunes presentes en diversos contaminantes atmosféricos.

Pregunta B: ¿Cuál de las siguientes afirmaciones sobre la contaminación del aire es falsa?

Gráfico 1 Tabulación pregunta B



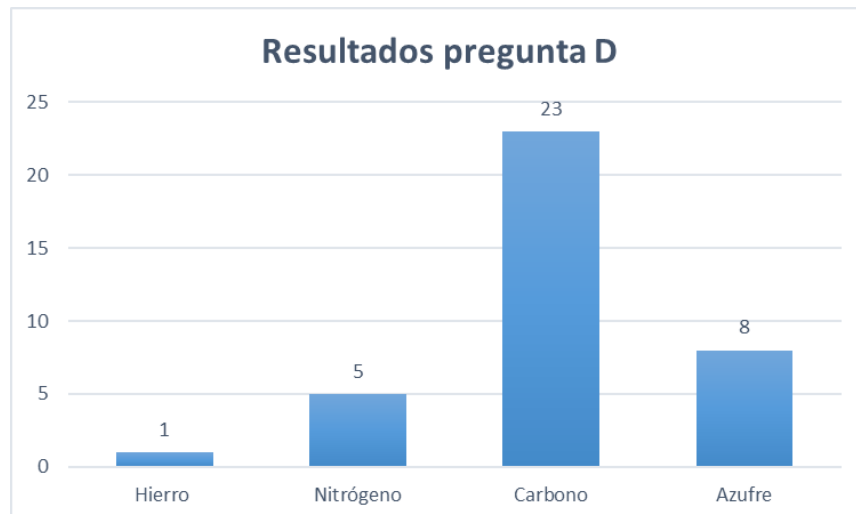
Pregunta C: ¿Cuál es el símbolo del azufre en la tabla periódica?

Gráfico 2 Tabulación pregunta C



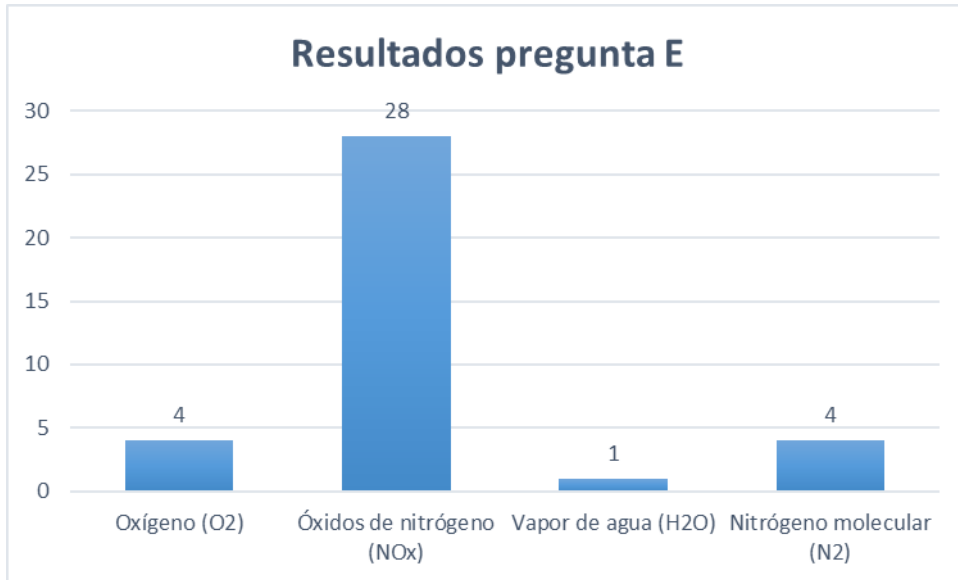
Pregunta D: ¿Qué elemento es considerado un contaminante común en el aire debido a su liberación por vehículos de motor y procesos industriales?

Gráfico 3 Tabulación pregunta D



Pregunta E: ¿Cuál de los siguientes compuestos químicos es un contribuyente común a la contaminación del aire?

Gráfico 4 Tabulación pregunta E



Pregunta F: Considerando el siguiente compuesto que está presente en la troposfera como un contaminante, ozono (O₃) ¿Qué tipo de enlace químico posee?

Gráfico 5 Tabulación pregunta F

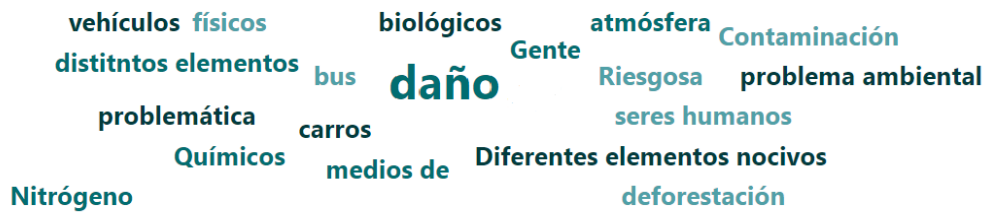


Finalmente, se plantearon una serie de preguntas abiertas con el fin de evaluar diversos aspectos relacionados con el conocimiento, la sensibilización y la capacidad de los estudiantes de establecer conexiones entre la contaminación del aire, su impacto en el medio ambiente y la salud humana. En particular, se busca evaluar su comprensión de conceptos básicos sobre la contaminación del aire, su capacidad para identificar fuentes de contaminación atmosférica en el entorno local, su percepción sobre el impacto de estas fuentes en la calidad del aire y la salud de las personas, su opinión sobre la importancia de concientizar sobre las afectaciones a la salud y biodiversidad, así como la capacidad de proponer alternativas y soluciones que contribuyan a la mitigación y reducción de la contaminación del aire en su entorno.

Considerando las respuestas del grupo, se realizó un diagrama donde se muestra la tendencia en el uso de palabras de los estudiantes:

Pregunta A: ¿Cómo definiría la contaminación del aire?

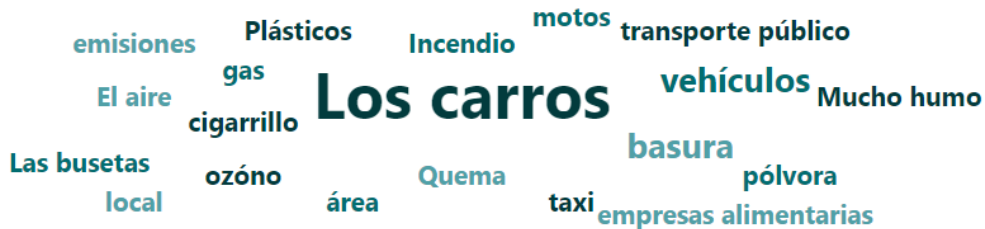
Ilustración 2 Diagrama de tendencias pregunta A



Pregunta G: ¿Qué fuentes de contaminación atmosférica puede identificar en su área local?

Ilustración 3 Diagrama de tendencias pregunta G

9 encuestados (24%) respondieron **Los carros** para esta pregunta.



Pregunta H: ¿Qué impacto cree que tienen estas fuentes en la calidad del aire y en la salud de las personas que viven allí?

Ilustración 4 Diagrama de tendencias pregunta H

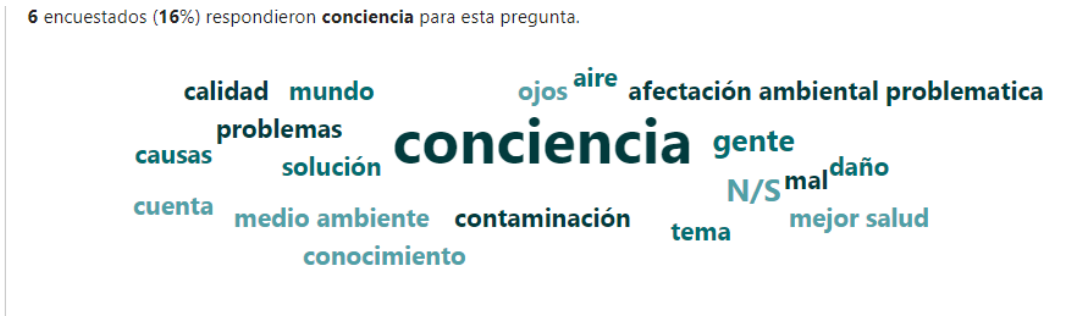
4 encuestados (11%) respondieron **Enfermedades respiratorias** para esta pregunta.



Pregunta I: ¿Considera importante dar a conocer las afectaciones a la salud y la biodiversidad de una problemática ambiental? ¿Por qué?

Ilustración 5 Diagrama de tendencias pregunta I

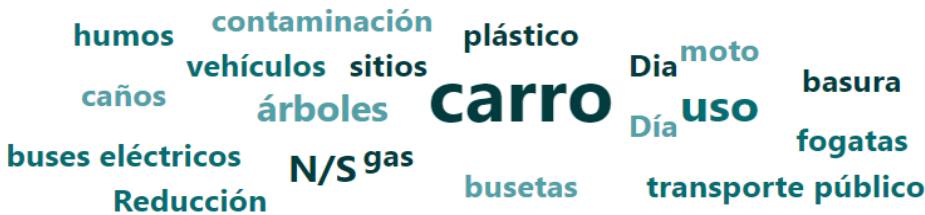
6 encuestados (16%) respondieron **conciencia** para esta pregunta.



Pregunta J: Mencione algunas alternativas o propuestas que considere permitan mitigar y reducir la contaminación del aire en su entorno.

Ilustración 6 Diagrama de tendencias pregunta J

8 encuestados (22%) respondieron **carro** para esta pregunta.



Unidad de análisis Dominio conceptual

En la categoría de **Comprensión y reconocimiento de la contaminación del aire**, se parte de la primera afirmación de la prueba Likert “Identifico situaciones ambientales de mi entorno” se encontró que el 44% de los estudiantes señalaron estar de acuerdo y el 21% totalmente de acuerdo, es decir es los estudiantes reconocen y comprenden los diversos aspectos del medio ambiente que les rodea, esto se puede evidenciar en las figuras 7 y 8 asociadas a las preguntas abiertas A y G respectivamente, donde los estudiantes señalaron diversas fuentes comunes de contaminación, principalmente humo proveniente de fuentes móviles, se puede destacar que algunos estudiantes mencionaron términos como “Las emisiones de ozono”, elementos químicos como el nitrógeno y carbono, además de fuentes de contaminación las cuales se pueden aludir a eventos recientes como los incendios, deforestación, quema de basuras e incorrecta manipulación de desechos.

En relación con las preguntas de selección múltiple asociadas a esta categoría, se destaca que en la figura 4 de la pregunta B, la mayoría de los estudiantes identificaron la afirmación "El ozono troposférico es beneficioso para la salud humana" como falsa. Además, en las preguntas D y E, los estudiantes indicaron que los principales contaminantes están relacionados con los óxidos y elementos como el carbono y el azufre. Según los criterios establecidos en la Tabla 3 para esta categoría, los estudiantes se sitúan en un nivel medio. Esto sugiere que comprenden que la contaminación proviene de diversas fuentes más allá del humo de los automóviles, y tienen un conocimiento general de la composición de estos contaminantes. Sin embargo, presentan dificultades en comprender los impactos en la sociedad.

En la categoría de **Efectos en la salud** se esperaba que comprendieran la relación causal entre la exposición a contaminantes específicos y sus efectos en la salud, así como la importancia de la calidad del aire en la prevención de enfermedades y la promoción de la salud pública. Esta relación fue identificada desde la afirmación 1 “Identifico situaciones ambientales de mi entorno” y afirmación 2 “Reconozco que las problemáticas ambientales afectan mi diario vivir” donde en ambas afirmaciones la mayoría señaló estar de acuerdo con un 44% y 40% respectivamente, es decir comprenden que los problemas ambientales llegan a generar impactos en su vida cotidiana.

Respecto a la afirmación 18 “Reconozco la influencia de los problemas ambientales en la sociedad” se destaca que el 48% señalaron estar totalmente de acuerdo, además en la Figura 9 de la pregunta abierta H “¿Qué impacto cree que tienen estas fuentes en la calidad del aire y la salud

humana de las personas?” se observa que las palabras más repetidas fueron “enfermedades respiratorias” y “Daños a la salud”, sin embargo, en contraste con estas respuestas, en el enunciado 4 “Existe interacción entre factores ambientales, sociales y económicos”, aunque el 32% señala estar de acuerdo, se evidencia que el 21% está en desacuerdo, es decir, no establecen relaciones entre problemas ambientales y factores económicos, sociales, entre otros. De acuerdo con esta información, los estudiantes presentan un nivel bajo en esta categoría, debido a que tienen un conocimiento básico de los efectos de la contaminación del aire en la salud, pero no detallan en la explicación más allá de mencionar “problemas respiratorios”

En relación con los **procesos químicos**, es fundamental que los estudiantes comprendan la transformación de contaminantes primarios en secundarios, como la lluvia ácida, el ozono troposférico y el smog, entre otros. Asimismo, deben ser capaces de identificar contaminantes comunes y conocer su composición. A partir de la afirmación 8 del cuestionario, donde se evalúa la capacidad de los estudiantes para identificar y analizar las causas subyacentes de problemas ambientales específicos, se observa que el 37% de los estudiantes señaló estar parcialmente de acuerdo. Esto indica que comprenden el concepto y analizan sus causas, pero presentan ciertas incertidumbres o requieren orientación para mejorar su comprensión. Esto se puede evidenciar en las preguntas de selección múltiple B “¿Cuál es las siguientes afirmaciones sobre la contaminación del aire es falta”, pregunta C “¿Cuál es el símbolo del azufre en la tabla periódica? Y pregunta D “¿Qué elemento es considerado un contaminante común en el aire debido a su liberación por vehículos de motor y procesos industriales?”, donde en su mayoría reconocen el efecto negativo del Ozono troposférico, elementos básicos como el azufre y asocian el carbono como un componente común los contaminantes.

Corroborando el análisis de la afirmación 8, los estudiantes en la pregunta E “¿Cuál de los siguientes compuestos químicos es un contribuyente común a la contaminación del aire?” asocian los óxidos como contaminantes, sin embargo, presentan dificultades en detallar la composición química, como se evidencia en la pregunta F “Considerando el siguiente compuesto que está presente en la troposfera como contaminante, ozono (O_3) ¿Qué tipo de enlace químico posee?, donde en su mayoría señalaron “Enlace iónico”. De acuerdo con los criterios de la matriz de análisis, se puede concluir que los estudiantes se sitúan en un nivel bajo. Aunque muestran un

entendimiento general de ciertos conceptos y reconocen algunos contaminantes comunes, como los óxidos, presentan dificultades al detallar aspectos específicos de su composición.

Unidad de análisis Enfoque CTSA

En esta categoría, se aborda el criterio de **Problemáticas asociadas**, donde las respuestas de los estudiantes en las preguntas tanto de tipo Likert como abiertas indican que su comprensión y argumentación sobre las problemáticas ambientales relacionadas con la contaminación del aire se sitúan mayoritariamente en un nivel medio. Un 40% de los estudiantes reconoció que las problemáticas ambientales afectan su vida diaria, mientras que un 32% identificó y evaluó los efectos secundarios de las acciones humanas sobre el medio ambiente. Además, un 48% consideró totalmente relevante el impacto de la ciencia y la tecnología en la contaminación del aire. Aunque estos porcentajes demuestran un reconocimiento de la conexión entre la contaminación del aire y sus impactos, las respuestas en las siguientes preguntas carecen de la coherencia y profundidad necesarias para alcanzar un nivel avanzado.

En las preguntas abiertas, los estudiantes identificaron fuentes de contaminación como "carros", "vehículos", "humo" y "empresas alimentarias", lo que sugiere un nivel de comprensión básico de las fuentes, sin profundizar en los procesos involucrados. Sobre los impactos en la salud, mencionaron "enfermedades respiratorias" y "dificultad respiratoria", lo que indica una comprensión aún intermedia. En cuanto a las propuestas para mitigar la contaminación, respuestas como "buses eléctricos" y "transporte público" reflejan una capacidad para proponer soluciones prácticas, aunque no presentan una comprensión detallada de los procesos científicos y ambientales. Por lo tanto, los estudiantes demuestran una comprensión intermedia que reconoce la importancia y el impacto de la contaminación del aire, sin embargo, requiere un mayor desarrollo en la argumentación y la integración de conocimientos científicos.

Respecto a la categoría de **Implicaciones sociales**, las respuestas de los estudiantes a las preguntas tanto de tipo Likert como abiertas sugieren que se encuentran en un nivel bajo en términos de comprender y abordar las afectaciones sociales de la contaminación del aire. Aunque un 44% de los estudiantes señaló que identifican situaciones ambientales de su entorno y un 48% reconoció totalmente la influencia de los problemas ambientales en la sociedad, la mayoría de sus respuestas abiertas se limitan a identificar fuentes de contaminación como "humo de los carros" y "quemado de basura". Las respuestas también indican un reconocimiento superficial de los impactos en la salud,

como "enfermedades respiratorias" y "dificultades para respirar", sin profundizar en los aspectos sociales, económicos o en la propuesta de soluciones concretas.

Unidad de análisis Habilidades de pensamiento crítico

Dentro de esta se tiene en cuenta la habilidad de **Análisis y evaluación de la información**, a partir de las afirmaciones 6 “Evalúo la validez y confiabilidad de las fuentes de información sobre problemas ambientales antes de aceptarlas como verdades” donde 32%, señalaron estar de acuerdo con esta afirmación, es decir, realizan un análisis limitado de la información, comprendiendo algunos conceptos e identificando algunas fuentes confiables, sin embargo, presentan dificultades en profundizar en la información disponible y evaluarla en términos de precisión, relevancia y fiabilidad.

Respecto a las afirmaciones 10 “Considero múltiples perspectivas y soluciones para resolver un problema ambiental” y 15 “Estoy dispuesto a cuestionar suposiciones y perspectivas comunes sobre situaciones ambientales”, el 37% señalaron estar de acuerdo y el 32% totalmente de acuerdo respectivamente, es decir, poseen una disposición activa para explorar diversos enfoques y soluciones al abordar problemas ambientales, lo que refleja una mentalidad abierta y crítica, donde el estudiante no solo está dispuesto a considerar diversas perspectivas, también buscan cuestionar suposiciones convencionales y reflexionar sobre la validez y relevancia de las ideas establecidas. Algunos de estos factores se pueden evidenciar en el análisis de las afirmaciones de la pregunta B “¿Cuál de las siguientes afirmaciones sobre la contaminación del aire es falsa?” llegando a determinar en su mayoría la respuesta correcta, sin embargo, en la pregunta G “¿Qué fuentes de contaminación atmosférica puede identificar en su área local?”, no se evidenció variedad en la identificación de dichos contaminantes, más allá del humo de los carros. Según la matriz de análisis los estudiantes ubican en un nivel medio para esta categoría, presentando dificultades en analizar de forma integral las diversas afectaciones de su entorno.

En la categoría de **Argumentación** se analizan las afirmaciones 7 “me siento en la capacidad para argumentar sobre temas referentes a problemas ambientales” donde 32% respondió estar de acuerdo, afirmación 11 “comunico de forma efectiva la importancia de la conservación del medio ambiente” el 35% respondió totalmente de acuerdo y la afirmación 12 “Busco y evalúo evidencia relevantes la discutir sobre problemas ambientales” donde se obtuvo el mismo porcentaje para las respuesta de acuerdo y parcialmente de acuerdo. Estos resultados sugieren que, si bien la mayoría

se sienten en la capacidad de argumentar y comunicar sus ideas en torno a los problemas ambientales, otro grupo reconoce que tiene ciertas dificultades en este aspecto.

Dentro de esta categoría se analizaron respuestas de las preguntas abiertas con el fin de evaluar la claridad, coherencia y originalidad de los argumentos. Se tuvieron en cuenta las preguntas A “¿Cómo definiría la contaminación del aire?”, pregunta G “¿Qué fuentes de contaminación atmosférica puede identificar en su área local?”, pregunta H “¿Qué impacto cree que tienen estas fuentes en la calidad del aire y en la salud de las personas que viven allí?”, pregunta I “¿Considera importante dar a conocer las afectaciones a la salud y la biodiversidad de una problemática ambiental?” pregunta J “Mencione algunas alternativas o propuestas que considere permitan mitigar y reducir la contaminación del aire en su entorno”. A partir de estas respuestas, los estudiantes presentan una comprensión generalizada y coherente de la contaminación del aire, proponiendo soluciones como más días sin carro y moto o mayor promoción del transporte público, sin embargo, la mayoría carecen de originalidad, profundidad y consistencia en su análisis, ya que repiten conceptos comunes sobre la contaminación. Según esta información, los estudiantes se encuentran en un nivel bajo para esta categoría, debido a que formulan ideas básicas y generalizadas, donde no integra diversos aspectos que puede englobar una problemática.

El análisis de la categoría de **Toma de decisiones** se realiza desde las siguientes afirmaciones, la afirmación 3 que evalúa si los estudiantes consideran relevante conocer y actuar sobre las problemáticas ambientales, muestra que el 37% indicó estar de acuerdo. Esto sugiere que un grupo significativo de estudiantes reconoce la importancia de abordar los problemas ambientales, lo que se toma como punto de partida para la toma de decisiones.

La afirmación 9, que evalúa si los estudiantes proponen soluciones innovadoras y sostenibles para abordar problemas ambientales, se encontró que el 32% señala estar de acuerdo. Aunque este porcentaje es menor que en la afirmación anterior, indica que hay una parte considerable de estudiantes que están dispuestos a pensar de manera creativa y proponer soluciones para enfrentar los desafíos ambientales

Y, por último, en la afirmación 14 donde se evalúa si los estudiantes están dispuestos a cambiar sus acciones cotidianas para reducir su huella ecológica, muestra que el 45% señaló estar totalmente de acuerdo. Este resultado, indica que la gran mayoría de estudiantes están abiertos a generar cambios en su comportamiento en beneficio del medio ambiente. Estos resultados sugieren

que, si bien existe un reconocimiento generalizado de la importancia de abordar los problemas ambientales, así como una disposición a proponer soluciones innovadoras, existe un margen de para mejorar la participación y el compromiso de los estudiantes en la toma de decisiones relacionadas con el medio ambiente.

En contraste con esta información, la pregunta abierta I “¿Considera importante dar a conocer las afectaciones a la salud y la biodiversidad de una problemática ambiental?”, se observa que las respuestas reflejan una percepción generalizada sobre la importancia de la divulgación de las afectaciones ambientales para crear conciencia y tomar decisiones preventivas. Sin embargo, algunas respuestas muestran falta de comprensión sobre las causas subyacentes de la contaminación atmosférica. En cuanto a la pregunta J “Mencione algunas alternativas o propuestas que considere permitan mitigar y reducir la contaminación del aire en su entorno”, las respuestas varían desde sugerencias prácticas como días sin moto y carro, plantar árboles y utilizar transporte público, hasta respuestas más generales o poco detalladas. Si bien algunos estudiantes tienen la capacidad de generar propuestas concretas, otros muestran dificultades en la formulación de soluciones prácticas y efectivas, lo que supone un nivel bajo para esta categoría, siendo necesario contribuir a la comprensión de la problemática y la integración de conocimientos en el accionar de los estudiantes.

A Modo de resumen de las concepciones identificadas se evidencia la siguiente tabla:

Tabla 6 Tabla de clasificación inicial

Unidad de análisis	Categorías	Criterio en que se ubican los estudiantes
		Medio
DOMINIO CONCEPTUAL	Comprensión y reconocimiento de la contaminación del aire	Los estudiantes comprenden la idea de la contaminación del aire, identificando contaminantes como el CO ₂ y NO _x , reconociendo fuentes como vehículos y quema de basuras. Sin embargo, hace falta mencionar mayor variedad de contaminantes, y entender sus causas específicas y sus impactos en el ambiente.
	Efectos en la salud	Bajo

		<p>Los resultados indican que los estudiantes tienen un conocimiento básico sobre los efectos de la contaminación del aire en la salud, reconociendo que los problemas ambientales generan impacto en su vida cotidiana, como enfermedades respiratorias. Sin embargo, su comprensión se limita a problemas respiratorios leves, sin comprender los efectos a largo plazo de la contaminación del aire y como estas interacciones en el cuerpo humano.</p>
	<p>Procesos químicos</p>	<p>Bajo</p>
		<p>Los estudiantes se encuentran en un nivel bajo en la comprensión de los procesos químicos relacionados con la contaminación del aire. Reconocen contaminantes comunes como NO_x y SO₂, entienden ciertos conceptos básicos, pero tienen dificultades para detallar las reacciones químicas y la composición de los contaminantes. Se debe profundizar en procesos como la formación de smog, la generación de lluvia ácida y la oxidación de gases. También se requiere comprender cómo estos procesos interactúan entre sí, identificar una mayor variedad de contaminantes, y explicar sus transformaciones y efectos ambientales.</p>
<p>ENFOQUE CTSA</p>	<p>Problemáticas asociadas</p>	<p>Medio</p>
		<p>Los estudiantes reconocen el impacto de la problemática en la salud, los ecosistemas y la importancia de la ciencia y la tecnología. Han identificado fuentes de contaminación y propuesto soluciones prácticas como el uso de buses eléctricos y el transporte público. Sin embargo, para abordar las dificultades encontradas, se debe profundizar en los procesos fisicoquímicos relacionados con la contaminación y desarrollar la capacidad de argumentar con mayor coherencia y detalle. También</p>

		deben mejorar en la integración de conocimientos científicos y en la formulación de soluciones, estableciendo relaciones claras entre los factores científicos y sus impactos ambientales.
	Implicaciones sociales	<p>Bajo</p> <p>Reconocen algunas fuentes de contaminación e impactos como problemas respiratorios, su visión es superficial y limitada a efectos inmediatos. De acuerdo con esto, se necesitarían proporcionar soluciones más integrales y estratégicas que aborden la complejidad del problema, considerando aspectos científicos, tecnológicos, ambientales, económicos y sociales. Esto incluiría la formulación de propuestas prácticas que influyan significativamente en la mitigación de la contaminación del aire y sus consecuencias sociales a largo plazo.</p>
HABILIDAD DE PENSAMIENTO CRITICO	Análisis y evaluación de la información	<p>Medio</p> <p>Aunque muestran disposición para considerar diversas perspectivas, tienen dificultades en evaluar críticamente la información y profundizar en su análisis. Para abordar estas dificultades, se debería mejorar en el análisis crítico, identificación de fuentes confiables y evaluación precisa de la relevancia y fiabilidad de los datos. Esto les permitiría utilizar la información de manera más efectiva para comprender y abordar integralmente los problemas ambientales.</p>
	Argumentación	<p>Bajo.</p> <p>Los estudiantes llegan a comunicar la importancia de la conservación ambiental y buscar evidencia relevante, carecen de originalidad y profundidad en sus argumentos. Se requiere mejorar en la construcción propia de conceptos, consultando fuentes</p>

		diversas para obtener información actualizada. Esto permitiría formular argumentos más coherentes, originales que aborden las causas, efectos y soluciones de la contaminación del aire de manera más convincente y organizada.
	Toma de decisiones	Bajo
		Reconocen la importancia de abordar estos problemas y muestran disposición a proponer soluciones innovadoras, la mayoría tienen dificultades para formular propuestas efectivas y prácticas. De acuerdo con esto, necesitarían integrar mejor los conocimientos adquiridos, considerando de manera más completa los aspectos sociales, ambientales, científicos y tecnológicos relacionados con la contaminación del aire. Esto les permitiría formular propuestas más sólidas y efectivas que aborden de manera integral la complejidad del problema ambiental.

8.3. Planificación y ejecución

8.3.1. Propuesta Unidad didáctica

Luego de los resultados identificados en los estudiantes respecto a la comprensión de la contaminación del aire y sus implicaciones, se propuso una unidad didáctica, donde no solo se aborda la necesidad de mejorar el conocimiento conceptual de los estudiantes sobre una variedad más amplia de contaminantes, sus fuentes específicas y sus impactos ambientales, sino también se integra el enfoque CTSA que conecta aspectos científicos de la contaminación con sus implicaciones sociales y ambientales. Esto permite a los estudiantes comprender cómo las acciones humanas, como la emisión de gases de efecto invernadero y la generación de contaminantes secundarios, afectan tanto al medio ambiente como a la salud pública, promoviendo una visión integral de los problemas ambientales.

En esta unidad se buscó promover el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico, como el análisis y la evaluación de la información. A través de diversas prácticas y estudios de caso, se

busca que los estudiantes identifiquen, analicen y evalúen la información, así como determinar la relevancia y fiabilidad de esta. A partir de esto, se fomentará la construcción de argumentos y divulgación de la información a través de diversos recursos informativos, desarrollando en los estudiantes la capacidad de comunicar efectivamente la importancia de la conservación ambiental y proponer soluciones informadas basadas en evidencia.

De acuerdo con la Tabla 5, los estudiantes presentan dificultades para comprender las implicaciones de las problemáticas ambientales. Esto se debe a que analizan estas cuestiones desde una perspectiva superficial y general. Para abordar esta situación, se propone desarrollar habilidades prácticas, como la toma de decisiones a través de un aprendizaje colaborativo, este intercambio de ideas entre los estudiantes fomenta la comunicación y la cooperación, lo que les permite identificar problemas ambientales desde una perspectiva más amplia. De esta manera, podrán analizar las causas, los efectos y proponer soluciones creativas y sostenibles. El desarrollo de la toma de decisiones juega un papel fundamental en este proceso, ya que asegura que las soluciones propuestas consideren las diferentes dimensiones de la problemática. Al integrar estos factores, se prepara a los estudiantes para enfrentar estos desafíos con conocimiento y compromiso.

A continuación se anexa el link de la unidad didáctica:

[Enlace](#)

8.4. Implementación Unidad Didáctica

Análisis primera sesión: Lectura de noticia

Para la primera sesión se consideró la resolución de preguntas entorno a una noticia, dicha actividad tenía como objetivo que los estudiantes reflexionaran a través de enunciados o párrafos sobre las afectaciones en la salud por la calidad de aire. En los resultados presentados por los estudiantes se encuentran generalidades, en cuanto a la redacción de argumentos o párrafos para la resolución de preguntas, como también, la dificultad que algunos presentan en la extracción de información como se evidencia a continuación:

Tabla 7 Análisis del apartado de resultados

Grupo	Respuestas	Análisis
¿Cuál es el problema específico que trata esta noticia?		

1	<i>“el deterioro de la calidad de aire”</i>	<p>Respecto a si los estudiantes logran identificar la problemática ambiental que hace alusión a la noticia, se evidenciaron dos tipos de respuestas, la primera que logra extraer la idea principal, mencionando la medida que decreto la Secretaría Distrital de Salud debido a los bajos índices en la calidad de aire y sus afectaciones en la salud humana, para esto solo 3 de los 9 grupos respondieron bajo lo anterior. A su vez, se establece que los estudiantes no lograron estructurar de forma correcta el párrafo o idea para dar respuesta a la pregunta. Las repuestas de los demás grupos giran en torno al concepto de calidad de aire sin establecer relaciones de esta problemática en las medidas tomadas por la SDS, se encuentra un grupo que enuncian afectaciones en la salud humana, pero no se encuentra la relación entre la problemática ambiental.</p>
2	<i>“Contaminación atmosférica está afectando la respiración de las personas en Colombia”</i>	
3	<i>“Es un problema una recomendación el cual puede tener un impacto negativo en los niños menores a 5 años y mayores a 60 y con problemas como: cáncer, asma, etc. Afecta la salud y el bienestar de las personas especialmente las que realizan actividad física debido a que esta es vital para la calidad de vida y la salud mental”</i>	
4	<i>“el problema que trata la noticia es el de la calidad de aire”</i>	
5	<i>“Es una alerta fase uno en Bogotá por el deterioro de la calidad de del aire”</i>	
6	<i>“esta noticia se basa en que la contaminación del aire está afectando más que todo en ciertas partes del mundo tanto el cuerpo como los pulmones”</i>	
7	<i>“la contaminación atmosférica”</i>	
8	<i>“el deterioro y los problemas de salud causados por la contaminación”</i>	
9	<i>“el problema específico que trata esta noticia es la afectación en el sistema respiratorio debido a la contaminación del aire, la noticia informa tener precaución debido al aumento de los contaminantes, además de señalar las personas más susceptibles a esta problemática”</i>	
Grupo	Respuestas	Análisis

¿Cuál es el propósito de las recomendaciones emitidas por la Secretaría Distrital de Salud en Bogotá?		
1	<i>“El propósito sería llegar a poder realizar actividades físicas en el aire libre”</i>	<p>La segunda pregunta tiene como propósito la articulación de las medidas tomadas por la SDS a grupos de personas vulnerables en su salud, respecto a esta situación, aquí se obtuvieron respuestas poco claras o no respondían a la pregunta. Cabe señalar que solo dos grupos expresaron la idea de la noticia, utilizando argumentos como: “Protección a los grupos priorizados a la exposición en la ejecución de actividades físicas en áreas donde no tenga un buen índice de calidad de aire”, logrando establecer relación que las medidas pueden mitigar futuros problemas de salud o contagio. Los demás grupos responden de manera en la cual, no se comprende la idea principal dentro de su argumento o este mismo no proporcionó una estructura clara. Se puede observar que los estudiantes presentan fallos ortográficos, coherencia y cohesión.</p>
2	<i>“Qué a las personas no les afecte la contaminación ni la respiración al hacer actividad física”</i>	
3	<i>“Es proteger la salud y bienestar de los grupos de riesgo específicamente en situaciones en las que pueden estar expuestos a factores que puedan agravar su condición estas recomendaciones buscan reducir el riesgo de contagio o complicaciones de la salud específicamente en situaciones como pandemias o altos niveles de contaminación ambiental”</i>	
4	<i>“El propósito es concientizar a las personas para que cuiden la calidad del aire para que no tengan tantos inconvenientes en el futuro”</i>	
5	<i>“Evitar que las personas normales y personas más sensibles tengan efectos negativos en la salud”</i>	
6	<i>“Estos buscan brindarles a los ciudadanos cierta ayuda a veces hacen brigadas para apoyar a los mayores de 60 años”</i>	
7	<i>“valorar su riesgo personal y considerar el riesgo en el lugar donde haría la actividad”</i>	
8	<i>“evitar que más personas tengan problemas de salud y que los que ya los tienen no se agraven a causa de sus enfermedades y concientizar de las grandes problemáticas que causamos a diario”</i>	

9	<i>“hoy el propósito que busca es tratar de informar a las personas sobre la afectación del aire y las consecuencias que este trae con el medio ambiente hacia las personas y sus problemas respiratorios”</i>	
Grupo	Respuestas	Análisis
¿Considera adecuadas las recomendaciones emitidas por la Secretaría Distrital de Salud en Bogotá?		
1	<i>“Consideró adecuadas las recomendaciones de la secretaria de salud y no mejoraría nada”</i>	<p>La siguiente pregunta tuvo como objetivo que el estudiante a partir de nociones de la problemática y con la información de la noticia propusiera una mejora a las medidas estipuladas por SDS, lo cual solo un grupo del curso logro la elaboración de una idea para la resolución de la pregunta, establecieron que se deben realizar capacitaciones o estrategias de sensibilización entorno a la contaminación del aire, conllevando a una disminución de la problemática y por ende, a que no se debían desarrollar medidas para prevenir problemas de salud.</p>
2	<i>“Todas están adecuadas debido a que así se pueden controlar las enfermedades respiratorias que mejorará el uso de tapabocas”</i>	
3	<i>“Si considero buenas las recomendaciones porque brindan una buena solución y disminuiría la deshidratación y la hipotermia y le he dado una buena solución a las recomendaciones dadas en la noticia”</i>	
4	<i>“Si considero buenas las recomendaciones porque brindan una buena solución y disminuiría la deshidratación y la hipotermia y le he dado una buena solución a las recomendaciones dadas en la noticia” (la Respuesta es similar al grupo 3)</i>	
5	<i>“Creo que si son buenas recomendaciones porque tanto alguien normal o alguien que por algún motivo esté en algún evento o algo relacionado a deportes estarán informados y en caso de ocurrir algo estar preparado”</i>	
6	<i>“Sí son buenas estas recomendaciones”</i>	

7	<i>“Sí considero adecuadas dichas recomendaciones para tener más cuidado con la salud mejoraría la calidad del aire y de vida”</i>	
8	<i>“Si pero no ya que pienso que la actividad física no afecta por lo que realmente no deben prohibirla”</i>	
9	<i>“sí las consideró adecuada ya que todas las personas tenemos que estar informadas sobre las afectaciones y prevenirlos de forma adecuada algo que yo mejoraría es que si hubieran implementado estrategias sobre el cuidado del medio ambiente generaría conciencia para que las personas lo cuiden”</i>	
Grupo	Respuestas	Análisis
¿Qué estrategias creativas podrían utilizarse para educar y concientizar diferentes grupos demográficos, como niños, personas mayores y personas con enfermedades crónicas?		
1	<i>“Con actividades pedagógicas”</i>	En la última pregunta, se evidenció falta de respuestas y se analiza que los estudiantes no logran tener una relación entre los conceptos que involucran la problemática, como las medidas para mitigar afectaciones en la salud humana por habitar espacios que tienen mala calidad de aire. Las respuestas de los estudiantes demuestran una comprensión básica y coherentes de la necesidad de educar y sensibilizar a la población sobre los efectos de la contaminación del aire. Esto se evidencia al sugerir actividades educativas y lúdicas, como talleres pedagógicos y campañas de reciclaje, que son apropiadas para diferentes grupos demográficos. Sin embargo, las
2	<i>“Con actividades y talleres tanto escolares como pedagógicos”</i>	
3	No responde	
4	<i>“Regalar mercados a las personas que lleguen a concientizar o ayudar a recoger basura”</i>	
5	No responde	
6	No responde	
7	No responde	
8	<i>“Demostrar el impacto que tiene la contaminación en el aire”</i>	
9	<i>“Yo haría más actividades lúdicas con personas adultas y niños tales como actividades al aire”</i>	

	<i>libre explicando cómo funciona el medio ambiente campañas de reciclaje y talleres inclusivos para todas las edades”</i>	propuestas carecen de profundidad y detalles específicos, lo que limita la efectividad de sus propuestas. La argumentación es superficial y carece de evidencias, ejemplos concretos y datos que respalden sus ideas. El análisis también es limitado y no profundiza en como las propuestas abordarían específicamente los problemas de contaminación del aire.
--	--	--

Análisis segunda sesión – Práctica de laboratorio: “Explorando la Contaminación Atmosférica: Un Experimento Casero sobre el Impacto del Humo en el Aire”

Para esta sesión se planteó una actividad práctica con el objetivo de introducir conceptos y procesos químicos, abordando temas como la composición de la atmósfera, sus capas y los contaminantes comunes. Se buscaba que los estudiantes analizaran la experiencia a partir los conceptos abordados en clase, donde comprendan el comportamiento de los contaminantes en la atmosfera de una forma observable. Además, mediante una serie de preguntas asignadas a cada grupo, los estudiantes debían analizar y argumentar mediante un mapa mental, cómo desde actividades diarias, industriales, vehiculares y fenómenos naturales se contribuye en mayor o menor medida a esta problemática.

Para ello, los estudiantes fueron distribuidos en nueve grupos, y a cada uno se le entregó la guía correspondiente para la práctica. La guía incluía el objetivo, el marco teórico, el procedimiento, los resultados, análisis y las conclusiones.

Tabla 8 Evidencias fotográficas tercera sesión



Al evaluar las guías desarrolladas por los estudiantes, en los resultados al responder a la primera pregunta “¿Qué observaciones puede realizar del experimento?”, se buscaba evaluar la capacidad del estudiante de observar y describir el fenómeno, incluyendo la identificación de cambios, formación de sustancias y patrones. La segunda pregunta “¿Qué similitud encuentra entre el experimento y los procesos que ocurren en la tropósfera?” se pretendía evaluar la capacidad del estudiante de relacionar los conceptos y procesos observados en el experimento con los procesos atmosféricos reales, y determinar si el estudiante puede identificar y diferenciar entre advección y convección como tipos de procesos de transporte de energía y materia en la atmósfera. Para esto, se analizan las respuestas de los estudiantes mediante la siguiente tabla:

Tabla 9. Análisis del apartado de resultados

Grupo	Respuestas	Análisis
¿Qué observaciones puede realizar del experimento?		
1	“Mientras realizábamos el experimento observamos que los papeles que habíamos quemado para tratar de asemejar la	En las respuestas de los estudiantes se evidencia variedad de observaciones y comprensiones respecto al experimento.

	<i>contaminación observamos que se forman nubes”</i>	Algunos identificaron la formación de “nubes” al quemar papel, mientras que otros explicaron cómo el aire contaminado asciende y se enfría, afectando la calidad del aire. También observaron el efecto de la convección al colocar hielo sobre aluminio, notando la dispersión del humo. Además, describieron cambios en el color y comportamiento del humo al confinarlo con aluminio, mencionando convección y advección. Aunque algunas respuestas carecieron de términos científicos específicos, todas intentaron explicar los fenómenos observados. Las respuestas que conectan observaciones con conceptos científicos, como convección, son más claras en su argumentación, a diferencia de las que solo describen observaciones sin profundizar en términos técnicos. Sin embargo, se observan falencias en la argumentación, con explicaciones superficiales; en la claridad, con respuestas confusas y falta de términos científicos adecuados; y en la pertinencia, con observaciones no siempre relacionadas con la pregunta o
2	<i>“Que el aire contaminado sube a la troposfera rebotando y enfriándose en ella y cayendo hacia nosotros por ende nosotros terminamos respirando dicho aire contaminado”</i>	
3	<i>“Se puede observar que cuando el humo sale más blanco de lo normal y cada vez se ve más blanco”</i>	
4	<i>“Colocar el hielo en el aluminio el humo comienza a dispersarse por todo el plástico para después colocar el hielo encima y este humo empieza a hacer un proceso de convección porque el humo se centró en la parte de arriba formando una nube”</i>	
5	<i>“Observamos que al quemar el papel salió muy blanco y cuando subía se detenía gracias al papel aluminio maquiláramos blanco tirando a amarillo”</i>	
6	<i>“A lo que el papel se enciende y se echa en el recipiente y cuando el recipiente es tapado por el aluminio el humo se concentra el humo en el recipiente el papel se va quemando cada vez más el humo de la parte inferior va subiendo y eso se llama convección y al retirarlo aluminio se genera la advección”</i>	

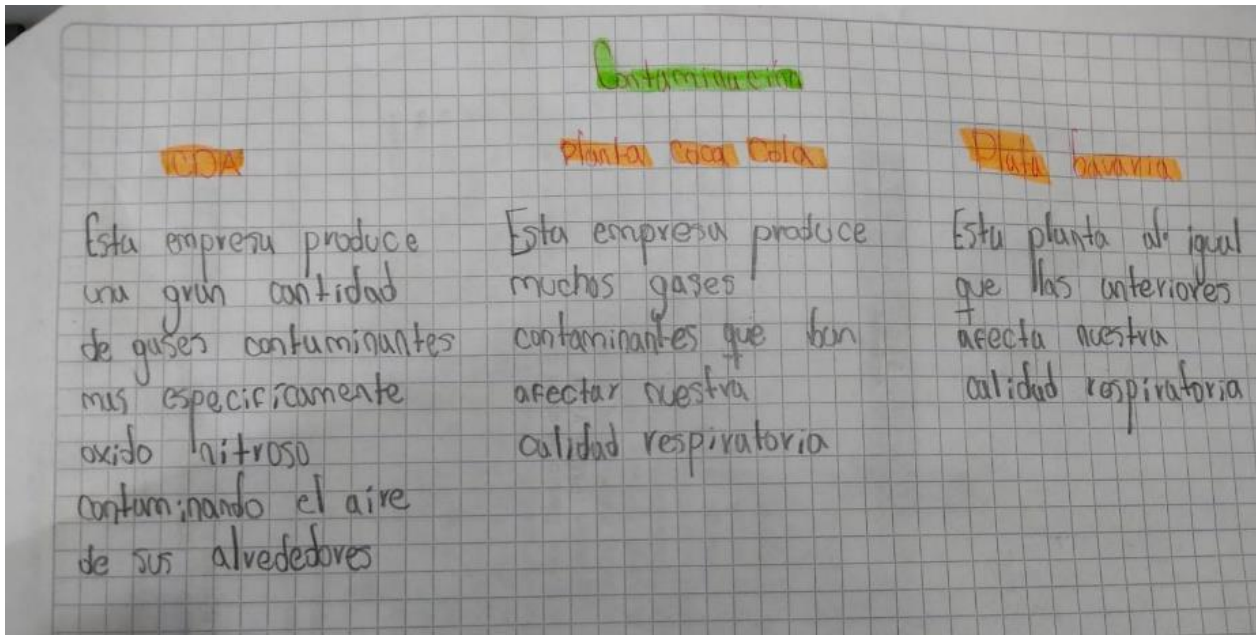
7	<i>“Qué al poner el papel en la botella y al poner el aluminio se queda el humo e intenta buscar salida”</i>	el experimento, mostrando falencias en el análisis de la pregunta.
8	<i>“El humo que suelta el papel se fue arriba y el hielo se derritió un poco”</i>	
Grupo	Respuestas	Análisis
¿Qué similitud encuentra entre el experimento y los procesos que ocurren en la troposfera?		
1	“Una de las principales similitudes que observamos fue que el vapor que se generó se asemejaba a la contaminación emitida por los carros, también observamos que el hielo con el papel aluminio y se asemeja la troposfera es un proceso de convección”	Las respuestas de los estudiantes sobre la similitud entre el experimento y los procesos en la tropósfera evidencian una comprensión básica del tema, sin embargo, se observan ciertas dificultades. Algunas respuestas son claras y establecen analogías al mencionar procesos como la convección y la advección, mientras que otras tienden a ser confusas y carecen de estructura. La mayoría de las respuestas tienden a ser superficiales, sin profundizar en los procesos científicos subyacentes, y a menudo no conectan explícitamente las observaciones del experimento con los fenómenos atmosféricos. Además, el uso de terminología científica tiende a ser general. Aunque los estudiantes intentan relacionar el experimento con la contaminación del aire y los procesos troposféricos, se evidencia que
2	“En el experimento miramos como en la botella se refleja lo que pasa en nuestro mundo, se ve como la contaminación nos afecta a nosotros y al aire que respiramos”	
3	“Sigue subiendo el aire en ambos modos y se acumula a medida del tiempo y se ve cada vez más blanco”	
4	“la similitud de estos es el aluminio hace alusión a la tropósfera el papel quemado se podría decir que son los contaminantes, el hielo es la temperatura de la troposfera y por último el vaso cuenta como el planeta está experimentando hacia un proceso de convección ya que el humo se sube y se encuentra en forma de una nube en el	

	aluminio igual que el humo de los contaminantes en la troposfera”	necesitan mejorar en claridad, profundidad en el uso de términos para fortalecer sus explicaciones.
5	“El humo se asemeja a los humos que producen los carros y fábricas, suben y se quedan en la troposfera esto pasa con el experimento gracias aluminio, para nosotros aplicar ambas la convección y la advección”	
6	“El papel se va quemando cada vez más el humo de la parte inferior va subiendo y eso se llama convección y al retirar el aluminio se genera la advección”	
7	“En este caso el humo se suelta el papel representa el humo de los carros y de las fábricas cuando sube el humo se queda en el aluminio y ese humo de los carros sube a la a troposfera y al llegar a la a troposfera trata de buscar salida y se mueve el humo por causa del aire”	
8	“Fue un proceso de convección ya que el humo salió hacia arriba”	

En la guía en la sección de análisis, se le asignó una pregunta diferente a cada grupo, donde debían realizar un mapa mental a partir que representara las fuentes de contaminación primaria asignadas, dentro de estas se incluían analizar y señalar fuente de contaminación provenientes de actividades humanas, industrias o empresas, actividades diarias y fenómenos naturales, comprendiendo así que la contaminación puede originarse desde de diversas fuentes, tanto naturales como antropogénicas, y como las acciones cotidianas pueden contribuir al contaminación ambiental.

Al grupo 1 se le asignó la pregunta “Piense en tres industrias o empresas cercanas a su comunidad. ¿Cómo cree que las emisiones de estas industrias podrían afectar la calidad del aire que usted respira?”. De acuerdo con esta, los estudiantes realizaron el siguiente mapa

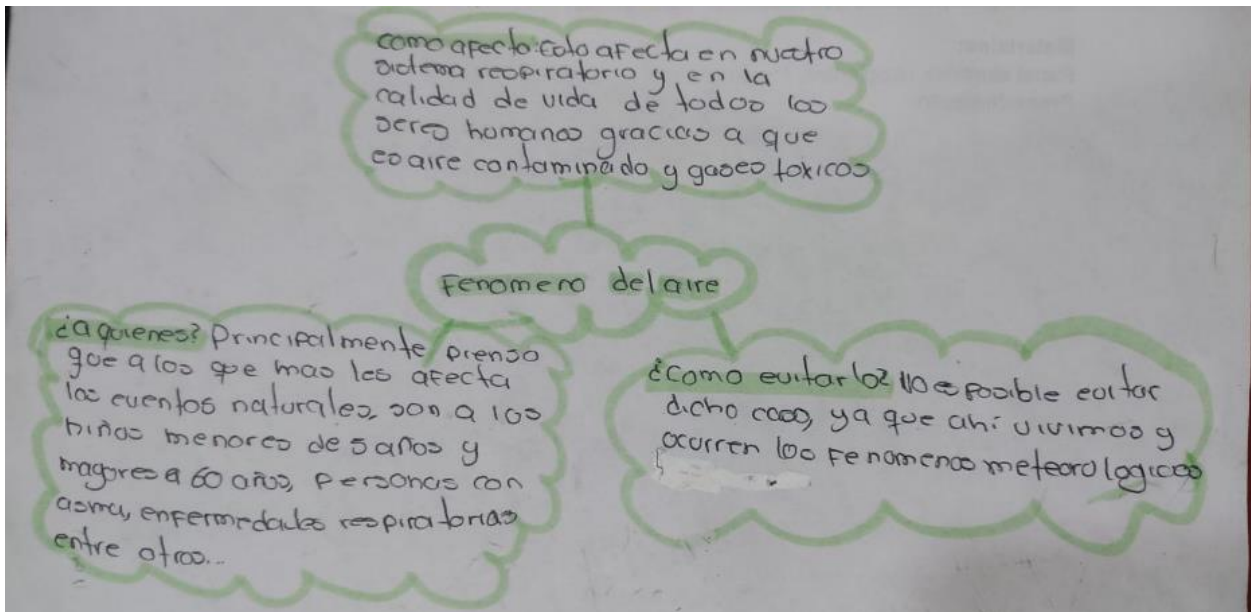
Ilustración 9 Mapa realizado por el grupo 1



Los estudiantes identificaron tres fuentes comunes de contaminantes atmosféricos. Reconocieron que el CDA (Centro de diagnóstico automotor) es una fuente de emisiones de gases contaminantes, específicamente óxido nítrico. Sin embargo, en los otros dos ejemplos, aunque también son fuentes de contaminación, no están ubicados en zonas cercanas al contexto estudiado, lo que refleja un desconocimiento sobre las actividades industriales locales. Aunque lograron identificar las fuentes, el análisis es general y carece de detalle al abordar efectos más allá de la emisión de gases y las enfermedades respiratorias.

A los grupos 3, 5 y 9 se les asignó la pregunta: "Reflexione sobre tres eventos naturales o fenómenos ambientales que podrían influir en la calidad del aire. ¿Cómo cree que estos eventos afectan la calidad del aire y la salud de las personas en su comunidad?". Con esta actividad se busca que los estudiantes comprendieran que no solo los factores antropogénicos influyen en la contaminación atmosférica, aunque los factores naturales lo hagan en menor medida y no tengan repercusiones tan significativas.

Ilustración 10 Mapa realizado por el grupo 5



En este caso, los estudiantes no identificaron adecuadamente las fuentes de contaminación y, en su lugar, señalaron el “fenómeno del aire” como un evento natural que contribuye a esta problemática. Elaboraron un mapa que evidenciaba cómo el aire contaminado afecta la salud humana, lo cual no era lo solicitado en la pregunta asignada. En su análisis, plantearon la cuestión “¿a quienes?”, identificando que las personas más susceptibles a ser afectadas por la contaminación del aire son los niños menores de 5 años, los adultos mayores y las personas con asma y problemas respiratorios. Respecto a la otra pregunta que plantearon, “¿Cómo evitarlo?”, mencionaron que no es posible evitarlo debido a que consideran que se trata de fenómenos naturales sobre los cuales no se tiene control. Aunque los estudiantes realizaron un análisis detallado y reconocieron a las poblaciones más vulnerables, presentaron dificultades para identificar correctamente las fuentes de contaminación.

Ilustración 11 Mapa realizado por el grupo 9

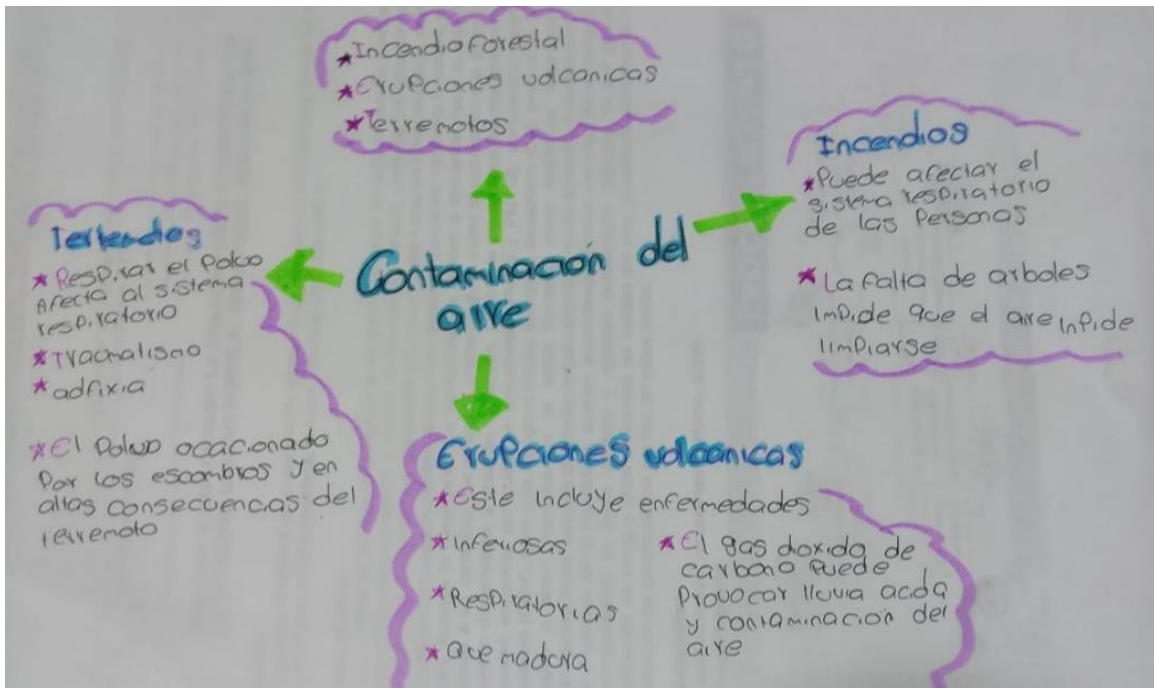
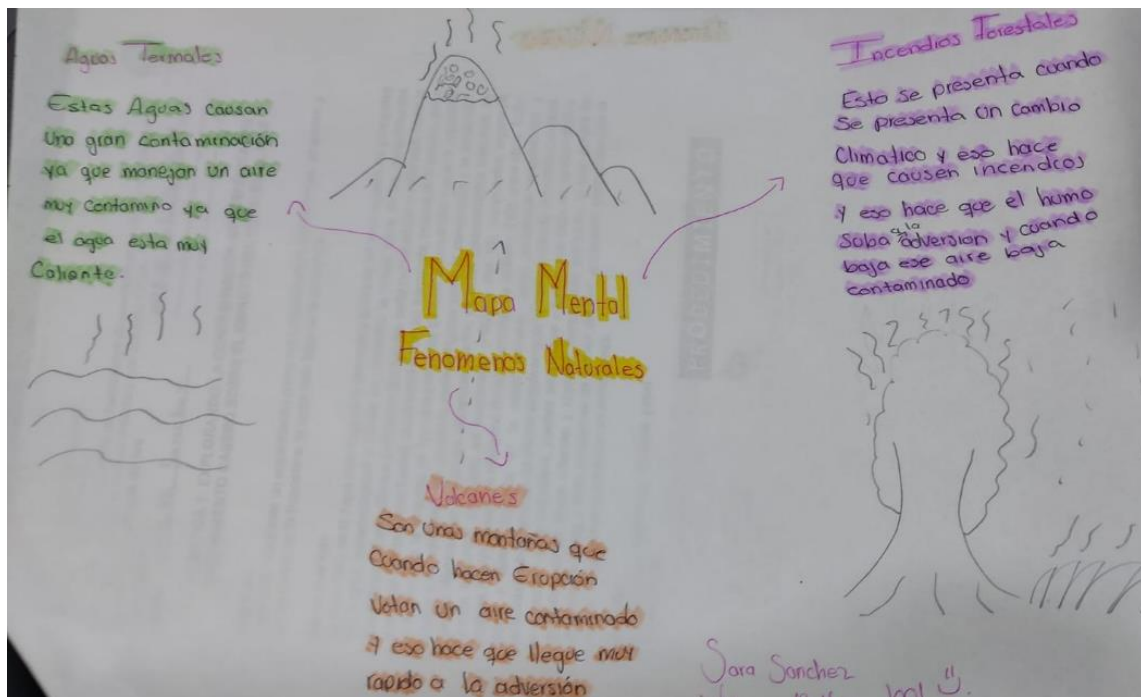


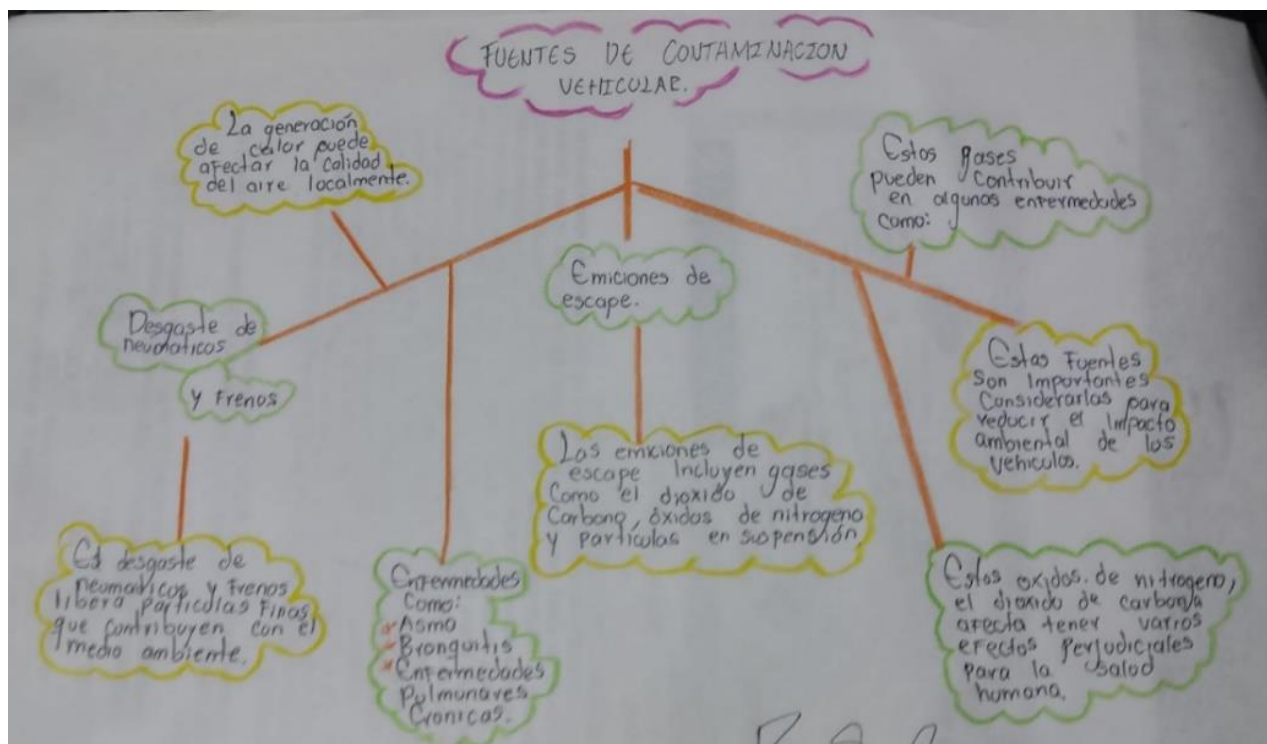
Ilustración 12 Mapa realizado por el grupo 3



En estos mapas se evidencia que los estudiantes identificaron correctamente las fuentes naturales de contaminación. Destaca el trabajo del grupo 9, que realizó un análisis detallado sobre las consecuencias de estos eventos naturales. Por ejemplo, mencionaron que la ausencia de árboles provocada por los incendios impide la purificación del aire, además de cómo estas fuentes influyen en la formación de contaminantes secundarios. En el grupo 3 también asociaron algunos eventos naturales con el experimento realizado al inicio de la sesión, utilizando términos como "advección".

Al grupo 8 se le asignó la pregunta "Identifique tres fuentes de contaminación vehicular en su entorno "¿Cómo cree que estas fuentes contribuyen a la contaminación del aire y afecta a la salud de las personas que viven cerca?"

Ilustración 13 Mapa realizado por el grupo 8



Los estudiantes señalaron correctamente algunas fuentes de contaminación vehicular, como las emisiones de escape, el desgaste de los neumáticos y frenos. Explicaron los procesos mediante los cuales estos generan contaminantes y reconocieron diversos compuestos químicos implicados, como óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono y partículas en suspensión. Además, detallaron

las afectaciones a la salud humana, yendo más allá de problemas respiratorios leves, al mencionar enfermedades como asma, bronquitis y enfermedades respiratorias crónicas.

Finalmente, en las últimas dos preguntas “Observe e identifique en su entorno al menos tres actividades humanas que podrían contribuir a la contaminación del aire. Explique cómo cree que estas actividades afectan la calidad del aire en su contexto”

Ilustración 14 Mapa realizado por el grupo 4

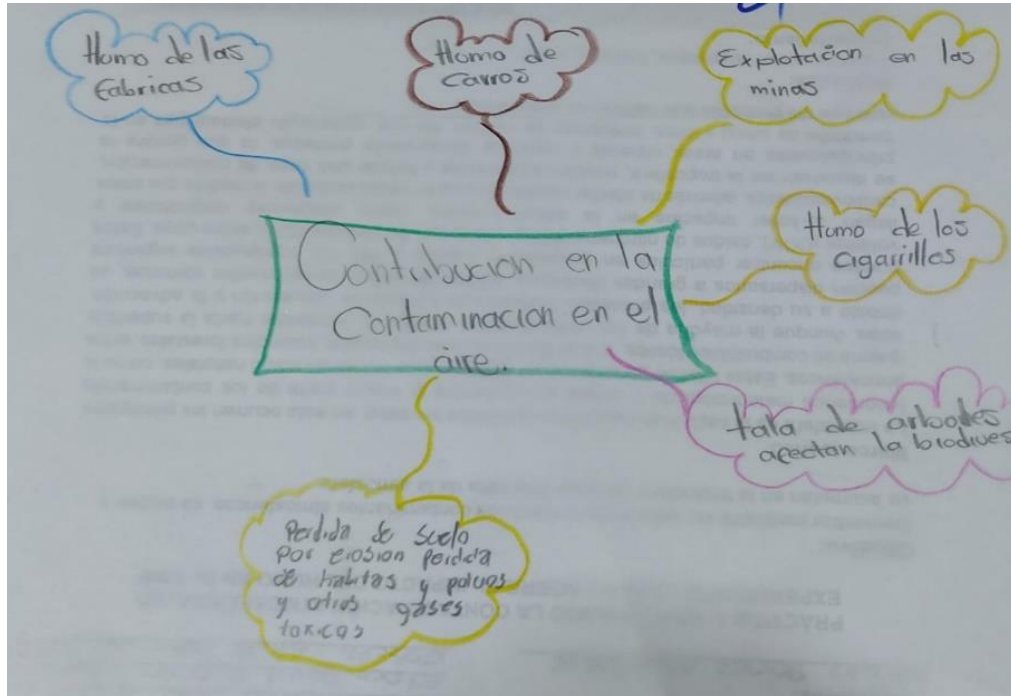
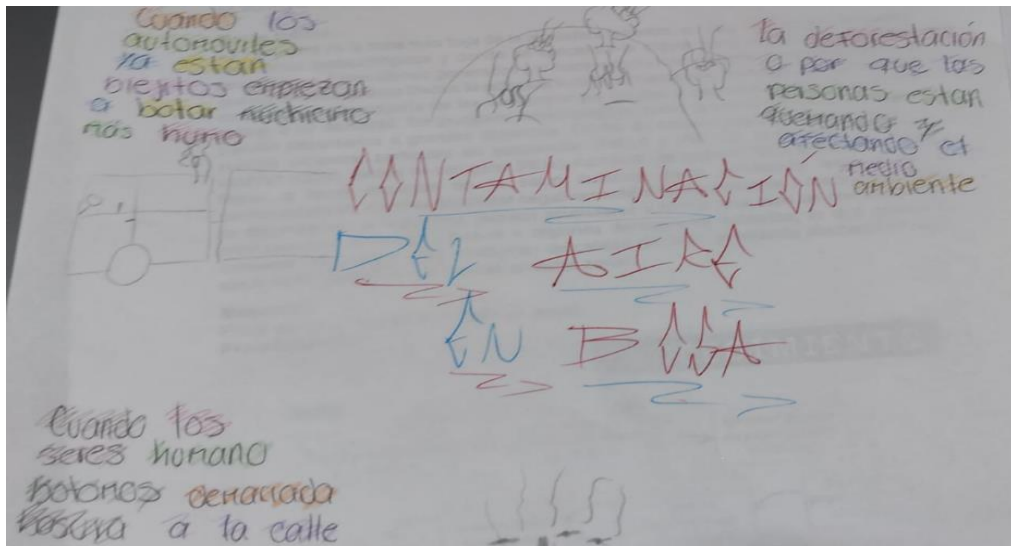
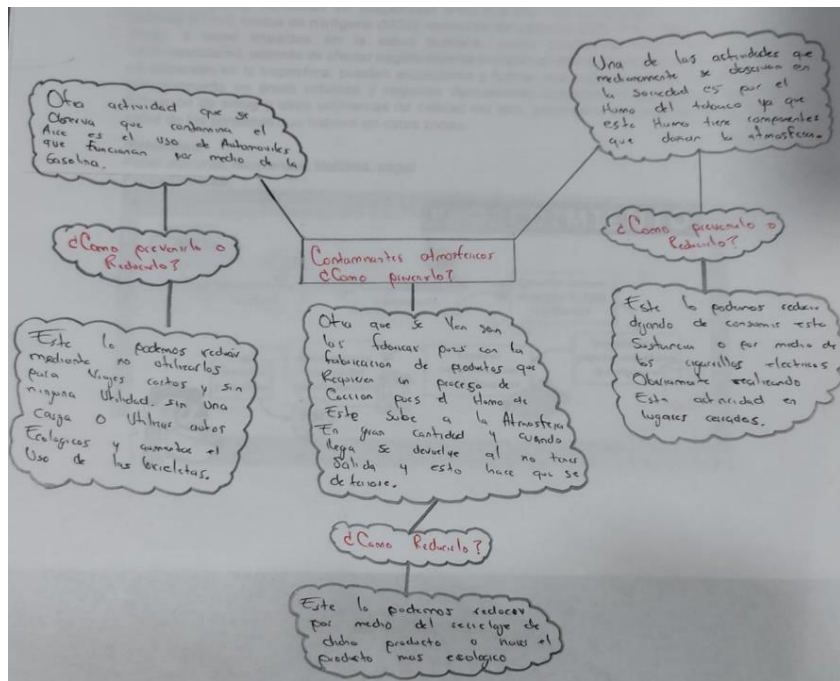


Ilustración 15 Mapa realizado por el grupo 6



Los estudiantes señalaron diversas fuentes de contaminación del aire, tal como se solicitó en la pregunta. Identificaron el humo de las fábricas, el humo de los carros, la deforestación y la mala manipulación de residuos como factores contribuyentes. Aunque identificaron correctamente estas fuentes comunes de contaminación, no detallaron los procesos mediante los cuales se generan estos contaminantes. Además, no consideraron las afectaciones a la salud u otras problemáticas asociadas.

Ilustración 16 Mapa realizado por el grupo 7



Respecto al grupo 7, quienes también tuvieron esta pregunta, detallaron cada una de las actividades seleccionadas como fuentes de contaminación y propusieron la pregunta “¿Cómo prevenirlo o reducirlo?”. Por ejemplo, para la contaminación vehicular, sugieren el uso del transporte público, evitar el uso de vehículos en trayectos cortos y la implementación de más días sin carro. Destaca el uso de términos técnicos en su explicación de cada fuente de contaminación, describiendo cómo se transportan estos contaminantes en el aire. Su análisis evidencia un conocimiento general de los procesos de transporte de energía y materia que ocurren en la atmósfera.

Finalmente, se solicitó a los estudiantes en conclusiones que redactaran un párrafo de conclusión basado en la práctica realizada. Sus conclusiones reflejan una comprensión general de los efectos nocivos de la contaminación del aire en la salud humana y en la calidad del aire. Señalaron algunas

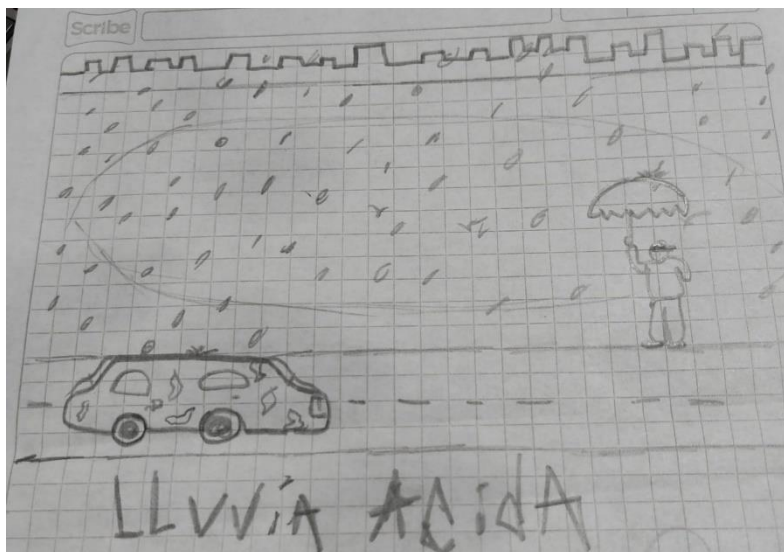
fuentes de contaminación como el humo de los autos, fábricas y cigarrillos, y reconocieron enfermedades relacionadas como el asma y la bronquitis. Algunos estudiantes mencionaron el impacto en la capa de ozono, lo cual no es directamente relevante para el experimento, que se enfoca en la contaminación de la troposfera y no en la estratosfera, donde se encuentra la capa de ozono. Otros señalaron la importancia de sensibilizarse respecto a la contaminación causada por actividades humanas, lo cual es pertinente y refleja un proceso de reflexión sobre las consecuencias de sus acciones. En general, se observa que los estudiantes demuestran un buen nivel de concienciación y entienden los impactos de la contaminación.

Análisis Tercera sesión Actividad 1 y 2

Estas actividades se realizaron con el objetivo de introducir conceptos clave asociados a la transformación de los contaminantes primarios discutidos en sesiones anteriores. Los estudiantes, utilizando un recurso informativo de libre elección, debían explicar y dar a conocer los procesos de transformación de estos contaminantes, proporcionando un panorama más amplio de las diversas afectaciones que esta problemática puede tener. Se les pidió que identificaran y describieran los tipos de contaminantes secundarios resultantes de estos procesos de transformación. Además, se les solicitó que analizaran el impacto ambiental de estos contaminantes secundarios, destacando cómo pueden afectar la calidad del aire, los ecosistemas y la salud humana.

De los recursos informativos sugeridos, todos los grupos decidieron realizar un dibujo, sin embargo, algunos de estos dibujos presentan deficiencias en la organización visual y coherencia en la presentación de la información, lo que dificulta su interpretación y comprensión. Se abordan conceptos como la lluvia ácida y realizan analogías sobre sus efectos, en general, carecen del uso adecuado de conceptos químicos y de los procesos de transformación de contaminantes que se solicitaban en este apartado.

Ilustración 17 Dibujo realizado por el grupo 6



Por otro lado, otro grupo de estudiantes realizaron dibujos más llamativos y detallados. Aunque mencionaron diversos contaminantes junto con sus respectivas fórmulas químicas comprendiendo la diferencia entre estos, al igual que los grupos anteriores, no profundizaron en los procesos de transformación ni proporcionaron claridad sobre las afectaciones de los contaminantes primarios y secundarios.

Ilustración 18 Dibujo realizado por el grupo 8



Finalmente, se destaca que algunos grupos lograron realizar dibujos llamativos y detallados. En estos dibujos, identificaron diversas fuentes de contaminación primaria y los compuestos específicos que emiten, como fábricas con óxidos de carbono y azufre, y fuentes móviles que producen óxidos de nitrógeno. Además, los estudiantes explicaron cómo, a través de procesos

como la interacción del agua en la troposfera y la radiación solar, se forman contaminantes secundarios. Detallaron también los mecanismos de transporte de estos contaminantes en la atmósfera.

Por ejemplo, señalaron que algunos contaminantes secundarios como los que contribuyen a la lluvia ácida pueden afectar negativamente cuerpos de agua y bosques cercanos. Esta comprensión muestra un análisis más completo de cómo los contaminantes primarios pueden transformarse y generar impactos ambientales significativos en diferentes ecosistemas.

Ilustración 19 Dibujo realizado por el grupo 9



Análisis Tercera sesión Actividad 3

Como segunda práctica, se planteó la realización de detectores caseros de aire contaminado que los estudiantes debían construir y utilizar en sus hogares. El objetivo de este experimento fue analizar la calidad del aire en sus entornos habituales, para ello se les solicitó que indicaran la ubicación de su vivienda y los lugares específicos dentro de esta donde colocaron los detectores, explicando la razón por la cual escogieron esas zonas.

En el apartado de observaciones y resultados, los estudiantes debían realizar una comparativa entre los diferentes detectores utilizados. Además, se les pidió que analizaran los factores que pudieron haber contribuido a los resultados observados, tales como la proximidad a fuentes de contaminación, la ventilación de las áreas, la actividad humana en las zonas seleccionadas, y

cualquier otro factor relevante. Este les permitiría comprender las variaciones en la calidad del aire dentro de sus hogares y las posibles causas de dichas variaciones.

Para la correcta ejecución del experimento, se indicó a los estudiantes que debían realizarlo con anticipación (al menos 8 días) para poder observar diferencias significativas en los resultados. Sin embargo, la participación fue baja; solo cuatro grupos llevaron a cabo el experimento, y de estos, únicamente dos lo ejecutaron correctamente, los demás estudiantes manifestaron que dejaron los detectores poco tiempo, lo cual se refleja en los resultados.

A continuación, en las ilustraciones se observa los resultados obtenidos por el Grupo 6 y 7, que mantuvieron los detectores de aire durante 15 siguiendo las instrucciones dadas en la guía

Tabla 10 Resultados Grupo 6



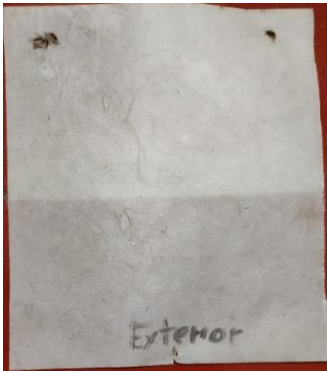
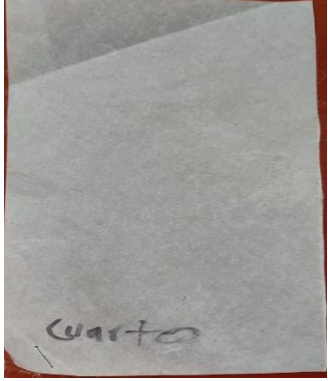
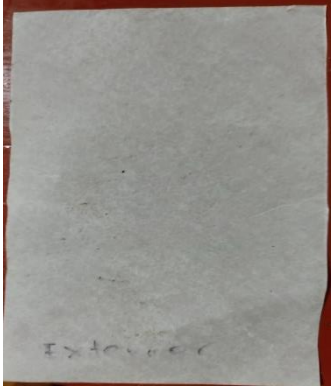
<p><i>Ilustración 20 Resultado del detector ubicado en el cuarto grupo 6</i></p> 	<p><i>Ilustración 21 Resultado del detector ubicado en la cocina grupo 6</i></p> 	<p><i>Ilustración 22 Resultado del detector ubicado en el exterior grupo 6</i></p> 
<p>“Se observa muy poco polvo”</p>	<p>“Se pueden observar partículas de grasa y un poco de polvo en el ambiente”</p>	<p>“En el ambiente se ve el polvo y otras cosas extrañas que son como polvo pero de otro color”</p>

Tabla 11 Resultados grupo 7

<p><i>Ilustración 23 Resultado del detector ubicado en el cuarto grupo 7</i></p> 	<p><i>Ilustración 24 Resultado del detector ubicado en el exterior grupo 7</i></p> 
<p>“Se observó que la hoja no presentó cambios”</p>	<p>“Hay cambios en la tonalidad por las partículas de polvo”</p>

En el apartado de observaciones y resultados, los estudiantes demostraron una comprensión de los cambios en los detectores de aire, identificando actividades específicas que pueden influir en la calidad del aire dentro y fuera de los hogares. Mencionaron cómo la cocción de alimentos en la cocina contribuye a la presencia de grasa en el aire, y cómo actividades de limpieza como barrer y la acumulación de polvo en las cobijas y ropa afectan la calidad del aire en las habitaciones. Además, los estudiantes observaron que las construcciones aledañas y otras fuentes de contaminación, como el humo de vehículos y la comida callejera, contribuyen a una mezcla de contaminantes en el aire exterior. Estas observaciones se reflejan en los resultados obtenidos. En el apartado de conclusiones, los estudiantes mencionan la importancia de considerar la ventilación en espacios cerrados para favorecer un flujo de aire adecuado, destacando que una buena ventilación puede reducir la acumulación de contaminantes internos como el polvo y la grasa generada por la cocción de alimentos. Además, recalcan la influencia de las construcciones en la generación de partículas, atribuyendo a estas actividades la razón de los cambios de tonalidad observados en los detectores de aire. También se menciona el humo de los carros como una fuente significativa de contaminación externa, enfatizando la importancia de tomar medidas para minimizar la exposición a estos contaminantes.

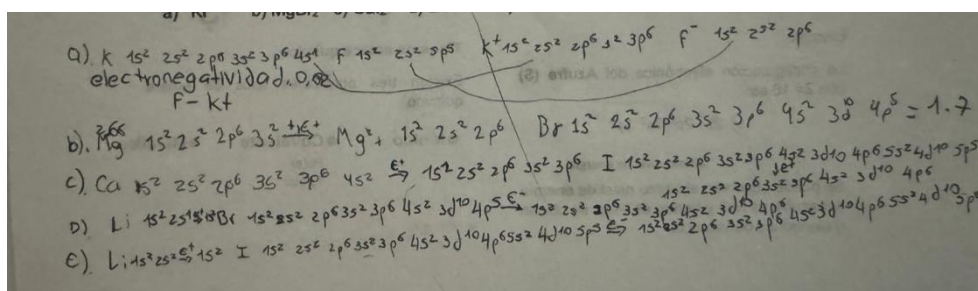
Por otro lado, los demás grupos al dejar los detectores de aire durante un corto período de tiempo no observaron diferencias significativas. Mencionaron que, aunque hay presencia de compuestos que contribuyen a la contaminación del aire en su entorno, reconocieron que el tiempo de exposición no fue suficiente para detectar cambios notables. Sin embargo, concluyeron resaltando la importancia de identificar las fuentes de contaminación, señalando que estas pueden estar incluso dentro de los hogares.

Análisis cuarta sesión Guía Enlace Químico

Para este momento de la implementación, se llevó a cabo un taller conceptual sobre: Enlace químico. La actividad tenía como objetivo que los estudiantes, organizados en grupos, aplicaran su conocimiento mediante el análisis de cinco compuestos, dentro del taller los estudiantes realizaron los siguientes apartados: Configuración electrónica, determinar tipo de enlace químico y representación en estructura de Lewis.

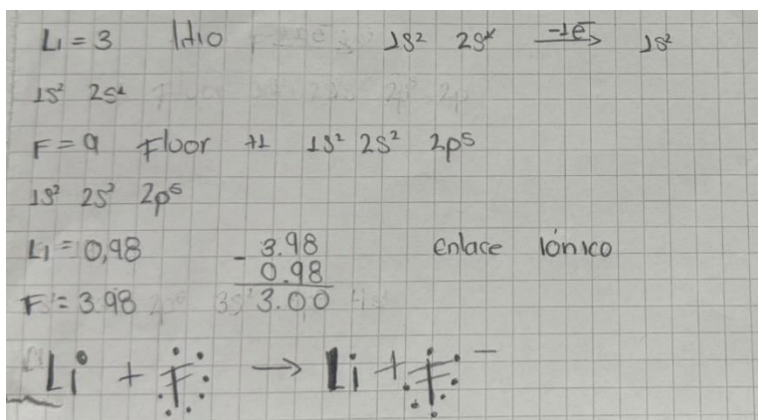
En resumen, el taller permitió a los estudiantes profundizar en la comprensión teórica del enlace químico. A manera general, los resultados de la actividad arrojaron que los estudiantes lograron realizar correctamente la configuración electrónica de los elementos representativos en cada compuesto. Sin embargo, se observó una dificultad notable en la utilización de la diferencia de electronegatividad para la identificación del tipo de enlace químico.

Ilustración 25 Respuesta del grupo 6



Como se puede observar en la ilustración 26, los estudiantes no responden a los criterios que se dieron para la resolución del taller, solo realizaron el ejercicio de la configuración electrónica, cabe destacar que, la resolución de este grupo fue acertada, lo cual, lleva establecer que si lograron una extracción del concepto de configuración electrónica y su aplicación.

Ilustración 26 Resultados del grupo 3



A modo de comparación, y remitiéndonos a la ilustración 27, se destaca que este grupo fue el único grupo que mencionó correctamente el tipo de enlace en uno de los compuestos analizados. Este logro es significativo porque demuestra una comprensión en los conceptos de electronegatividad y tipo de enlace, esto en modo de comparación con los otros grupos de trabajo. Además, este grupo no solo acertó en la identificación del tipo de enlace, sino que también fue preciso en la resolución de los otros apartados de la actividad, como la configuración electrónica y la representación de Lewis.

Análisis Quinta sesión Taller Enlaces Químicos: Caso de Estudio

En esta actividad se presenta un caso de estudio centrado en el análisis de problemas ambientales en Bogotá, específicamente en la contaminación del aire. Se mencionan diversas fuentes comunes de contaminación primaria en la ciudad y sus procesos de transformación en contaminantes secundarios, además de las afectaciones tanto en la ciudad como en zonas aledañas o cuerpo de agua. También se abordan problemas recientes, como los incendios forestales. A partir de esta información, los estudiantes debían identificar los compuestos mencionados en la lectura, elaborar sus respectivas estructuras de Lewis y crear un diagrama de causa y efecto que ilustre las relaciones entre los procesos químicos descritos y sus impactos en la calidad del aire y la salud pública.

En el primer apartado del taller, los estudiantes debían identificar los contaminantes mencionados en la lectura y posteriormente realizar las estructuras de Lewis de estos compuestos. A diferencia de la cuarta sesión, en esta ocasión la mayoría de los grupos siguieron las instrucciones y lograron realizar correctamente las estructuras de Lewis. Este proceso no solo permitió a los estudiantes

practicar la identificación y representación de elementos y compuestos, también les ayudó a reconocer los contaminantes, como se observa en las siguientes ilustraciones.

Ilustración 27 Estructuras realizadas por el grupo 6

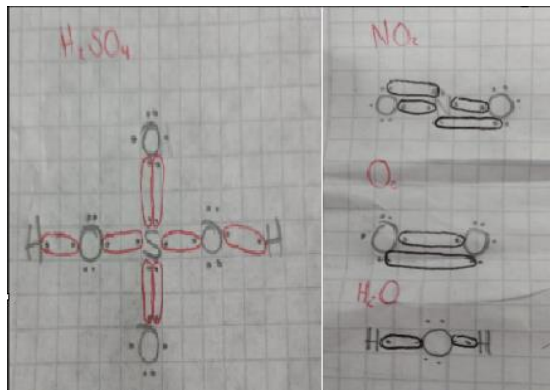
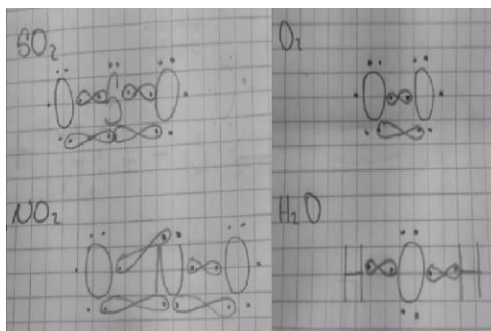
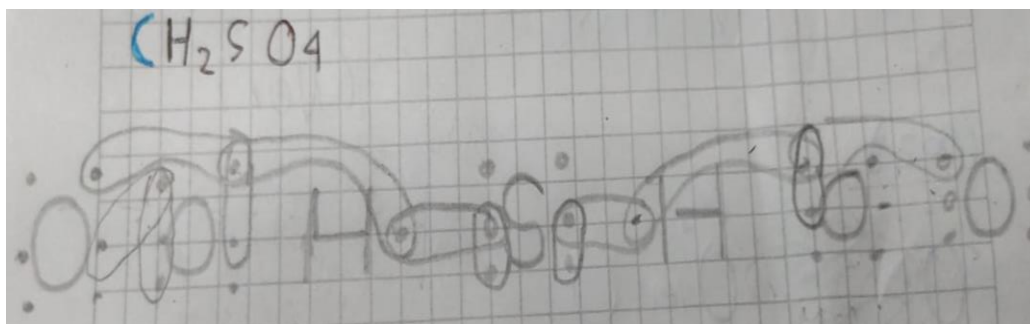


Ilustración 28 Estructuras realizadas por el grupo 5



Aunque en menor medida hubo grupos que presentaron dificultades a la hora de dibujar las estructuras de Lewis. Estas dificultades incluyeron tanto en la identificación incorrecta de los elementos, ordenamiento y formación de enlaces como se observa a continuación.

Ilustración 29 Estructuras realizadas por el grupo 5



En la segunda pregunta de diseño del diagrama causa-efecto, se pretendía que los estudiantes integraran la información del estudio de caso con los temas abordados en sesiones anteriores. Los

estudiantes identificaron el problema principal como la "contaminación del aire" y, en cuanto a las causas, ubicaron compuestos contaminantes primarios y las sub-causas como factores que los provocan. Aunque en los diagramas presentaron correctamente los compuestos contaminantes y sus fuentes, solamente un grupo abordó los efectos en problemas de salud pública y el medio ambiente, como se observa en las siguientes ilustraciones.

Ilustración 30 Diagrama causa efecto realizado por el grupo 8

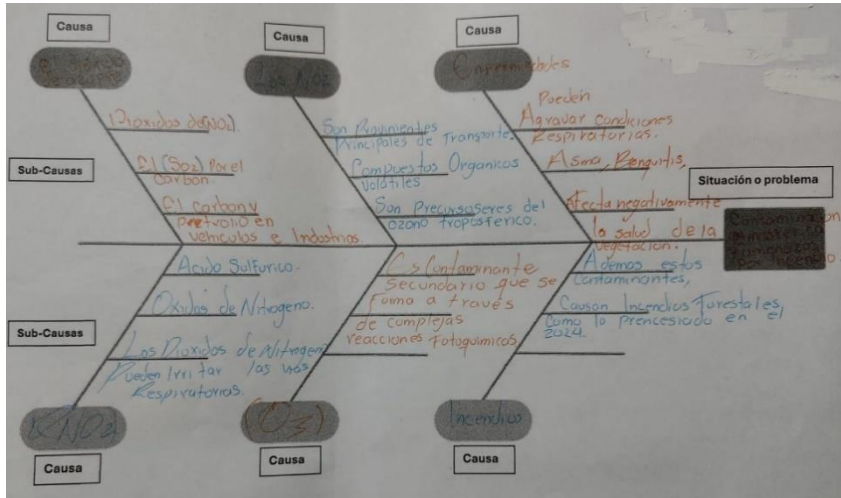
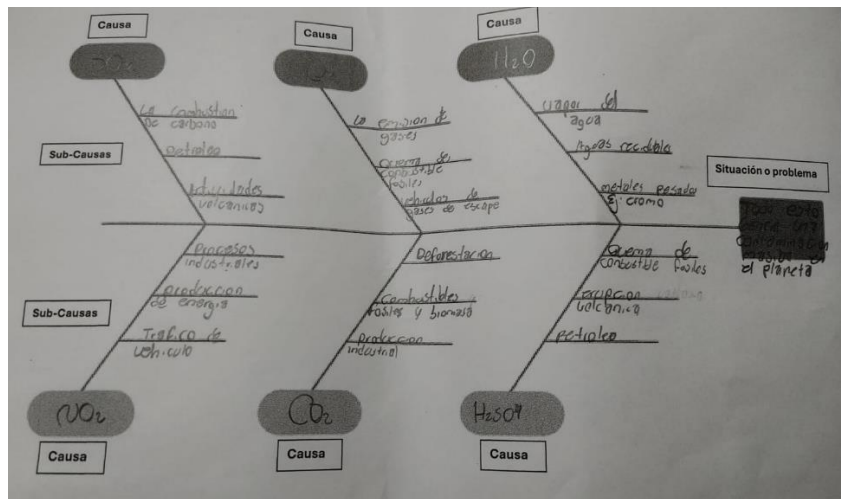


Ilustración 31 Estructuras realizadas por el grupo 9



Análisis Sesión 6 Prueba Final

En la actividad de cierre se les solicitó a los estudiantes realizar un video tipo debate, teniendo como base un estudio de caso "Empresa de quema de maderas". Partiendo de esto, se consolidaron criterios para la presentación del trabajo, donde se tendría en cuenta la investigación y recopilación

de la información, uso de conceptos químicos, y la creación de argumentos reflexivos desde los diferentes roles.

Considerando lo anterior, se parte de un análisis general de los videos presentados. Se destaca que los estudiantes logran un avance en el reconocimiento de sustancias contaminantes y un uso moderado de terminología química, aunque lograron extraer ideas puntuales del estudio de caso, se evidencia la dificultad que tienen en la ampliación de dicha información, conllevando a que sus argumentos generales y con una estructura similar a las fuentes de consulta. Cabe resaltar, que, si bien la actividad del diagrama causa y efecto de la quinta sesión, los estudiantes no lograron ampliar la información suministrada, se destaca que dentro de la actividad final los estudiantes realizaron una revisión que les permitió generar nuevos argumentos en conformidad con la problemática propuesta.

Por otro lado, los videos relacionados al grupo 1 y 6, no cumplieron los criterios establecidos, ya que, dentro de la narrativa, no se evidenció la construcción de argumentos sólidos para el debate, además de no establecer roles. Con esto, los estudiantes no logran identificar conceptos claves inmersos en el estudio de caso, como tampoco el uso de lenguaje científico, ya sea en el reconocimiento de compuestos, reacciones químicas involucradas y la relación de estas con la problemática. Puntualizando el grupo 6, menciona datos que reflejan una investigación generalizada sobre los procesos industriales, no obstante, no tiene a consideración la idea central y su relación con la temática abordada en las sesiones pasadas.

Para los grupos 2 y 7, se reconoce que los estudiantes muestran interés en el estudio de caso y la temática abordada, pero presentan dificultades en nombrar compuestos y su relación con problemáticas específicas de la contaminación del aire. A pesar de haber establecido roles, los argumentos utilizados fueron mayormente generalizados y en algunos casos similares al caso de estudio, lo cual sugiere que los estudiantes no realizaron una clasificación ni una búsqueda exhaustiva de la información, generando así argumentos sesgados.

Se destaca que los estudiantes mencionaron la transformación de contaminantes primarios a secundarios, sin embargo, no utilizaron un lenguaje químico adecuado, como la descripción de reacciones químicas a partir de los reactivos. Al momento de mencionar los aspectos desfavorables que llegan a tener los procesos industriales, asemejan los compuestos como sustancias tóxicas, sin considerar que dichas sustancias hacen parte dentro del equilibrio de los ecosistemas. Sin embargo,

los estudiantes mencionaron temas legislativos relacionados con la calidad del aire y los parámetros que deben cumplirse.

Respecto a los grupos 3 y 9, se logra evidenciar que los estudiantes presentan en sus argumentos una relación en torno a compuestos y su interacción en un ambiente. A partir de la problemática, los estudiantes proponen estrategias de mejora como el aprovechamiento de residuos generados por la fábrica con el fin de mitigar el impacto ambiental y apoyar otro tipo de industrias. Algunas de estas estrategias incluyen el uso de filtros de partículas, tecnología de combustión más limpia, control de emisiones de gas, biomasa sostenible y energías renovables. Se destaca que los estudiantes reconocen la importancia de la empresa, no solamente mencionando los aspectos de los beneficios económicos, sino también considerando el impacto ambiental y social.

Sumado a esto, en sus argumentos se mencionan temas relacionados con la salud pública, específicamente en torno a enfermedades respiratorias. Los estudiantes detallan la transformación de los contaminantes mediante la reacción con el agua presente en la troposfera y la luz solar, mencionando así contaminantes secundarios como el ozono troposférico, el ácido sulfúrico que genera la lluvia ácida y los compuestos orgánicos volátiles. Cabe resaltar que los estudiantes ya presentan un uso del lenguaje químico apropiado para la justificación de su posición frente al debate, además de demostrar una investigación externa a la proporcionada en el estudio de casos.

Finalmente, dentro de las propuestas de debate, se refleja que los estudiantes presentan dificultad en la ejecución de una actividad tipo debate, puesto que no establecen una posición clara que les permita defender o refutar las nociones de otros compañeros. Se rescata que los grupos presentaron una conclusión en el debate. A manera de recomendación, proponen estrategias como encontrar un equilibrio entre el desarrollo económico y la protección del ambiente, la promoción de tecnologías limpias y el desarrollo sostenible, de acuerdo con esto se propone una tabla de clasificación final, donde se puede evidenciar las fortalezas y debilidades de los estudiantes al finalizar la implementación de la unidad didáctica.

Tabla 12. Niveles al finalizar implementación

Unidad de análisis	Categorías	Criterio en que se ubican los estudiantes
		Medio

DOMINIO CONCEPTUAL	Comprensión y reconocimiento de la contaminación del aire	Los estudiantes pese a que se encuentran en el mismo nivel, se destaca que comprenden y establecen relaciones entre los diversos contaminantes primarios, reconociendo sus principales fuentes de emisión y propagación, no obstante, presentan dificultad a la hora de abordar los efectos de los contaminantes secundarios y sus efectos en el ambiente.
	Efectos en la salud	Bajo
		Los estudiantes, aunque llegan a comprender los efectos en la salud utilizando la información proporcionada, solo abordan los efectos respiratorios de forma general y no consideran otras afectaciones a la salud.
Procesos químicos	Medio	
	Se observa una mejoría en esta categoría, debido a que reconocer la formación, estructuras y propiedades generales de los contaminantes secundarios. Reconocen procesos químicos básicos que afectan la calidad del aire, identificando compuestos relevantes. Sin embargo, presentan dificultades para explicar cómo estos contaminantes afectan el medio ambiente.	
ENFOQUE CTSA	Problemáticas asociadas	Medio
		En esta categoría avanzan a un nivel medio, ya que logran establecer la existencia de diversos tipos de contaminantes y pueden identificarlos. Sin embargo, no logran describir las otras afectaciones que estos contaminantes generan. Aunque hacen un mapeo de la evolución de las tecnologías, se limitan a los aspectos positivos y no consideran cómo estas intervienen negativamente en el ambiente. Reconocen que la contaminación del aire puede

		afectar los ecosistemas, la biodiversidad, la salud humana y otros aspectos ambientales relevantes, pero carecen de coherencia y consistencia en la argumentación de los procesos fisicoquímicos involucrados en esta problemática.
	Implicaciones sociales	<p>Medio</p> <p>Se observa una mejoría debido a que reconocen que las prácticas industriales tienen un impacto significativo, desde la generación de contaminantes hasta su importancia en la sociedad. Mencionan el uso de estrategias que permitan el equilibrio entre la sociedad y el ambiente. También reconocen las afectaciones sociales, incluyendo problemas de salud pública, pérdidas económicas y disminución de la calidad de vida, aunque estos análisis tienden a ser generales.</p>
HABILIDAD DE PENSAMIENTO CRITICO	Análisis y evaluación de la información	<p>Medio</p> <p>En este nivel, los estudiantes logran avanzar en el análisis y uso de la información, se evidencia que investigan, aunque a menudo replican ideas sin evaluarlas críticamente. Realizan un análisis limitado de la información sobre la contaminación del aire y los problemas ambientales, comprenden algunos conceptos básicos y reconocen fuentes confiables, pero tienen dificultades para profundizar en la información.</p>
	Argumentación	<p>Bajo</p> <p>En este nivel, los estudiantes poseen fundamentos teóricos y comunican la importancia de la conservación ambiental buscando evidencia relevante. Sin embargo, presentan dificultades para formular argumentos con una estructura clara y</p>

		coherente, estos carecen de originalidad y profundidad. A pesar de estas limitaciones, se observa cierta mejoría en su comprensión y enfoque.
	Toma de decisiones	Bajo
		En cierta medida, se promovió la habilidad de los estudiantes para proponer alternativas frente a problemáticas ambientales, aunque no se abordó en su totalidad, ya que inicialmente se buscó dar prioridad a otras habilidades. En las actividades, los estudiantes presentaban ideas generalizadas y, aunque se observa un avance en sus argumentos, les resulta difícil proponer soluciones específicas y realistas. Además, tienden a tomar posturas radicales, lo que dificulta la formulación de propuestas aplicables y realistas.

9. CONCLUSIONES

Partiendo de la implementación de la prueba Likert, se identificó que, a nivel conceptual que los estudiantes comprenden y reconocen la problemática de manera general, aunque reconocen ciertos contaminantes comunes y sus fuentes de emisión, además, se identificó que presentan falencias en el reconocimiento de estructuras moleculares, lo cual les impide identificar los tipos de enlace en las moléculas. Sumado a esto, el grupo no reconoce las posibles transformaciones de los contaminantes que lograron identificar y sus afectaciones como contaminantes secundarios. Los estudiantes reconocen que los problemas ambientales afectan su vida diaria y están conscientes de los efectos negativos de la contaminación del aire en la salud humana, especialmente en términos de enfermedades respiratorias. No obstante, presentan un conocimiento generalizado y no buscan establecer relaciones entre los problemas ambientales y otros factores como los económicos y sociales.

En cuanto a las habilidades de pensamiento crítico, identificadas en el instrumento inicial, se evidenció que los estudiantes no generan argumentos sólidos ni establecen relaciones claras entre el ambiente, las problemáticas ambientales y la salud humana. En relación con la toma de decisiones, sus propuestas de mitigación replican discursos comunes sin formular soluciones prácticas. Esto refleja una dificultad en la estructuración de propuestas concretas y viables. Con base en estos hallazgos, se concluye que los estudiantes presentaron un nivel bajo en habilidades de pensamiento crítico, lo cual se tomó como base para el diseño de actividades específicas dentro de la unidad didáctica para fortalecer estas habilidades, enfocándose en el análisis de la información, la argumentación y la toma de decisiones.

Se propuso una unidad didáctica con diversas actividades que buscaban fomentar la comprensión de procesos fisicoquímicos desde el reconocimiento de los contaminantes, sus fuentes de emisión, sus procesos de transformación como contaminantes secundarios, y los efectos de estos tanto en la salud humana como en el medio ambiente. Abordando esta problemática de forma integral mediante un enfoque CTSA (Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente), se pretendía que los estudiantes comprendieran las implicaciones sociales de la contaminación del aire.

La implementación de esta unidad buscó desarrollar habilidades de pensamiento crítico en los estudiantes. Los resultados al finalizar la unidad evidencian que, aunque los estudiantes lograron fortalecer algunas habilidades, persisten ciertas dificultades. Según los niveles establecidos en la

matriz de evaluación. En el análisis de la información, los estudiantes avanzaron a un nivel medio, comprendiendo los conceptos involucrados en la problemática y demostrando una intención de ampliar esta información mediante la búsqueda en bases de datos.

En contraste, las habilidades de argumentación y toma de decisiones siguen clasificándose en un nivel bajo, aunque se evidenció una mejoría en estas áreas. Esta mejoría, aunque significativa, aún no es suficiente para clasificarlas como de alto nivel, lo que sugiere la necesidad de continuar trabajando en estas habilidades.

La caracterización inicial de las habilidades de pensamiento crítico de los estudiantes permitió identificar puntos clave que debían ser abordados durante la unidad didáctica. La implementación de la unidad, diseñada con un enfoque CTSA, permitió a los estudiantes conectar los conceptos químicos con su contexto cotidiano, reconociendo no solo la contaminación del aire, sino también las interacciones sociales y ambientales. A pesar de que no se lograron todas las habilidades al nivel superior propuesto en la matriz de evaluación, se evidenció un avance que responde a los objetivos de la investigación. Este progreso sugiere que, aunque no se cumplieron completamente todos los estándares establecidos, la unidad didáctica permitió fomentar una comprensión más profunda de la problemática. Sin embargo, es evidente que se requiere un enfoque continuo para que los estudiantes logren desarrollar estas habilidades.

10. RECOMENDACIONES

Para futuros trabajos de investigación relacionados con el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico con enfoque CTSA, se recomienda ajustar el número de habilidades de pensamiento crítico en función del tiempo previsto para la aplicación, junto a la carga horaria de la asignatura. Siendo esta, una limitación de este trabajo de grado. Por otro lado, se recomienda que para la introducción de cada núcleo problema se aborde desde un trabajo práctico con el fin de generar interés en los estudiantes.

Al concluir cada actividad, es recomendable proporcionar un espacio donde los estudiantes puedan compartir sus nociones y experiencias durante el desarrollo de esta. Esta práctica no solo permite evaluar la comprensión de los estudiantes, sino que también fomenta la reflexión y el intercambio de ideas, enriqueciendo el proceso de aprendizaje. Se sugiere considerar un mayor seguimiento y apoyo para las tareas fuera del aula o, alternativamente, integrar más actividades dentro del horario de clase para asegurar que todos los estudiantes participen y cumplan con las expectativas.

A modo de cierre, abordar problemáticas ambientales en relación con temáticas de química ofreció una alternativa para comprender y relacionar conceptos desde diferentes aspectos de la vida cotidiana de los estudiantes. Este enfoque interdisciplinario no solo facilita una comprensión más amplia de los problemas ambientales, sino que también ayuda a los estudiantes a ver la relevancia de la química en la resolución de problemas reales.

11. ANEXOS

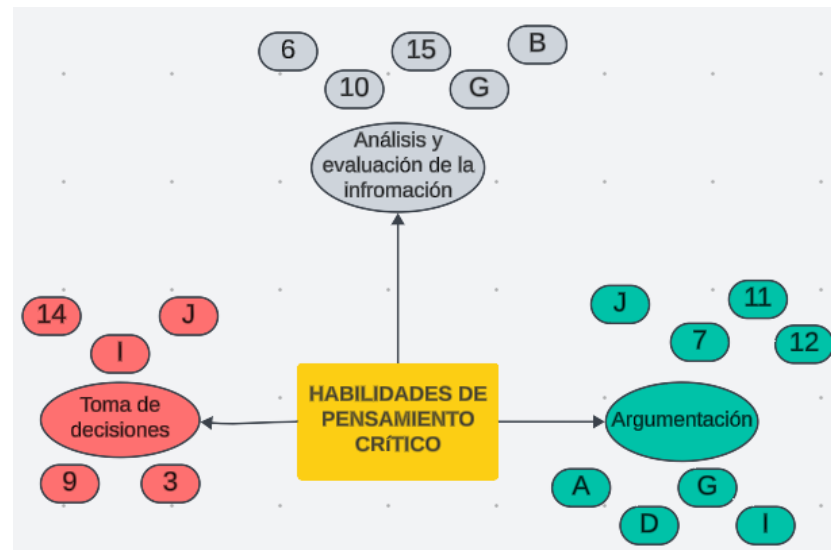
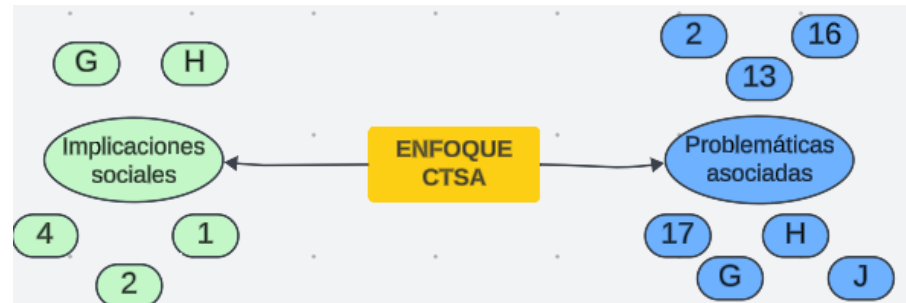
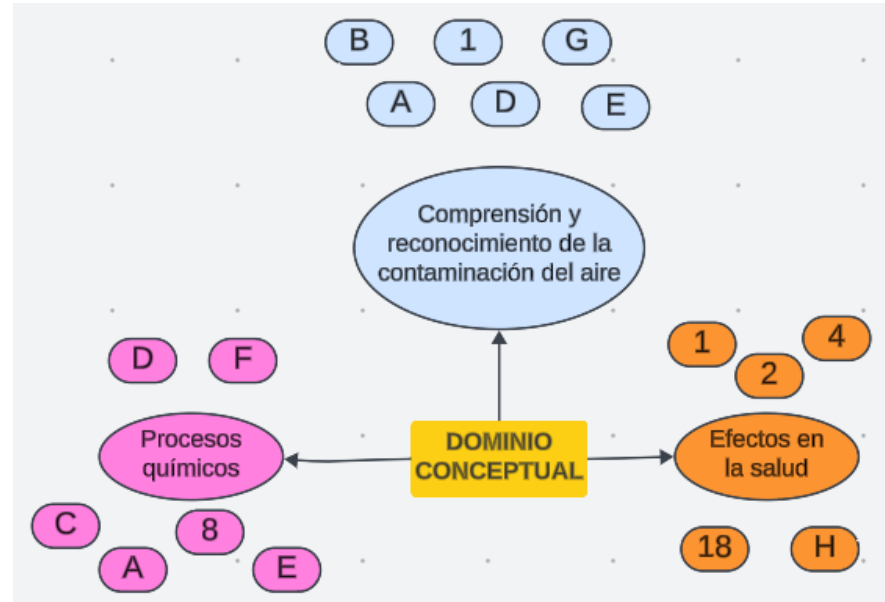
11.1. Ficha Técnica Matriz de Análisis

FICHA TÉCNICA PRUEBA INICIAL

TÍTULO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	DESARROLLO DE HABILIDADES DE PENSAMIENTO CRÍTICO COMO EL ANÁLISIS, ARGUMENTACIÓN Y TOMA DE DECISIONES DESDE LA PROBLEMÁTICA DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE
OBJETIVO DE INVESTIGACIÓN	Fomentar en estudiantes de grado décimo habilidades de análisis de información, argumentación y toma de decisiones como parte del pensamiento crítico, al establecer relaciones entre fundamentos químicos y la problemática ambiental.
UNIVERSO	Colegio Carlos Pizarro Leongómez (IED) ubicado en la localidad de Bosa en la ciudad de Bogotá
PARTICIPANTES	Estudiantes de grado décimo
MUESTREO	37
OBJETO DE ESTUDIO DEL INSTRUMENTO	Identificar las concepciones y conceptos iniciales de los estudiantes sobre la contaminación atmosférica, incluyendo su definición, la capacidad para analizar compuestos y fuentes de contaminación, así como reconocer actitudes, percepciones y prácticas relacionadas con los problemas ambientales. Además, clasificar la habilidad del estudiante para analizar y evaluar la información de manera crítica al argumentar y tomar una postura frente al tema.
INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN	La prueba diagnóstica se divide en dos partes. En la primera parte, se presenta un cuestionario tipo Likert con 18 ítems. Cada ítem ofrece una escala que va desde “Totalmente de acuerdo” hasta “Totalmente desacuerdo”. En la segunda parte de la prueba, se incluyen 3 preguntas de selección múltiple y 6 preguntas abiertas. Esta estructura permite abordar tanto la medición de actitudes y opiniones mediante la escala Likert, como la evaluación de conocimientos mediante preguntas específicas. Este instrumento abarca conceptos relacionados con la contaminación atmosférica, y explora las aptitudes de los estudiantes frente a problemáticas ambientales.

CATEGORÍA DE LAS PREGUNTAS

Cada pregunta formulada en la evaluación inicial ofrece una respuesta asociada a una categoría de unidad de análisis, como se detalla en los siguientes diagramas; Dominio conceptual, Enfoque CTSA y Habilidades de pensamiento crítico.



ANÁLISIS DE DATOS	El instrumento será analizado de forma cualitativa, buscando evidenciar el nivel de comprensión de los conceptos relacionados con la contaminación atmosférica. Además, se determinarán las actitudes y percepciones de los estudiantes en relación con el manejo y análisis de la información, así como su comportamiento y toma de decisiones ante las problemáticas ambientales.
-------------------	---

12. BIBLIOGRAFÍA

- Araujo Pulido, G. (2010). Contaminación ambiental y sus efectos sobre la salud. *Viva salud*.
- Arteaga Valdés, E., Armada Arteaga, L., & Martínez, J. (2016). La enseñanza de las ciencias en el nuevo milenio. Retos y sugerencias. *Universidad y Sociedad*, 169-176.
- Ballester, F. (2005). Contaminación atmosférica, cambio climático y salud. *Revista Española de salud pública*, 159-175.
- Cangalaya Sevillano, L. (2020). Habilidades de pensamiento crítico en estudiantes universitarios a través de la investigación. *Desde el sur*, 141-153.
- Carvajal Chalarca, G. I., & Valencia González, G. (2016). Toma de decisiones en el aula escolar. *Plumilla Educativa*, 69-89.
- Castilla, E., & Miranda, R. (2019). Proyecto PRAE, estrategia pedagógica de sensibilización y Cuidado del Medio Ambiente. Obtenido de <https://repositorio.cuc.edu.co/handle/11323/2987>
- Causado, R., Blanca, S., & Calderón, I. (2015). Desarrollo del pensamiento crítico en el área de ciencias naturales en una escuela de secundaria. *Revista Facultad de Ciencias Universidad Nacional de Colombia*, 17-42.
- Chang, R., & Goldsby, K. (2016). *Química 12e*. McGraw Hill Educación.
- Connor, J. (2015). Educación en las ciencias para el siglo XXI. *Padres y Maestros*, 13-16. Obtenido de <https://revistas.comillas.edu/index.php/padresymaestros/article/view/6002>
- Córdova Jiménez, A., Velásquez Rivera, M., & Arenas Witker, L. (2016). El rol de la argumentación en el pensamiento crítico y en la escritura epistémica en biología e historia: aproximación a partir de las representaciones sociales de los docentes. *Alpha (Osorno)*, 39-55.
- Facione, P. (2007). Pensamiento Crítico: ¿Qué es y por qué es importante? *Insight assessment*, 23-56.
- Facione, P. (2007). Pensamiento Crítico: ¿Qué es y por qué es importante? *Insight assessment*, 23-56.
- Fernandes, I., Pires, D., & Villamañan, R. (2014). Educación Científica con enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad-Ambiente. Construcción de un Instrumento de Análisis de las Directrices Curriculares. *Formación Universitaria*, 23-32.
- Fernández Gonzáles, J., Moreno Jiménez, N., & Rodríguez García, T. (1999). *¿Cómo hacer unidades didácticas innovadoras?* Sevilla: Diada Editora.

- Fuller, R., Landrigan, P., Balakrishnan, K., Bathan, G., Bose-O'Reilly, S., Brauer, M., . . . Yan, C. (2022). Pollution and health: a progress update. *The Lancet Planetary Health*, 535-547.
- García Ruiz, A., & Castro Guío, M. (2009). Aplicación del enfoque ciencia, tecnología, sociedad y ambiente ante problemas reales: El deshielo del ártico. *Enseñanza de las ciencias*, 1081-1087.
- García, A. (2005). Relaciones CTS en el estudio de la contaminación atmosférica: una experiencia con estudiantes de secundaria. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*.
- Huheey, J., Keiter, E., & Keiter, R. (1997). *Química inorgánica: Principios de estructuras y reactividad*. Alpha Omega.
- IDEAM. (2021). *Informe de la Calidad del Aire*. Bogotá.
- IQAir. (2023). *Mapa mundial interactivo de 2022 de las concentraciones de PM2.5 por ciudad*. Obtenido de IQAir: <https://www.iqair.com/es/world-air-quality-report>
- Latorre, A. (2004). La investigación-acción. Conocer y cambiar la práctica educativa.
- Lupián, T., & Teresa, P. (2014). La contaminación atmosférica: un contexto para el desarrollo de competencias en el aula de secundaria. *Enseñanza de las ciencias*, 159-177.
- Madrid González, L. (2019). La investigación-acción en el aula de interpretación. . *Traducción y sostenibilidad cultural: Sustrato, Fundamentos y Aplicaciones*, 253-262.
- Manisalidis, I., Stavropoulou, E., Stavropoulos, A., & Bezirtzoglou, E. (2020). Environmental and health impacts of air pollution. *Frontiers in public health*, 14.
- Martínez Miguélez, M. (2005). El Método Etnográfico de Investigación.
- Martínez, L. F. (2014). Cuestiones sociocientíficas en la formación de profesores en ciencias: aportes y desafíos. *Tecné, Episteme y Didaxis*, 77-94.
- Martínez, L., Peñal, D., & Villamil, Y. (2007). Relaciones ciencia, tecnología, sociedad y ambiente a partir de casos simulados: Una experiencia en la enseñanza de la química. *Ciência & Ensino*.
- Ministerio de Educación Nacional. (2004). *Estándares Básico de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales*. Obtenido de Mineducación: https://www.mineducacion.gov.co/1780/articulos-81033_archivo_pdf.pdf
- Ministerio de Educación Nacional. (2016). *Derechos Básicos de Aprendizaje Ciencias Naturales*. Obtenido de Colombia Aprende: https://www.colombiaprende.edu.co/sites/default/files/files_public/2022-06/DBA_C.Naturales-min.pdf
- Miranda Beltrán, S., & Ortiz Bernal, J. (2020). Los paradigmas de la investigación: un acercamiento teórico para reflexionar desde el campo de la investigación educativa. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*.
- Montenegro Vallejos, G., & Bejarano Chamorro, J. (2013). La Creatividad en la educación para la toma de decisiones. *Revista UNIMAR*, 115-129.

- Murillo Pacheco, H. (2010). Misión del docente: propiciar en el estudiante aprendizajes significativos. *Enfermería Universitaria*, 42-52.
- Observatorio Nacional de Salud. (2018). *Carga de Enfermedad Ambiental en Colombia Decimo Informe Tecnico Especial*. Bogotá.
- Osseiran, N., & Lindmeier, C. (2 de Mayo de 2018). *World Health Organization*. Obtenido de <https://www.who.int/es/news/item/02-05-2018-9-out-of-10-people-worldwide-breathe-polluted-air-but-more-countries-are-taking-action>
- Osses Bustingorry, S., Sánchez Tapia, I., & Ibáñez Mansilla, F. (2006). Investigación Cualitativa en educación: Hacia la generación de la teoría a través del proceso analítico. *Estudios Pedagógicos*, 119-133.
- Pane, M. (2013). Apathy towards Environmental Issues, Narcissism, and Competitive View of the World. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 44-52.
- Paul, R., & Elder, L. (2005). Estándares de Competencia para el Pensamiento Crítico. Estándares, Principios, Desempeño, Indicadores y Resultados Con una Rúbrica Maestra en el Pensamiento Crítico.
- Pey, J., Villa, I., & Mazas, B. (2022). El aire que respiramos: diseño y desarrollo de un proyecto sobre contaminación atmosférica para trabajar las destrezas científicas. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 157-171.
- Posada, O. (2017). Impacto de la contaminación atmosférica en la escuela, una realidad que debemos afrontar. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11371/1303>
- Rodríguez Gómez, G., Gil Flores, J., & García Jiménez, E. (s.f.). Metodología de la investigación cualitativa.
- Saladino García, A. (2012). Pensamiento crítico. *Conceptos y fenómenos fundamentales de nuestro tiempo*.
- Sánchez Mejía, L., González Abril, J., & García Martínez, Á. (2013). La argumentación en la enseñanza de las ciencias. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos (Colombia)*, 11-28.
- Secretaria Distrital de Ambiente. (2020). *Inventaria de emisiones de Bogotá, contaminantes atmosféricos*. Bogotá.
- Torres Merchán, N. Y. (2011). Enfoque CTSA desde una perspectiva freireana: contribuciones a una educación para el desenvolvimiento sustentable. *Educación y Ciencia*, 181-192.
- Torres Santomé, J. (1998). Elaboración de unidades didácticas integrales. *Globalización e interdisciplinariedad: el curriculum integrado*, 220-264.