

**AMBIENTALIZACIÓN DEL CONTENIDO EN QUÍMICA: EL IMPACTO DEL RODIO,
EL METAL NATURAL MÁS CARO DEL MUNDO**

JERSSON ARBEY MORA CLAVIJO

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
LICENCIATURA EN QUÍMICA
BOGOTÁ, D.C., 2025**

**AMBIENTALIZACIÓN DEL CONTENIDO EN QUÍMICA: EL IMPACTO DEL RODIO,
EL METAL NATURAL MÁS CARO DEL MUNDO**

JERSSON ARBEY MORA CLAVIJO

Código: 2018215047

Trabajo de grado para optar por el título de
Licenciado en Química

Directora: Dra. Diana Lineth Parga Lozano
Línea: Didáctica de los contenidos
curriculares. Grupo Alternancias

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
LICENCIATURA EN QUÍMICA
BOGOTÁ, D.C., 2025

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	4
1. PRIMER CAPÍTULO: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	7
1.1. Descripción del problema y pregunta	7
1.2. Justificación de la investigación.....	10
1.3. Objetivos de la investigación	13
1.3.1. Objetivo general.....	13
1.3.2. Objetivos Específicos	13
2. SEGUNDO CAPÍTULO: MARCO CONCEPTUAL.....	13
2.1. Antecedentes de investigación	13
2.2. Referente conceptual	18
2.2.1. Enseñanza de la química.....	18
2.2.2. Enseñanza de los metales en el ámbito escolar	20
2.2.3. Ambientalización del contenido.....	22
2.2.4. Cuestiones socio científicas	24
2.2.5. El papel de los libros de texto	26
3. TERCER CAPÍTULO. MARCO METODOLÓGICO	29
3.1. Enfoque, Paradigma y Método de investigación	29
3.2. Documentos analizados	30
3.3. Fases de la investigación, técnicas e instrumentos para recolectar la información	30
3.4. Categorías de análisis y análisis de la información	31
3.5. Aspectos éticos y de calidad de la investigación	32
4. RESULTADOS Y ANALISIS.....	33
4.1. Resultados y análisis de la fase 1	33
4.2. Resultados y análisis de la fase 2	36
4.2.1. Categoría N1: Currículo y contenido	38
4.2.2. Categoría N2: Abordaje del concepto metal desde los objetivos	39
4.2.3. Triangulación de la fase 2	40
4.3. Análisis general de la Fase 2.....	43
4.4. Análisis de la fase 3.....	45
7. REFERENCIAS	52
8. ANEXOS.....	57

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mi esposa Cindy Cruz, cuya compañía, apoyo y fortaleza han sido el motor que me impulsó a culminar este proceso académico. A mi hija Doris Luciana Mora Cruz, por iluminar mis días con su alegría y recordarme siempre la importancia de avanzar con amor y dedicación. Extiendo también mi gratitud a mis padres, Arebalo Mora y Dora Clavijo, quienes con su ejemplo, valores y respaldo constante han guiado cada paso de mi formación personal y profesional. Agradezco igualmente a la Universidad Pedagógica Nacional por brindarme un espacio de crecimiento, reflexión y formación que marcó profundamente mi desarrollo académico. Finalmente, manifiesto mi gratitud a la docente Diana Parga por su orientación, compromiso y acompañamiento, que fueron fundamentales para el desarrollo y culminación de este trabajo.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la enseñanza de la química tiene un compromiso más allá de la transmisión de conocimientos teóricos y técnicos en el contexto escolar, pues la urgencia de afrontar los problemas actuales, entre ellos los ambientales, desde un contexto interdisciplinar a escala mundial ha planteado la necesidad de formar a los estudiantes para que sean capaces de afrontar dichos desafíos, reconfigurando así los contenidos curriculares y promoviendo una enseñanza comprometida con la sustentabilidad a través de la ambientalización de los contenidos, una perspectiva que introduce principios de la educación ambiental en la enseñanza, posibilitando al estudiante desarrollar una comprensión holística y crítica de los procesos químicos en la interacción con el medio ambiente que lo rodea.

La ambientalización de los contenidos implica muchos otros factores que trascienden más allá de la incorporación de asignaturas ambientales al currículo: supone una transformación profunda que da sus primeros pasos cuando se seleccionan los contenidos ligados necesariamente a la metodología de enseñanza y a la forma en la que los estudiantes participarán en el proceso de aprendizaje; dicho enfoque facilitará construir conexiones entre la teoría y la práctica, permitiendo a los estudiantes no solo adquirir conocimientos, sino también comprenderlos y aplicarlos en situaciones prácticas que se asemejen a los desafíos de la vida real en el entorno social y ambiental en el que se desenvuelven. Según lo menciona Parga et al. (2021), un enfoque ambientalizado en la enseñanza de la química podría cambiar la percepción de los estudiantes y hacerles comprender cómo sus acciones y decisiones pueden afectar al medio ambiente, al mismo tiempo que existen motivos para buscar soluciones a problemáticas actuales de forma sustentable.

El presente trabajo está relacionado con el análisis de la ambientalización de contenidos en la enseñanza de la química en cuatro libros de texto: Proyecto Saberes Química 10 editorial Santillana, Competencias Científicas 10 de editorial Santillana, Química Inorgánica I de la editorial Norma y Spin química 10 de Editorial Voluntad destacando la importancia de un enfoque interdisciplinario, una estrategia didáctica que no se limite únicamente a la enseñanza de la química sino que integre principios de la educación ambiental como eje fundamental, lo que a su vez enriquecerá el proceso de aprendizaje de los estudiantes, y sobre todo, formará ciudadanos más conscientes y capaces en lo que respecta a la toma de decisiones que permitan minimizar el impacto producido sobre la naturaleza de la cual somos parte. Es así como la ambientalización del contenido

en la enseñanza de la química mediante una propuesta enfocada en una cuestión sociocientífica asociada al problema del impacto del rodio, puede favorecer estos supuestos: la transformación microcurricular hacia una educación más relevante y comprometida con la realidad actual, además de una enseñanza de la química aplicada al contexto de un problema ambiental.

Desde lo metodológico, esta investigación adopta un enfoque cualitativo dentro de un paradigma interpretativo, empleando de esta manera el método de estudio de caso; así mismo, su desarrollo se estructura en tres fases: la primera consta de un análisis documental que abarcó los niveles macrocurricular, mesocurricular y microcurricular; la segunda es una caracterización de 4 libros de texto ya enunciados y, finalmente, en la última fase, se hizo el diseño de un microcurrículo ambientalizado, articulado a una cuestión sociocientífica (CSC) enfocada en el problema ambiental de la extracción del Rodio, el metal natural más costoso del mundo.

1. PRIMER CAPÍTULO: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción del problema y pregunta

La enseñanza de las ciencias se ha convertido en algo más que una necesidad, entre otras porque se hace imprescindible formar ciudadanos que puedan comprender los problemas actuales de la coyuntura ambiental. En este sentido, se demanda de un currículo ambientalizado como estrategia que procura integrar principios de la educación ambiental en todas las áreas del currículo. Así, por ejemplo, existen, entre otras, propuestas como el aprendizaje basado en proyectos ambientales que fomentan “competencias verdes” tales como la consolidación de conocimientos, habilidades, destrezas y actitudes relacionándolo con los planes de estudio. Mas específicamente en el campo de la enseñanza de la química, la ambientalización es muy importante, ya que esta disciplina es la piedra angular para comprender y hacer frente a los desafíos como la contaminación, cambio climático y agotamiento de recursos que se consideran no renovables (Anastas y Warner, 1998; Matlin et al., 2015).

Asimismo, es preciso mencionar que la química como ciencia, está intrínsecamente relacionada con problemáticas de carácter medioambiental, pues muchos de los procesos que se dan en las grandes industrias o que suceden en cada uno de los hogares, contribuyen en la degradación del medio ambiente. Un ejemplo de esto sería la contaminación industrial y el agotamiento de recursos naturales no renovables, que tienen su origen en síntesis y reacciones químicas (Álvarez, 2024) Mediante este ejemplo, se vislumbra que la enseñanza de la química tiene un papel principal al integrar temas ambientales en diversas disciplinas académicas, promoviendo una visión holística de estos asuntos, así como posibles aportes y soluciones que se puedan llegar a dar. Esta estrategia busca que los estudiantes comprendan cómo las problemáticas ambientales pueden verse implicados en diferentes campos del conocimiento (Rodríguez León, 2022).

Lo anterior es importante considerando la necesidad de reflexionar sobre dichas problemáticas para que a partir de ellas se promueva el desarrollo de habilidades y se permita analizar con los estudiantes, las posibles consecuencias medioambientales de los procesos químicos, proveyéndoles de conocimientos necesarios frente a alternativas más eco amigables y sustentables, pues al ambientalizar la enseñanza de la química, los estudiantes adquieren una mayor variedad de herramientas, comenzando por la concienciación para comprender los desafíos ambientales

actuales, y no solo a enfocarse en los contenidos técnicos de la química; además se favorece su interrelación con el entorno y la sustentabilidad. Este enfoque permite potencializar habilidades clave que facilitan la comprensión de cómo los procesos químicos afectan el ambiente natural y viceversa. Por otro lado, el aprendizaje basado en competencias impulsa a los estudiantes a aplicar su conocimiento químico de manera práctica y crítica en escenarios ambientales reales, lo que los formaría para tomar decisiones fundamentadas (Cruz y Gavilán, 2018) pero, sobre todo, hacia su formación ciudadana (Parga et al., 2021).

La ambientalización del contenido favorece la interacción entre el conocimiento químico y el conocimiento ambiental pues se propone entre otras, la interrelación de las actividades realizadas por los seres humanos y la salud ambiental, promoviendo en los futuros docentes de ciencias una preocupación por el impacto que pueda llegar a tener su trabajo (Parga, 2021). Ejemplo de lo anterior sería tener estudiantes que se nutren de herramientas y conocimientos sobre la química verde, tales como diseño de trabajos prácticos de laboratorio más eficientes, la reducción de desechos con su adecuada disposición final y el uso de reactivos o materias primas renovables, los cuales además de fortalecer la habilidad de proponer solución a algunas problemáticas medioambientales, puede llegar a coincidir con los objetivos que persigue la sustentabilidad (Anastas y Warner, 1998).

La ambientalización del contenido en la enseñanza de la química supone una oportunidad para fomentar formular soluciones innovadoras que le apunten a mitigar los efectos negativos sobre el ambiente, pudiendo de paso, inspirar a estudiantes a que diseñen y propongan alternativas sustentables a los procesos químicos tradicionales (Álvarez, 2024; Choi, 2020) teniendo como posible resultado el desarrollo de aspectos como la energía renovable, proyectos de ciencia en la escuela así como de programas y estrategias que busquen mitigar la contaminación. Además de esto, la ambientalización mejora la relevancia de la educación química al conectar conceptos teóricos con problemáticas reales, facilitando de esta manera, el que los estudiantes relacionen las aplicaciones prácticas de la química para abordar problemáticas ambientales (Catret, 2013).

A pesar de los beneficios que vienen con la ambientalización del contenido en la enseñanza de la química, también hay barreras desafiantes en el proceso de enseñanza aprendizaje; una barrera puede ser la falta de planes de estudio integrales que promuevan el desarrollo de contenidos ambientalizados en los espacios académicos del área de las ciencias puesto que la enseñanza

tradicional de la química centra su atención en principios teóricos sin abordar la relación entre ciencia, tecnología, sociedad, ética, política, cultura, desconociendo las implicaciones ambientales (Barth, 2014; Parga, 2021). Se busca entonces que los docentes tengan acceso a recursos e infraestructura y formación académica que permita incorporar principios ambientales en la enseñanza, clase a clase, de manera eficaz (Tilbury, 2011).

Uno de los principales problemas en los libros de texto respecto a la enseñanza del concepto de metal es la presencia de definiciones incompletas o simplistas que no permiten a los estudiantes comprender la total complejidad y diversidad en cuanto a metales se refiere, pues no se mencionan aspectos como sus usos y métodos de extracción, por ende algunos textos escolares se centran en características genéricas tales como los metales son buenos conductores del calor y la electricidad, tienen brillo metálico y son maleables, sin que se llegue a abordar excepciones o el contexto atómico y estructural de estas propiedades. Según Jiménez-Aleixandre et al. (2000), esta simplificación puede generar concepciones erróneas persistentes en los estudiantes, ya que no logran distinguir entre propiedades físicas, químicas o contextuales de los elementos metálicos.

Otra dificultad importante radica en la escasa contextualización del conocimiento químico dentro de situaciones cotidianas o tecnológicas, estudios como los realizados por Furió-Mas y Calatayud (1998) han demostrado que los libros de texto tienden a presentar temas como el de los metales de manera descontextualizada, sin vincularlos con aplicaciones tecnológicas, sostenibilidad o procesos industriales relevantes, limitando el desarrollo de una comprensión significativa del concepto y su utilidad en el mundo real, además, se ha identificado que algunos libros perpetúan modelos desactualizados de la tabla periódica o representan estructuras atómicas de manera incorrecta, dificultando la comprensión del comportamiento de los metales (Justi y Gilbert, 2000). En conjunto, estas limitaciones resaltan la necesidad de una revisión crítica del contenido, como se ambientaliza y la metodología de los libros de texto utilizados para la enseñanza de la química.

De acuerdo con lo descrito, se plantea como **pregunta** central determinar:

¿Qué limitaciones presenta un conjunto de cuatro libros de texto de química en la enseñanza de los metales y cómo podrían superarse a través de una propuesta microcurricular ambientalizada basada en cuestiones sociocientíficas?

1.2. Justificación de la investigación

La ambientalización del contenido para la enseñanza de la química es fundamental para formar a los estudiantes de acuerdo con las necesidades del siglo XXI, pues al transformar el contenido disciplinar hacia uno ambiental, se pueden enriquecer los conocimientos, habilidades y un punto de vista crítico necesarios para desarrollar posibles soluciones de carácter sustentable a las problemáticas medioambientales inmersas en la sociedad, es por eso que se desarrollará un proceso de ambientalización del contenido desde la propuesta de la transformación microcurricular proyectada a partir del abordaje de una controversia sociocientífica centrada en la importancia del ascenso del Rodio como el metal natural más caro del mundo, como lo establece el periódico de El Tiempo (2018, 3 de diciembre).

Como ya es sabido la educación asume grandes retos y uno de ellos es la crisis medioambiental, debido a ello surge la necesidad de que las nuevas generaciones se concienticen acerca del cuidado del medio ambiente; para ello es necesario replantear la química y la enseñanza de la química, pues estas pueden estar dejando de lado aspectos relevantes del impacto ambiental antropogénico, es decir las centradas en las actividades humanas y los procesos industriales (Pérez y López, 2020). Dado lo anterior, se justifica ahondar en la ambientalización del contenido químico para comprender cómo se favorece la formación de personas críticas que tengan la capacidad de entender y proponer soluciones a las problemáticas actuales.

Es por ello por lo que la transformación microcurricular que hace referencia a la modificación de contenidos dentro de una asignatura, tiene como finalidad transformar la realidad con miras a la creación de un entorno más eficaz para el logro de los objetivos planteados en el plan anual escolar y en concreto en las unidades didácticas (Delgado, 2019). Para el caso de la química es necesaria la incorporación de temas como el uso de energías limpias y la reducción de residuos contaminantes, con ello los estudiantes comprenderán como algunos factores afectan su entorno, evidenciando que una ciencia como la química no solo es teórica, sino que es una ciencia aplicada en contextos reales. Además, los estudiantes podrán adquirir la capacidad para relacionar lo aprendido en el aula, como, por ejemplo, cuando se abordan aspectos asociadas con reacciones químicas y problemáticas como la contaminación, el cambio climático, lo que motiva al estudiante al ver que lo aprendido en el aula tiene una implicación directa con la comunidad y sus entornos socio naturales.

Ambientalizar el contenido de la asignatura de química contribuye directamente a la formación de estudiantes y esto promueve el desarrollo de competencias relacionadas con la conciencia ambiental, la toma de decisiones responsables y la resolución de problemas (Sánchez, 2017), se promueve un sentido crítico y reflexivo que brinda herramientas para analizar las consecuencias de sus acciones, además de la posibilidad de actuar frente a problemáticas ambientales que los estén afectando.

El desarrollo de la presente propuesta sobre la ambientalización del contenido realizaría aportes a la línea de investigación Didáctica de los contenidos y ambientalización curricular, del grupo Alternancias, fortaleciendo la enseñanza interdisciplinaria al integrar el contenido ambiental, es decir se conjugan dos didácticas: la ambiental y la química, lo que es clave para abordar los desafíos del mundo; se fortalece la integración curricular lo que facilita en los estudiantes que estos puedan comprender las conexiones entre diferentes disciplinas, fomentando un enfoque sistémico de la educación. Según Parga y Carvalho (2019) la interdisciplinariedad permite que los estudiantes aborden problemas ambientales desde perspectivas diversas, enriqueciendo y fortaleciendo su capacidad de análisis crítico y su acción responsable, lo que para Parga (2019) implica transformar la enseñanza y el contenido disciplinar por uno interdisciplinar o vivo.

Además, es importante mencionar la relevancia que tiene la investigación en el ámbito social y contextual, resaltando el hecho de que la ambientalización curricular enriquece la relevancia social de la educación, vinculando el aprendizaje con problemas reales que se pueden dar dentro del entorno local y consecuentemente global, esto puede mejorar la motivación y el compromiso de los estudiantes al ver que pueden participar en toma de decisiones informadas desde las ciencias, dicho en palabras de Sauvé (1997, p. 7) “los saberes tradicionales, concretos y experienciales fueron revalorados y confrontados con los saberes científicos o para estimular el cuestionamiento crítico fundamental para desarrollar la capacidad para actuar localmente mientras se piensa globalmente”.

A partir de lo expuesto, se presenta una oportunidad clave para desarrollar en los estudiantes competencias orientadas al desarrollo de acciones sustentables, siendo la ambientalización del currículo la que les permite adquirir habilidades esenciales para involucrarse activamente en la construcción, adaptación y transformación de sociedades más sustentables, fortaleciendo así su pensamiento crítico, su capacidad para resolver problemas complejos y su habilidad para tomar

decisiones éticamente correctas. En este sentido Israel y Núñez. (2019, p. 2) mencionan que “la integración de la sustentabilidad en la educación es crucial para preparar a las futuras generaciones a enfrentar los retos ambientales y promover prácticas responsables en diversos contextos profesionales”.

Una importante contribución a la línea de investigación *Didáctica de los contenidos* es la que se da en el orden de la innovación pedagógica: pues se está impulsando la innovación en las estrategias didácticas, ayudando de uno u otro modo a los docentes a diseñar actividades y metodologías que hagan la enseñanza más dinámica y significativa en términos de aprendizaje. Según Sterling (2001, p. 34), “la educación para la sostenibilidad requiere no solo un cambio en el contenido, sino también en los métodos pedagógicos, promoviendo un aprendizaje transformador que permita una comprensión más profunda de los problemas ambientales”.

A partir de estos aportes hechos a la línea de investigación y en general a *la didáctica del contenido y la ambientalización curricular* se busca analizar la enseñanza de la química de grado Décimo en el conjunto de cuatro libros de texto desde la perspectiva de la ambientalización del currículo pues el investigar sobre esta ambientalización y en particular la del contenido en los libros de texto resulta fundamental, ya que estos materiales siguen siendo una herramienta central en los procesos de enseñanza – aprendizaje. Sin embargo, hay estudios que han evidenciado que los libros de texto presentan una visión fragmentada e incluso descontextualizada de los contenidos ambientalizados, limitando la formación de una conciencia crítica en los estudiantes (Mohammadnia y Moghadam, 2019). La inclusión de perspectivas ambientalizadas no solo permite abordar la complejidad de los problemas ambientales desde una perspectiva ambiental y social actual, como la minería de elementos como el rodio, sino que también favorece una educación orientada hacia la sostenibilidad como lo plantea la UNESCO (2017), de igual modo tal como señalan Czerniak, y Johnson (2014), la educación científica debe propender por superar el enfoque exclusivamente disciplinar para que así se puedan incorporar dimensiones éticas, sociales y ambientales, por ello, analizar cómo se presentan dichos contenidos en los libros escolares permite identificar vacíos, sesgos o reduccionismos.

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Analizar las limitaciones que presenta un conjunto de cuatro libros de texto de química frente a la enseñanza de los metales y diseñar una propuesta microcurricular ambientalizada basada en cuestiones socio-científicas

1.3.2. Objetivos Específicos

- Analizar documentos curriculares nacionales frente a la enseñanza de la química de los metales en grado Décimo.
- Caracterizar la enseñanza de los metales de grado décimo en cuatro libros de texto de química.
- Diseñar una propuesta microcurricular para la enseñanza ambientalizada de los metales en Décimo grado.

2. SEGUNDO CAPÍTULO: MARCO CONCEUPTUAL

2.1. Antecedentes de investigación

La ambientalización curricular en ciencias busca integrar principios y contenidos relacionados con la educación en ciencias y la educación ambiental en los programas educativos, esto como parte de las respuestas a los desafíos globales relacionados con la formación que se demanda hoy en las personas, lo anterior implica, tener estudiantes que implementen la sustentabilidad generando de esta manera un enfoque interdisciplinario, en el que la enseñanza no solo se centra en la adquisición de conocimientos como dispositivo de almacenamiento de información, sino también en el desarrollo de competencias para la acción crítica, propositiva y responsable frente a las problemáticas ambientales (Gutiérrez y Chinome, 2020, p. 112).

En este sentido, se hizo una breve revisión de literatura desde lo que se podría llegar a considerar como los primeros aportes realizados a la didáctica ambiental del contenido. Así, una primera aproximación sobre la perspectiva tradicional evidencia como la didáctica ambiental del contenido ha estado enfocada en la transmisión del conocimiento disciplinar de manera secuencial y estructurada. Según Shulman (1986) la didáctica del contenido implica conocimiento profundo del

contenido disciplinar, de los métodos pedagógicos para que este contenido sea comprensible para los estudiantes, permitiendo, la inclusión de conceptos como pedagogía crítica e interdisciplinariedad, donde se enseñan hechos, conceptos y teorías, y sobre todo se guía al estudiante a hacer conexiones con su entorno (Shulman, 1986, p. 7).

El enfoque de la educación ambiental y la ambientalización curricular tomó mayor relevancia en las últimas décadas del siglo XX, cuando a su vez emergieron diferentes corrientes globales que buscaban integrar la sostenibilidad en todos los niveles de la educación, por su lado Sterling (2001) sostiene que la educación para la sustentabilidad implica no solo la integración de nuevos contenidos, sino una transformación en los métodos pedagógicos y didácticos que favorecen un aprendizaje más participativo y crítico.

En América Latina, la investigación sobre la ambientalización curricular ha crecido de manera favorable por la necesidad de responder a contextos socioambientales críticos que afectan a la región. Parga (2014) señala que “la inclusión de principios ambientales en el currículo es un modo indispensable para formar ciudadanos críticos, capaces de tomar decisiones que favorezcan el desarrollo sustentable de sus comunidades” (p. 3).

En el campo de la enseñanza de la química, en un estudio de Parga et al. (2021) se analizó cómo la integración de contenidos ambientales en la educación química pudo transformar las percepciones de los estudiantes hacia la sustentabilidad, según las autoras:

La ambientalización del contenido en la enseñanza de la química no solo mejora la comprensión de conceptos científicos, sino que genera conciencia sobre los efectos de las acciones humanas en el medio ambiente posibilitando que la educación ambiental pueda ser vista como una herramienta necesaria en la transformación social y no solo como un conjunto de contenidos adicionales (Parga et al., 2021, p. 20).

Algunos proyectos de investigación de la UPN han abordado el *contenido* desde varias perspectivas, resaltando entre ellos estudios orientados a la enseñanza de las ciencias. Estos trabajos suelen centrarse en la implementación de estrategias pedagógico - didácticas que favorecen el aprendizaje significativo y el desarrollo de competencias críticas que permiten sentar una postura frente a una problemática para mejorar la enseñanza de contenidos complejos (Moreno, 2019).

En el trabajo de López (2020) se analizó cómo los docentes de ciencias naturales adaptan sus estrategias didácticas para facilitar el aprendizaje de conceptos científicos abstractos, haciendo uso de metodologías activas como el aprendizaje basado en problemas (ABP) y el uso de laboratorios virtuales. Así mismo se aborda la interdisciplinariedad en la enseñanza de los contenidos. En un estudio de Pérez y Ramírez (2021) se exploró cómo la integración de contenidos de ciencias y matemáticas puede mejorar la comprensión de conceptos como la energía y el movimiento, en los estudiantes de secundaria. Lo anterior refleja un interés hacia la enseñanza integrada, donde se busca que los estudiantes comprendan los contenidos no de manera aislada, sino en conjunto relacionando otras áreas del conocimiento.

Desde la *ambientalización curricular* se ha explorado cómo integrar la educación ambiental en los planes de estudio de diferentes asignaturas, no solo en las ciencias naturales, sino también en áreas como las ciencias sociales y la educación artística para formar ciudadanos comprometidos con el desarrollo sostenible, tal como lo mencionan autores como Sterling (2011) y Leff (2006). Trabajos como el de González (2018), proponen un modelo de ambientalización curricular para la enseñanza de las ciencias sociales y naturales en la educación básica, así, se propone que los problemas ambientales deben ser abordados desde una perspectiva crítica y multidimensional, aproximándose desde una visión integradora temas como la justicia ambiental, la equidad social y la economía sostenible es así como se puede concluir que la ambientalización curricular no solo implica incluir contenidos ambientales a los currículos existentes, sino que a su vez se debe buscar transformar profundamente los objetivos y métodos de enseñanza.

Por su parte Martínez (2019) investigó la implementación de proyectos educativos ambientales en colegios rurales, con un enfoque en la participación comunitaria. Estos resaltan la importancia de involucrar a los estudiantes en proyectos que no solo aborden problemas ambientales locales, sino que a su vez promuevan la acción colectiva y el desarrollo de competencias para el trabajo colaborativo en la resolución de estas problemáticas, estando acorde con lo propuesto por Tilbury (2011) quien menciona la necesidad de formar estudiantes capaces de actuar como agentes de cambio en sus diferentes entornos.

Más recientemente el trabajo de Badillo et al. (2024) realizó una investigación titulada “Enseñanza de la química ambientalizada desde la CSC 'El impacto del litio en el cambio climático' en un grupo de estudiantes de séptimo grado”. En este se explora la necesidad de integrar principios de la

educación ambiental en la enseñanza de la química desde la ambientalización curricular a través de una cuestión socio científica que mejorara la alfabetización científica ambiental de los estudiantes. El trabajo destaca la trascendencia de formar docentes capaces de abordar estos problemas desde una perspectiva interdisciplinaria promoviendo la adaptación de un currículo que sensibilice a los estudiantes sobre el impacto ambiental del litio.

De igual modo en el contexto educativo actual, la ambientalización de los contenidos curriculares se presentan como una necesidad urgente ante la crisis ambiental global (Navarro et al., 2020), algunos autores coinciden en que incorporar la educación ambiental en los libros de texto no solo promueve la conciencia ecológica, sino que también transforma las prácticas pedagógicas hacia un enfoque más integral y sustentable (Parga, 2018), así mismo según Parga y Alba (2014), esta integración requiere reestructurar los contenidos desde una visión compleja, que considere la interrelación entre sociedad, naturaleza y cultura, además, se destaca que la educación ambiental debe involucrar todo el currículo escolar, no solo como un tema transversal, sino como un eje que estructure el pensamiento crítico y ético del alumnado (Navarro Díaz et al., 2020).

Por ello, los libros de texto, como principales herramientas de enseñanza, juegan un papel crucial en esta transformación educativa pues, la ambientalización de sus contenidos permite resignificar saberes, promover valores ecológicos y formar ciudadanos comprometidos con la sustentabilidad (Parga, 2014), este enfoque implica una revisión profunda de los materiales escolares para garantizar su coherencia con los principios del desarrollo sostenible y la justicia ambiental (Navarro Díaz et al., 2020) e incluso la sustentabilidad ambiental.

Continuando con lo planteado, Carrión y Parga (2014) abordan la evolución de los libros de texto de química para los grados 10° y 11° en Colombia desde la década de 1970 hasta la actualidad, buscando identificar cómo han cambiado sus contenidos, concepciones sobre la ciencia y enfoques pedagógicos. En este estudio, enmarcado en la Maestría en Docencia de la Química de la Universidad Pedagógica Nacional, se menciona y de paso destaca la importancia del libro de texto como una herramienta fundamental en el proceso de enseñanza - aprendizaje, ya que no solo organiza y presenta conocimientos científicos, sino que también refleja las visiones educativas y sociales predominantes en cada época (Jiménez y Perales, 2001; Farías y Castelló, 2012).

El análisis realizado se estructura en tres categorías clave: naturaleza de la ciencia, contenidos abordados y modelos de enseñanza – aprendizaje; Así mismo se observa una transición desde

visiones de ciencia rígidas, empíricas y descontextualizadas hacia enfoques más integradores, históricos y sociales (Fernández et al., 2005; Mora y Parga, 2008). De igual manera, se identifica un cambio progresivo en los libros hacia propuestas didácticas más activas y contextualizadas, favoreciendo la inclusión de temas ambientales, sociales y proyectos interdisciplinarios, especialmente a partir de los años 90 y 2000, dicha evolución evidencia la necesidad de analizar críticamente los libros de texto como elementos vivos dentro del currículo, capaces de influir en las prácticas docentes y en la construcción del conocimiento en la escuela (Carrión y Parga, 2014).

En este sentido en Colombia, las investigaciones sobre libros de texto de química (LTQ) han mostrado una mayoritaria tendencia hacia el análisis de conceptos de carácter disciplinar, en algunos casos descontextualizados de su dimensión histórica, social y epistemológica. Parga (2018) realizó un estudio documental de 33 investigaciones, revelando allí que los libros frecuentemente presentan conocimientos cerrados y desarticulados, con escasa conexión entre teoría y práctica científica y con una visión limitada de la ciencia. Además, los contenidos suelen centrarse en la transmisión sistemática de información sin propiciar en el proceso el pensamiento crítico o una comprensión íntegra y profunda, afectando negativamente la enseñanza - aprendizaje de la química.

Asimismo, las investigaciones evidencian que, aunque algunos libros más recientes intentan incorporar enfoques constructivistas y contenidos contextualizados, aún persiste en algunos de ellos un modelo de enseñanza tradicional, centrado en ejercicios mecánicos y algoritmos (Parga, 2018). Por ello se pudo determinar que las propuestas pedagógicas trabajadas carecen de coherencia entre intenciones, contenidos y actividades evaluativas, imposibilitando integrar de manera efectiva dimensiones como la historia, epistemología, relaciones CTS o un enfoque ambiental demostrando la necesidad de fortalecer la formación del profesorado en diseño curricular y de igual manera promover el desarrollo de libros de texto más contextualizados, reflexivos y pertinentes buscando favorecer una educación científica más crítica y transformadora.

Sumado a esto, en el estudio “Contenidos CTSA en Libros de Texto de Química” realizado por Diana Martínez en 2014, se analizó la inclusión y las características de los principios del enfoque Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente (CTSA) en los libros de texto de química destinados a la educación media publicados en la última década. La investigación destaca la importancia de este enfoque para promover una alfabetización de orden científico - tecnológica, permitiendo a los estudiantes comprender la influencia de la ciencia y la química en el contexto social y ambiental. Los libros de texto son entonces identificados como materiales didácticos clave para abordar el enfoque CTSA en el aula. De igual manera al evaluar la

presencia del enfoque CTSA en cinco libros de texto de química se encontró que predominaron los contenidos disciplinares sobre los sociales y tecnológicos.

En este trabajo se determinó que los libros de texto de química para el décimo grado aún están considerablemente lejos de incorporar plenamente los principios del enfoque CTSA, mostrando un predominio de los contenidos disciplinares, ligado a ello se identificó una carencia en la evolución del campo CTSA en los materiales escolares, limitando la comprensión y participación de los estudiantes en temas de ciencia y tecnología; Es por ello, que se insiste en la necesidad de diseñar y evaluar materiales curriculares que permitan integrar aspectos históricos, filosóficos, sociológicos, políticos, éticos y medioambientales de la ciencia y la tecnología, buscando promover un equilibrio entre los contenidos disciplinares y el enfoque CTSA contribuyendo a generar una visión más humana de la ciencia mejorando las actitudes hacia el aprendizaje de la química.

Luego de la revisión de la literatura, se evidenció una ausencia significativa de libros que caractericen específicamente la enseñanza de los metales en el área de química desde una perspectiva de ambientalización curricular. Si bien existen múltiples libros de texto centrados en el análisis conceptual de contenidos químicos, su respectiva transposición didáctica y las implicaciones epistemológicas en los libros de texto (Parga, 2018), ninguna de ellas aborda de manera clara y explícita cómo se integran los principios ambientales en la enseñanza de los metales, ni cómo estos pueden ser utilizados para promover una conciencia crítica frente a problemáticas como la minería, la contaminación por metales pesados o incluso el manejo de residuos electrónicos.

Esta carencia en los libros de texto resulta preocupante, debido a que los metales representan un grupo de elementos con alto impacto ambiental y social, cuya enseñanza desde su contexto podría convertirse en una oportunidad para fortalecer una educación química con enfoque crítico, contextualizado y ojala sustentable. La falta de integración entre los contenidos disciplinares y las dimensiones sociales, éticas, ambientales y culturales de la ciencia limitan el alcance de una educación que responda a los desafíos del siglo XXI.

2.2. Referente conceptual

2.2.1. Enseñanza de la química

La enseñanza de la química ha tenido una evolución importante a nivel mundial, desde sus inicios como una ciencia aislada y abstracta hasta llegar a ocupar un lugar central en los currículos educativos, que la llevó a transformarse y fundamentarse desde la didáctica de las ciencias. El enfoque y las metodologías usadas en la enseñanza de esta disciplina varían considerablemente

según la región del mundo que se esté observando, así como el acceso a recursos de todo tipo, junto con la integración de nuevas herramientas y estrategias en el aula.

En los llamados países del primer mundo, la enseñanza de la química ha adoptado enfoques basados en el aprendizaje activo, que hacen uso de tecnologías avanzadas para facilitar la comprensión de conceptos que son abstractos y pudiesen llegar a ser un tanto complejos. En países como Estados Unidos y Reino Unido, los modelos de enseñanza se centran en prácticas de laboratorio interactivas, simulaciones mediante software computacional y enfoques interdisciplinarios. De acuerdo con David M. Hanson, profesor de química en la Universidad de Stony Brook “el aprendizaje basado en la investigación y el enfoque en la resolución de problemas son aspectos claves para que los estudiantes comprendan más fácilmente cómo se relaciona y aplica la química en situaciones del mundo real” (Hanson, 2006, p. 6), dichos modelos de enseñanza no solo buscan que se memoricen conceptos sin entender realmente su real importancia, si no que se busca su comprensión, además de desarrollar habilidades de pensamiento crítico y resolución de problemas.

En el continente Asiático Kang (2019) en países como Corea del Sur y Japón, se han adoptado enfoques tecnológicos para la enseñanza de la química. Según investigaciones recientes, los simuladores basados en software computacionales y plataformas digitales junto con la transversalización del contenido han mejorado la capacidad de los estudiantes para visualizar moléculas y reacciones químicas en tiempo real, aplicadas en muchas ocasiones a situaciones del contexto actual, lo que ha incrementado su comprensión y análisis de los conceptos traspasando la frontera del aprendizaje conceptual, fomentando de paso la innovación y el interés por la investigación científica.

La enseñanza de la Química en América Latina, ha venido presentando retos y desafíos producto de las limitaciones que se presentan en la accesibilidad a los recursos y aunque se han tratado de hacer esfuerzos significativos para mejorar la calidad educativa, el acceso limitado y desigual a recursos e infraestructura se convierte en una barrera para un óptimo desarrollo de habilidades en el proceso de enseñanza aprendizaje, en muchos países de la región tales como Perú, Colombia o Bolivia los recursos son muy limitados, lo que hace que los estudiantes dependan de métodos netamente tradicionales basados en la enseñanza teórica, muy enfocada en los procesos de repetición y memoria, que aunque es necesaria no es la única herramienta que se debe utilizar (Pérez et al., 2021).

Aun así, la región ha mostrado una convencida voluntad de cambio, desarrollando políticas que buscan mejorar la educación científica mediante el desarrollo de currículos más contextualizados que respondan a las necesidades locales. Un ejemplo de ello es que, en Argentina, Brasil, Chile y Colombia, se ha buscado integrar la química con temas ambientales y de sostenibilidad promoviendo la posibilidad de que los estudiantes puedan relacionar la ciencia con las diferentes problemáticas a las que hacen frente sus comunidades (Martínez y Gómez, 2023).

Es así que se puede llegar a determinar que la enseñanza de la química enfrenta retos a los que hay que prestarles especial atención en la sociedad actual, eso sí, sin desconocer las características únicas en la región que reflejan las oportunidades únicas que este contexto ofrece y es por ello que mientras los países desarrollados avanzan hacia una enseñanza cada vez más tecnológica e interdisciplinaria, en América Latina los esfuerzos están centrados en superar las limitaciones estructurales y de recursos para proporcionar una educación más equitativa, no obstante, se comparte un desafío común: hacer de la química una ciencia relevante, accesible y desarrollada para todos los estudiantes, independientemente de su contexto, por lo que la ambientalización curricular es fundamental para lograr dicha transformación.

2.2.2. Enseñanza de los metales en el ámbito escolar

La enseñanza de los metales en contextos escolares representa un gran desafío debido principalmente a su complejidad conceptual y a la dificultad que tienen los estudiantes para relacionar sus propiedades físicas y químicas con experiencias del quehacer diario, es así como Castillo (2024) menciona: “los estudiantes presentan dificultades para establecer relaciones entre las propiedades de los metales y sus aplicaciones en la vida cotidiana”, lo que limita seriamente su comprensión significativa, además, la enseñanza tradicional tiende a enfocarse en la definición, clasificación y determinación de propiedades de los metales sin que se llegue a incorporar estrategias didácticas que favorezcan los procesos experimentales y el aprendizaje contextualizado. Por otro lado, la enseñanza de los metales suele adolecer de un enfoque que promueva la reflexión crítica sobre su uso responsable y sostenible de dichos recursos, Sandoval et al. (2024) destacan que la educación tecnológica se ha centrado en la funcionalidad de los metales sin considerar en absoluto el impacto ambiental producto de su extracción, uso o disposición final, resultando problemático en un contexto global donde las acciones individuales y colectivas deben estar impregnadas por la sostenibilidad, es por ello que los docentes deben incorporar metodologías

activas y proyectos interdisciplinarios que permitan a los estudiantes comprender el papel de los metales en la sociedad y el medio ambiente.

Un aspecto fundamental de la enseñanza de los metales es como se integra con la educación ambiental en los diferentes contenidos curriculares, según Sandoval et al. (2024) “es imprescindible abordar el impacto ecológico de la extracción y el uso de metales en los procesos educativos”, de manera que los estudiantes puedan desarrollar conciencia sobre los efectos que genera su producción y utilización, lo que se puede llegar a lograr si se incluyen actividades que busquen analizar los ciclos de vida de los materiales metálicos posibilitando así la formación de ciudadanos responsables que valoren la importancia de una gestión sustentable de los recursos naturales. Por ende y teniendo en cuenta lo mencionado con anterioridad se requiere con urgencia adoptar un enfoque educativo que no solo privilegie el conocimiento estructural de los metales, sino que a su vez también promueva una visión ética y sostenible en su enseñanza, Castillo (2024) argumenta que el aprendizaje significativo en este campo depende de estrategias que lleguen a articular teoría práctica y contexto, generando experiencias que permitan a los estudiantes vincular el conocimiento científico con su vida cotidiana.

La enseñanza de los metales en la química es realmente fundamental pues permite y facilita comprender sus propiedades, aplicaciones y reactividad, un ejemplo de ello es el Rodio, un metal de transición reconocido principalmente por su resistencia a la corrosión y su importancia en procesos catalíticos aplicados a diversos procesos industriales, es así como, Greenwood y Earnshaw (2012) postulan en su libro *Chemistry of the elements* que la química del Rodio es compleja, debido a que puede formar compuestos en diversos estados de oxidación, siendo el estado ⁺³ el que mayor estabilidad posee; así mismo, Cotton et al. (2006) hacen énfasis en el hecho de que el Rodio desempeña un papel crucial en la catálisis heterogénea, más específicamente en la conversión de gases contaminantes a través de catalizadores automotrices, lo que lo convierte en un elemento esencial para la industria moderna, pues en gran medida el desarrollo, evolución y aplicación de las medidas medioambientales más estrictas esta mediada por la implementación de filtros y practicas más específicas a cada uno de los procesos requeridos.

La enseñanza de estos aspectos mencionados anteriormente permite que los estudiantes puedan conectar la química del Rodio con sus respectivas aplicaciones tecnológicas y ambientales, según Housecroft y Sharpe (2018), comprender la estructura electrónica de dicho metal y los enlaces

químicos que forma es clave para explicar su comportamiento en diferentes reacciones en las que se vea involucrado, resaltando de este modo la importancia de integrar ejemplos prácticos en la educación química, promoviendo a su vez un aprendizaje más sólido y contextualizado de la mano de la ambientalización curricular.

2.2.3. Ambientalización del contenido

La ambientalización del contenido es la transformación del contenido educativo, para que este supere su enfoque tradicional y sea interdisciplinar, transdisciplinar y de diálogo de saberes (Parga, 2019), lo que se hace para que este tenga una real importancia y aplicabilidad en un contexto definido, que bien puede ser el aula de clase o el contexto real, donde se debe tener en cuenta a los educandos como personas integrales. Según Parga et al. (2021) es necesario hacer uso de estrategias para favorecer la ambientalización del contenido en química, dentro de estas se menciona algunas:

- La superación de la integración de temas ambientales en el currículo a trabajar: se debe ir más allá de sólo vincular temas de carácter ambiental para abordar el contenido de los problemas reales del contexto.
- Promover competencias científico - ambientales: procurar para que dentro de las actividades planteadas en el marco de la planeación y ejecución del currículo se posibilite el desarrollo de habilidades investigativas tales como el pensamiento crítico, sistémico y anticipatorio, toma de decisiones, a las que bien se puede hacer un acercamiento desde el abordaje de una cuestión socio científica como mecanismo de ambientalización.
- Planeación y realización de situaciones extraídas de problemáticas cotidianas: se debe intentar que los trabajos prácticos de laboratorio se den mediante el aprendizaje basado en problemas sin desconocer el apartado químico.
- Uso de recursos y herramientas que faciliten el proceso de enseñanza aprendizaje: el uso de estas herramientas posibilita que se pueda comprender mejor la relación existente entre la química y el medio ambiente.
- Formación de educadores: es importante que desde la formación de los futuros docentes en el área de las ciencias se trabajen los principios de la educación ambiental para su interacción con la didáctica de las ciencias.

Considerando lo abordado, la ambientalización del contenido en la enseñanza de las ciencias refiere:

La incorporación de principios ecológicos y de sostenibilidad en el currículo, esto con el objetivo de promover una educación que responda a los desafíos ambientales locales y globales pudiendo jugar un papel importante en el contexto actual de crisis climática si se quiere mitigarla, teniendo en cuenta eso la educación ambiental no debiese estar configurada, diseñada y establecida para ser abordada en asignaturas específicas, sino que por el contrario tiene que ser transversal a todas las disciplinas (Mora, 2009, p. 23).

Según Mora y Parga (2021; 2025) esta integración puede partir desde cuestiones socioambientales que permitan a los educandos comprender las relaciones existentes entre las ciencias naturales, problemáticas ambientales y la sociedad (p. 11); es la integración de dos educaciones: la científica y la ambiental (Mora y Parga, 2025).

La educación ambiental es esencial para formar a las futuras generaciones en la toma de decisiones sostenibles, es por eso que desde la visión del Antropoceno, una nueva era marcada por el impacto humano en el medio ambiente, se evidencia que se ha generado una crisis global la cual requiere de cambios profundos en las prácticas educativas tal como lo menciona Mora (2020; 2025), en esta misma línea es oportuno evaluar lo que menciona Scranton (2021), donde se afirma que para sobrevivir en esta nueva era, son los humanos quienes deben adaptarse aprendiendo a coexistir con los cambios ecológicos que se han generado, siendo necesaria una adecuada y bien estructurada educación ambiental.

Por ello, las metodologías de enseñanza deben ajustarse a este enfoque ambientalizado, ya que, según Mora y Guerrero (2022), es fundamental desarrollar competencias ambientales como el pensamiento sistémico y el análisis crítico de los impactos socioambientales, además, la educación ambiental no puede verse limitada a la adquisición de conocimientos, sino que además debe abordar los conflictos derivados de la interacción entre la sociedad y la naturaleza, promoviendo a su vez el diálogo de saberes y la justicia ambiental, tal como lo plantea Leff (2006).

Así, la articulación entre la educación en ciencias y la educación ambiental surge como un campo de estudio que cada día realiza más aportes a la sociedad desde la construcción de saberes y la

investigación. Según los estudios de Ventura de Freitas y Freire (2018) esta relación permite que los estudiantes no solo aprendan sobre los fenómenos naturales sus características y comportamiento, sino que además comprenden las implicaciones éticas y sociales de estos fenómenos, permitiendo el desarrollo de habilidades críticas y participativas.

La ambientalización del contenido educativo proyectado en el currículo es una respuesta pertinente y necesaria a los retos ambientales actuales, además de que esta integración no solo enriquece el conocimiento científico, promoviendo la formación de los estudiantes para enfrentar problemas complejos en sus comunidades y en el mundo globalizado, favoreciendo el hecho de que en una educación orientada hacia la sustentabilidad, los sistemas educativos contribuyen a la formación integra de ciudadanos con capacidades para actuar en favor de la conservación del planeta generando una sociedad más justa y equitativa (Mora y Parga, 2021; 2025).

2.2.4. Cuestiones socio científicas

La autora Moreno (2018) plantea que las cuestiones socio científicas, CSC, son problemáticas contemporáneas que requieren la integración de conocimientos científicos y sociales para su abordaje, además de necesitar de un enfoque ético y crítico para la toma de decisiones informadas. Dichas cuestiones implican el análisis de impactos económicos, ambientales y sociales, siendo particularmente relevantes en temas como el cambio climático, la energía nuclear, o la minería. Si se observa desde la educación, las CSC son herramientas fundamentales para enseñar ciencia buscando una perspectiva interdisciplinaria, fomentando una conciencia crítica en los estudiantes (Martínez, 2013; Parga, 2022).

Uno de los ejemplos contemporáneos de una CSC es la minería y el uso de metales raros como el Rodio, que recientemente ha emergido como el metal natural más caro del mundo. Este metal es muy utilizado en la industria automotriz para catalizadores de vehículos con el fin de reducir emisiones contaminantes producto de la combustión, jugando un papel crucial en la reducción de emisiones de gases contaminantes; sin embargo, su creciente demanda y su escasez han provocado un aumento exponencial en su valor, afectando de esta manera la economía global, las decisiones políticas y tecnológicas sobre el uso de materiales que tiendan hacia la sostenibilidad (Gervilla y Gonzales, 2022). Estos aspectos hacen de esta situación del abordaje del rodio como una CSC y un ambientalizador curricular.

Según lo enunciado, las CSC se caracterizan principalmente por estar vinculadas en problemáticas reales que trascienden la ciencia pura y demandan una integración de múltiples disciplinas con el fin de llegar a su resolución (Martínez, 2013; Parga 2022; Mora, 2024) entre sus principales características se incluyen:

- **Naturaleza Controversial:** Las CSC suelen estar relacionadas con debates sociales y políticos, en este contexto, el Rodio se encuentra en una controversia global sobre la sostenibilidad de la extracción minera, los costos ambientales y los beneficios económicos, así como el uso verde que se le da a este metal.
- **Interdisciplinariedad:** El estudio de las CSC implica un abordaje desde varias disciplinas, tales como la biología, la química, la economía y las ciencias sociales, llevado al caso de la creciente demanda de Rodio para aplicaciones tecnológicas modernas, se muestra cómo la ciencia de los materiales, desde la química y la física, la economía de mercado y la política internacional se encuentran entre sí para influir en el hecho de que sea este, el metal más caro del mundo.
- **Impacto Social y Ambiental:** Las CSC requieren que se haga un análisis de los efectos sociales y ambientales desde diferentes puntos de vista. En el caso de la extracción del Rodio, mayoritariamente concentrada en África más específicamente en Sudáfrica, está vinculada a impactos realmente significativos en las comunidades locales y consecuentemente en los ecosistemas circundantes, pues es evidente que la minería a gran escala genera una huella ecológica considerable, al tiempo que pone en riesgo la estabilidad sociopolítica de los países productores de dicho metal (Gałuszka y Migaszewski, 2015).
- **Toma de Decisiones Éticas:** Las CSC requieren que desde los diferentes entes administrativos se tomen decisiones éticas, donde los beneficios económicos debiesen sopesarse frente a los posibles daños ambientales y sociales que pudiese llegar a ocasionar la extracción de algún recurso natural, es el caso de la importancia de la toma de decisiones desde la ética en la explotación de recursos no renovables, como el Rodio, permitiendo plantear preguntas sobre la equidad intergeneracional y la responsabilidad hacia el medio ambiente pues aunque existan potenciales beneficios económicos de dicha extracción, muchas veces no se prevé si para las próximas generaciones el impacto es muy severo.

Según lo presentado y con el fin de abordar la CSC de manera precisa, es necesario considerar las condiciones en las que estas se desarrollan:

- **El Contexto Socioeconómico:** la extracción y uso del Rodio se da en un contexto de creciente demanda tecnológica, especialmente en los sectores de la industria automotriz y mecatrónica, siendo este escenario el que provoca una especulación de su precio, lo que ha llevado a que en 2021 el precio del Rodio superara los 20.000 dólares por onza, un valor muy superior al de otros metales preciosos como el oro o el platino (El Tiempo, 2023), dichas fluctuaciones en el mercado y la dependencia de la industria global de este metal son una muestra de la naturaleza volátil de este valioso recurso.
- **Limitaciones Tecnológicas:** el desarrollo de nuevas tecnologías que requieren la utilización de metales raros agudiza el agotamiento de recursos naturales, como el Rodio y otros más de las tierras raras, la creciente necesidad de implementar catalizadores más eficientes para reducir las emisiones de CO₂ debido al aumento de las regulaciones de emisión de material particulado al ambiente, se ha convertido en un motor clave de la demanda de este metal, situación que requiere de la investigación de alternativas más sostenibles, planteando una importante discusión sobre las estrategias para reducir la dependencia de recursos escasos y difíciles de extraer, en cuanto a consumo de recursos requiere para su extracción (Gutiérrez y Yhorleth, 2004).
- **Factores Ambientales y Geopolíticos:** las CSC, que abordan situaciones como la minería del Rodio, están condicionadas por las dinámicas geopolíticas y los impactos ambientales, es el caso de Sudáfrica, el principal productor mundial de Rodio, quien enfrenta tensiones políticas internas y desafíos ambientales que dificultan la producción constante y el adecuado comercio de este recurso; dichas condiciones contribuyen a la especulación y volatilidad del precio del Rodio, afectando a la economía global y las dinámicas sociales al interior de las comunidades donde se extrae el recurso.

2.2.5. El papel de los libros de texto

Los libros de texto cumplen un papel protagónico en el proceso educativo, siendo no solo herramientas utilizadas para transmitir contenidos, sino que también son constructores de significados de origen cultural, ideológico y metodológico, según Braga y Belver (2016), el libro

de texto ha sido históricamente el recurso didáctico más estable y por ende dominante, convirtiéndose así en lo que se conoce como currículo en acción al ser el principal mediador entre el currículo oficial y la práctica dentro del que hacer docente, además, es presentado como un producto de consumo innegablemente sujeto a intereses editoriales y consecuentemente económicos, lo que a veces limita su innovación y adaptación pedagógica al cambio.

Por su parte, Carrión y Parga (2014) destacan que los libros de texto son herramientas que reflejan visiones particulares de la ciencia y del proceso dado alrededor de la enseñanza - aprendizaje, ya que proponen una jerarquización de ideas organizando significados de acuerdo con un currículo oficial, que en algunos casos pudiese llegar a ser descontextualizado y con una visión cerrada de la ciencia, en su análisis de libros de química, evidencian cómo estos textos tienden a presentar una ciencia acabada, de acceso a unos pocos y casi nada participativa, lo cual dificulta la apropiación del conocimiento por parte de los estudiantes. Así mismo y siguiendo esta línea, Parga (2018) señala que los libros de texto en Colombia presentan contenidos desarticulados histórica y epistemológicamente, errores conceptuales y un constructivismo escaso e incipiente, las investigaciones abordadas muestran que los textos muy rara vez promueven la reflexión crítica, la contextualización o el enfoque tan necesario de ciencia-tecnología-sociedad (CTS), lo que afecta la calidad de la enseñanza limitando de paso el desarrollo de una ciudadanía científicamente alfabetizada. De igual manera respecto a la enseñanza esta se caracteriza por una visión que se limita a ser tradicional y transmisiva, centrada preponderantemente en la memorización y en ejercicios mecánicos sin brindar la posibilidad de analizar los procesos llevados a cabo, desconociendo o restándole la debida importancia a las ideas previas del alumnado; es por ello que es apropiado mencionar el papel ambivalente de los libros de texto pues este puede ser asumidos como herramientas fundamentales para la enseñanza, pero a su vez también pueden ser vehículos de una pedagogía conservadora que urge ser revisada críticamente (Braga y Belver, 2016).

2.2.6. Química del Rodio

El rodio es un metal de transición del grupo del platino, conocido por su elevada dureza, resistencia a la corrosión y color blanco plateado. Fue reconocido en 1803 por el químico inglés William Hyde Wollaston, mientras analizaba los residuos de mineral de platino procedentes de América del Sur. Wollaston disolvió muestras de platino en agua regia y notó un precipitado insoluble que luego de un proceso de descripción de sus características mediante trabajos experimentales, se catalogó

como un nuevo elemento metálico; en ese contexto a las sustancias rosadas que producía decidió denominarlo rodio, de la palabra griega rhodon -rosa- (Wollaston, 1804). Dicho hallazgo permitió de cierta manera el planteamiento del estudio sistemático de los metales del grupo del platino, cuya química es especialmente difícil, pero de gran importancia para aplicaciones a nivel industrial.

Con un punto de fusión alto, 1964 °C, y un punto de ebullición alrededor de 3695 °C, el rodio es uno de los metales térmicamente más estables conocidos (Greenwood y Earnshaw, 2012). Su densidad es 12,41 g/cm³, menor que la de los otros metales del grupo del platino, pero suficiente para aplicarse la clasificación de metal pesado. Se cristaliza en la estructura tipo (cúbica centrada en las caras), que le proporciona una elevada resistencia mecánica y estabilidad a altas presiones o temperaturas. Adicionalmente su reflectividad es muy alta, por lo que es utilizado como revestimiento en espejos y sistemas ópticos de alta precisión.

El rodio es un metal químicamente débil, con maleabilidad, fragilidad a la oxidación, no se disuelve con ácidos comunes, sólo puede disolverse en agua regia, es decir, en presencia de agentes oxidantes fuertes (Cotton et al., 1999). La forma más estable de su estado de oxidación es +3, si bien también es posible hallarlo con estados de oxidación +1, +2, +4 y +6, lo que le convierte en un metal de gran versatilidad para la formación de complejos organometálicos. Estos complejos son muy utilizados en la catálisis homogénea, en particular en procesos industriales tales como la hidrogenación. De hecho, los catalizadores de rodio son los que se han encontrado más selectivos y eficaces que los basados en otros metales, lo que se traduce en altos valores económicos debido a su eficiencia (Crabtree, 2014).

Hoy por hoy, uno de los mayores consumos de rodio es en los convertidores catalíticos de vehículos con el fin de ayudar a reducir las emisiones contaminantes tales como los óxidos de nitrógeno NO_x. El rodio, según la International Platinum Group Metals Association (2020), es el metal más eficiente para catalizar la reducción de estos compuestos por lo que es uno de los elementos más valorizados en la industria automotriz. Además, como resultado de su dureza y reflectividad, el rodio se utiliza también en recubrimientos para instrumentos ópticos, así como para el recubrimiento de contactos eléctricos buscando que estos tengan un gran desempeño, es incluso, utilizada en algunas joyerías para recubrir el oro blanco y la plata mejorando aún más tanto su aspecto como su durabilidad.

3. TERCER CAPÍTULO. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Enfoque, Paradigma y Método de investigación

Teniendo en cuenta el problema a abordar, se propone una investigación desde el **paradigma** interpretativo con **enfoque** cualitativo. En este contexto se busca comprender el fenómeno, esto es, comprender las *características de la ambientalización del contenido presentes en la enseñanza de la química de grado Décimo, en los libros de texto* procurando construir sentido sobre la ambientalización del contenido en la realidad que será investigada.

Como método se usará la investigación documental para interpretar la realidad concreta y de forma profunda, así mismo tal como lo afirma Vargas (2011) esta realidad debe ser vista como un texto que se pone en contexto. Es así como la investigación documental se erige como un proceso sistemático de indagación que se fundamenta en la recopilación, selección, análisis e interpretación de la información contenida en diversas fuentes documentales (Aguilar y Ander-Egg, 1992). Estas fuentes pueden abarcar una amplia gama de materiales, que bien pueden ser libros, artículos científicos, archivos, documentos oficiales, periódicos, grabaciones y material audiovisual (Tamayo y Tamayo, 2003).

A través de este método, el investigador busca construir conocimiento nuevo o profundizar en el existente sobre un fenómeno particular (Kerlinger y Lee, 2002), de este modo la rigurosidad de la investigación documental radica en la evaluación crítica que se haga de las fuentes y la triangulación de la información realizada para garantizar así la validez y confiabilidad de los resultados encontrados (Creswell, 2014). Su gran importancia se centra en la posibilidad de acceder a información de carácter histórico y contextual, así como en la identificación de tendencias y patrones a partir de los datos ya existentes.

Dado que el presente trabajo se centra en un análisis documental que según Galeano (2012) es una estrategia de investigación cualitativa que se basa en la revisión sistemática y crítica de documentos escritos, visuales o audiovisuales, se pretende obtener, validar e interpretar información que se puede llegar a considerar relevante sobre algunos fenómenos sociales. No se limita entonces a ser una simple técnica de recolección de datos, sino que constituye un método completo de investigación que implica diversas fases como: el diseño, la selección de fuentes, el análisis e

interpretación del contenido (Galeano, 2012). Esta estrategia permite acceder a información histórica o contextual sin necesidad de interactuar de manera directa con los sujetos de estudio, lo que reduce los efectos del investigador sobre el entorno donde se interviene (Galeano, 2012), además, combina dentro de su estructura fuentes primarias y secundarias

3.2. Documentos analizados

Para el análisis de la ambientalización del contenido se seleccionaron cuatro libros de texto con base en criterios de disponibilidad y relevancia en el contexto educativo; en primer lugar, se consideró la facilidad de acceso a los ejemplares, ya que estaban disponibles físicamente en bibliotecas escolares y archivo personal. Además, uno de los libros fue recomendado por una docente con amplia experiencia en la enseñanza de las ciencias naturales, lo cual aportó un criterio pedagógico - didáctico para ser trabajado. Finalmente, se incluyó el libro más comercializado en tiendas Panamericana, al ser uno de los más utilizados en instituciones educativas, lo que garantiza su representatividad en el aula. Dichos criterios permitieron una selección pertinente y apropiada para el análisis de los documentos que se realizó.

3.3. Fases de la investigación, técnicas e instrumentos para recolectar la información

De acuerdo con los objetivos propuestos, el trabajo se hará en tres fases, las que a continuación se describen:

- **Fase 1 o fase de análisis documental de documentos curriculares nacionales.** Esta buscó analizar los documentos curriculares nacionales para la enseñanza de la química de grado Décimo. Los documentos para analizar fueron los estándares básicos de competencia y los derechos básicos de aprendizaje que permitieron analizar la enseñanza de los metales en educación secundaria y media particularmente y aspectos de la ambientalización del contenido.
- **Fase 2 o fase análisis documental de 4 libros de texto.** En esta fase se caracterizó la enseñanza de los metales en décimo grado, en los libros de texto Proyecto Saberes Química 10 editorial Santillana, Competencias Científicas 10 de editorial Santillana, Química Inorgánica I de la editorial Norma y Spin química 10 de Editorial Voluntad
- **Fase 3 o fase de propuesta.** Esta fase permitió diseñar una propuesta microcurricular para la enseñanza ambientalizada de los metales en Décimo grado. Se usó como instrumento una

secuencia didáctica enfocada en una cuestión controversial: “El uso del Rodio como el metal natural más caro del mundo”.

En el marco de esta propuesta microcurricular, la CSC se enfoca en el problema de la extracción del Rodio, que analiza la minería responsable con la sustentabilidad, fomentando así la reflexión crítica sobre el impacto ambiental de la extracción minera de algunos elementos y sustancias. Se buscó realizar adaptaciones microcurriculares para transformar los contenidos tradicionales a las realidades locales y a las necesidades de los estudiantes, fortaleciendo procesos de enseñanza – aprendizaje y promoviendo un aprendizaje significativo y contextualizado como base fundamental para ambientalizar el contenido.

3.4. Categorías de análisis y análisis de la información

De acuerdo con el alcance de la investigación y los instrumentos usados, se obtuvieron datos textuales o cualitativos. Estos fueron analizados desde el análisis del contenido en la perspectiva de Krippendorff (1990). Para ello se consideró como **unidad de análisis** la ambientalización del contenido, identificada en **unidades de registro** o UR, las cuales se codificaron y categorizaron desde el marco conceptual planteado y lo que surgió como categoría emergente, considerando la unidad de contexto. Así, la categorización se hizo según lo presentado en la tabla 1.

Tabla 1 Categorías iniciales para análisis de la ambientalización del contenido o AC

<i>Criterios De AC</i>	<i>Grado 1: débil (temática)</i>	<i>Grado 2: intermedia (disciplinar)</i>	<i>Grado 3: fuerte (integral)</i>
	←---disciplinar ←-----→interdisciplinar ←-----→transdisciplinar←---→		
De los principios	Relaciones de disciplina consigo misma o el desarrollo sostenible o DS	Relaciones entre disciplinas y con el desarrollo humano sostenible o DHS. Visión interdisciplinaria	Relaciones entre disciplinas, contextos y sustentabilidad ambiental o SA
De las demandas	Visiones lineales y epistemología de las ciencias	Epistemología ambiental	Visión sistémica y compleja
De los objetivos	Desarrollo de habilidades disciplinarias y pensamiento objetivo, además de comportamientos ecológicos	Formar comportamientos ambientales y valores o habilidades/competencias, para resolver problemas basados en el pensamiento crítico	Formar comportamientos y valores ambientales, capacidades/competencias para la transformación social y pensamiento crítico y complejo
De la formación	Enfocada en el individuo, quien resuelve cuestiones disciplinarias con implicaciones ecológicas	Enfocado en el individuo que resuelve problemas disciplinarios con implicancias en DS	Enfocado en lo individual y lo social, para resolver problemas reales y transformar la sociedad para tener un DHS
Del currículo y del contenido	Es temático y monodisciplinar, fragmentado, abstracto	Es interdisciplinar, pero los problemas se piensan desde la disciplina	Integra la educación ambiental o EA o el DHS, al enfocar las relaciones de contexto, lo interdisciplinar, transdisciplinar y al tener sentido lo que se enseña desde los PA

Nota. Fuente. Parga (2019, p.202)

Para el apoyo con la sistematización del análisis de la información se usó el software Atlas.ti 9.0.

3.5. Aspectos éticos y de calidad de la investigación

La investigación cumplió con criterios éticos asociados a la fidelidad de la información encontrada, no se usó consentimiento informado pues no se trabajó directamente con personas sino con documentos (libros de textos, los estándares básicos de competencias y derechos de aprendizaje); Como criterio de calidad se usaron los descritos en la tabla 2.

Tabla 2 Criterios de calidad de la investigación

Dimensiones	Características
Credibilidad	Relaciona la transparencia; es decir, se producen resultados con verosimilitud al contrastarlos desde el referente conceptual, la triangulación de datos, su congruencia con los resultados y al explicar el origen de las categorías.
Transferibilidad	Antes que hacer generalizaciones, se analizaron los datos desde los contextos implicados y estos fueron concluyentes para los libros de texto en particular analizados y su contraste con investigaciones reportadas en la literatura.

Dimensiones	Características
Confirmabilidad	La investigación utilizó la técnica de la triangulación de instrumentos y de datos desde las categorías propuestas y las emergentes.

Nota. Fuente. Tomado de Parga (2019)

4. RESULTADOS Y ANALISIS

A continuación, se presentan los resultados y sus respectivos análisis realizados, estructurados y orientados en función de los objetivos planteados, estos a su vez permitieron guiar las fases de caracterización, implementación y recolección de datos, organizadas del siguiente modo:

- Análisis del currículo y los libros de texto de química: Se con el propósito de identificar el grado de integración de enfoques ambientales en la formación académica y la ambientalización del currículo, así como el grado en el que esta se encuentra.
- Propuesta microcurricular ambientalizada: se diseñó una propuesta orientada a potenciar la inclusión de principios ambientales en el currículo, de la mano de la enseñanza del concepto de metal, permitiendo relacionarlo garantizando su relevancia y aplicabilidad en el ámbito educativo.
- Adicionalmente, se discute desde los objetivos planteados una visión que facilita el abordaje de un enfoque integral sobre la ambientalización curricular, que, a su vez, no solo permite comprender el estado actual del currículo, sino que también identifica oportunidades de mejora y estrategias que permiten avanzar hacia una educación más sostenible y contextualizada.

4.1. Resultados y análisis de la fase 1

Los documentos analizados a continuación fueron evaluados según los criterios de la ambientalización propuestos por Parga (2019) en el documento *Conhecimento didático do conteúdo ambientalizado na formação inicial do professor de química na Colômbia*. Se abordaron los *Estándares Básicos de Competencias* (EBC) y los derechos básicos de aprendizaje (DBA), documentos oficiales propuestos por el Ministerio de Educación Nacional (MEN) es así como en primera instancia se hizo un acercamiento a los EBC que son principalmente documentos curriculares oficiales del MEN para Ciencias Naturales en los diversos grados educativos de la escolaridad formal en Colombia, entre ellos el grado décimo. Están diseñados con el propósito de orientar la enseñanza hacia el desarrollo de competencias científicas esenciales, permitiendo

articular el conocimiento con la comprensión crítica del entorno, por ende los EBC ofrecen un marco conceptual que promueve y busca fortalecer una educación en ciencias centrada en pilares como la indagación, la explicación de fenómenos naturales y la toma de decisiones fundamentadas en la evidencia, dichos estándares se organizan en torno a competencias generales tales como la comprensión de la naturaleza de la ciencia, el conocimiento del mundo natural y la aplicación del saber científico en contextos reales (MEN, 2004).

Por su parte, los *Derechos Básicos de Aprendizaje* (DBA) actúan como un referente concreto de los aprendizajes mínimos que los estudiantes deberían alcanzar, están redactados de forma clara y puntual, centrados en lo que los estudiantes deben ser capaces de hacer al finalizar un cierto periodo académico, por ejemplo para grado décimo, los DBA se alinean con los EBC, priorizando a su vez procesos como la argumentación, la observación sistemática, la formulación de hipótesis y la comprensión de conceptos clave (MEN, 2016).

Tabla 3 Análisis desde los criterios de la AC: DBA Y EBC

Criterios de AC	DBA	Estándares Básicos de competencias
De los principios	Desde los principios no se evidencian relaciones de lo disciplinar con el desarrollo sostenible ni sustentable; a grandes rasgos se menciona: utilización de fórmulas y ecuaciones químicas para representar las reacciones entre compuestos inorgánicos para posteriormente nombrarlos con base en la nomenclatura IUPAC (MEN, 2016, p. 35) por ende, se determinó que la relación existente es <i>débil</i> , pues las relaciones existentes se limitan a la misma disciplina.	Desde los principios se evidencian relaciones de lo disciplinar con el desarrollo humano sostenible pues se abordan las temáticas tratadas relacionándolo con el DS sin llegar a establecer una relación transdisciplinar, es decir que se encuentra en un <i>grado 2 o intermedio</i> según las categorías iniciales para la ambientalización del contenido; las relaciones interdisciplinarias se dan desde el abordaje de problemas ambientales integrando lo social, ecológico y económico. Ejemplo de ello es cuando se sugiere que el estudiante puede llegar a analizar el potencial de los recursos naturales en la obtención de energía para diferentes usos (MEN, 2004, p. 23).
De las demandas	Durante la revisión se encontró una visión lineal y epistemología de las ciencias sin abordar los temas tratados más allá de una visión general de los mismos, es así como se puede decir que la relación existente es <i>débil</i> , pues se limita a una comprensión netamente disciplinar sin siquiera abordar el	Desde el abordaje que se hace del documento se encuentra que, aunque no se tiene una visión sistémica y compleja que da muestra de una relación transdisciplinar, si hay una relación interdisciplinar pues a lo largo del texto se hacen referencias desde lo epistemológico, su relación con las ciencias y lo ambiental, una muestra de ello es lo expuesto en el documento propuesto por el

Criterios de AC	DBA	Estándares Básicos de competencias
	componente ecológico. Un ejemplo de ello es: “Explica a partir de relaciones cuantitativas y reacciones químicas la formación de nuevos compuestos, dando ejemplos de cada tipo de reacción” (MEN, 2016, p. 35)	MEN: donde el educando debe explicar el funcionamiento de algún antibiótico y reconociendo la importancia de su uso correcto. (MEN, 2004, p. 23).
De los objetivos	Con relación a los objetivos propuestos se evidencia temprano desarrollo de habilidades disciplinarias y pensamiento objetivo mostrando una ausente formación de comportamientos ecológicos, pues solamente se abordan temáticas disciplinares de manera general, mostrando así que se encuentra en una categoría grado uno, <i>débil</i> disciplinar, donde no se forma en competencias ambientales para resolver problemas, centrándose eso sí, parcialmente en el pensamiento crítico pues como lo menciona el documento, los estudiantes deben “establecer la relación entre la distribución de los electrones en el átomo y el comportamiento químico de los elementos, explicando cómo esta distribución determina la formación de compuestos” (MEN, 2016, p. 35)	En relación con los objetivos propuestos dentro de los estándares básicos de aprendizaje se da un desarrollo de habilidades disciplinarias y pensamiento objetivo, pero desde la formación de comportamientos ecológicos, por ende, según los criterios de la AC se encuentra en grado uno con abordaje <i>débil</i> desarrollándose así a nivel netamente disciplinar, teniendo en cuenta que hay un desarrollo de habilidades y pensamiento objetivo además de formación en comportamientos ecológicos, de acuerdo con ello se propone que el estudiante pueda analizar el potencial de los recursos naturales en la obtención de energía para diferentes usos (MEN, 2004, p. 23).
De la formación	Desde los principios de formación se los estudiantes deben resolver problemas disciplinarios teniendo en cuenta el DS, por ende, se trabajan en relaciones interdisciplinares, es decir se podría ubicar en una categoría grado 1, observado desde lo mencionado en la página 35 donde se plantea que debe balancear ecuaciones químicas dadas por el docente, teniendo en cuenta la ley de conservación de la masa y la conservación de la carga, al determinar cuantitativamente las relaciones molares entre reactivos y productos de una reacción; así, se evidencia la presencia de ideas con conexiones simples de ensayo, con procesos mecánicos dados por pasos.	La visión que se tiene de la formación está enfocada en lo individual y lo social, con el fin de que se puedan llegar a resolver problemas reales y transformar la sociedad para tener un DHS, de acuerdo con ello se encuentra en un nivel de formación <i>grado 2</i> donde hay un desarrollo integral desde lo interdisciplinar. Se demuestra una comprensión de varias disciplinas. El estudiante puede reconocer los efectos nocivos del exceso en el consumo de cafeína, tabaco, drogas y licores además de escuchar a los compañeros, reconociendo otros puntos de vista, comparándolos con los propios y para poder modificar lo que se piensa ante argumentos más sólidos (MEN, 2004, p. 23).

Criterios de AC	DBA	Estándares Básicos de competencias
Del currículo y del contenido	Según el currículo y el contenido tratado en el documento se puede determinar que no se integra la EA en el currículo, pues las temáticas son abordadas desde una visión exclusiva de la disciplina, siendo así una categoría grado 1, por ejemplo, plantea utilizar formulas y ecuaciones químicas para representar las reacciones entre compuestos inorgánicos (MEN, 2016, p. 35).	Cuando se detalla sobre el documento y como se aborda el contenido se puede determinar que se Integra la EA o el DHS, enfocándose en las relaciones de contexto y lo interdisciplinar, es así como se determina que se encuentra en un <i>grado 2</i> de AC pues según Parga (2019) esta relación se da cuando los contenidos se abordan desde científico (ecológico) y social. Por ejemplo, se menciona como los educandos deben estar en la capacidad de explicar algunos cambios químicos que ocurren en el ser humano y deben buscar ejemplos de principios termodinámicos en algunos ecosistemas (MEN, 2004, p. 23).

Nota. Fuente. Elaboración propia

En el análisis comparativo de los documentos se evidencian diferencias en la integración del desarrollo humano sostenible (DHS): los DBA evidencian falencias al centrarse en lo netamente disciplinar pues establece una escasa y en ocasiones inexistente conexión con lo ambiental y lo social. Por otro lado, los EBC establecen relaciones interdisciplinarias, incorporando elementos ecológicos y sociales, aunque es importante mencionar que ambos documentos carecen de una visión sistémica y compleja consistente, evidenciando de paso una limitada formación en cuanto a competencias ambientales prácticas se refiere, por ende, se requiere una mayor integración de la educación ambiental y el desarrollo humano sustentable en el currículo desde una perspectiva crítica y transformadora.

4.2. Resultados y análisis de la fase 2

El análisis de los textos de química para décimo grado es un paso esencial si se busca analizar la formación del conocimiento escolar sobre el concepto *metal* y las limitaciones que le impiden una mayor profundización. En este sentido, los libros de texto sirven como mediadores entre el currículo que se encuentra escrito y el currículo que es llevado a la práctica, en muchos casos, son las fuentes de consulta principales tanto para docentes como para estudiantes (Jiménez Aleixandre, 2000). No obstante, la revisión ha demostrado que estos materiales adolecen de un tratamiento de los conceptos científicos de manera interdisciplinar o transdisciplinar, llevando a que el abordaje del concepto sea fragmentado, descontextualizado y mayoritariamente orientado a la memorización

(Perales y Jiménez, 2002; Parga, 2018). En relación con el tema de los metales, tales limitantes se evidencian en explicaciones basadas en características generales (brillo, ductilidad o conductividad), sin que se establezca alguna conexión con dimensiones sociales, culturales, tecnológicas o ambientales ligadas a su explotación y utilización (Furió y Calatayud, 1998; Justi y Gilbert, 2000). Por ello, se justifica la consideración de los libros de texto y su respectiva revisión y análisis, desde las categorías, por lo tanto, con ellas, se dedujo sobre el nivel de convergencia entre el concepto *metal* desde el análisis del currículo y el contenido, así como también desde el análisis de los diferentes niveles de ambientalización. Dentro de estas categorías se dispusieron 2 categorías: *categoría N1*, que aborda el tratamiento del concepto metal a partir de la formación y el currículo, esta a su vez tuvo 3 subcategorías que: C1 disciplinar, C2 interdisciplinar y C3 transdisciplinar; también se estableció la *categoría N2* que relaciona el concepto de metal desde los objetivos con enfoque disciplinar, todo ello con la finalidad de determinar el grado de ambientalización y la posibilidad de proponer una mejor enseñanza: más crítica, contextualizada y con principios sustentables.

El libro que presentó el mayor número de unidades de registro fue Saberes Química 10, con un total de 63 registros, lo que lo posiciona como el texto con mayor presencia de elementos que se relacionaron con la ambientalización del contenido, si bien, no es la deseada. Este resultado evidencia que dicho libro integra con mayor frecuencia aspectos disciplinares y en menor medida interdisciplinares, asociados al concepto de metal y su enseñanza; Es así como el volumen de registros supera al de los otros textos analizados, reflejando una mayor densidad de contenido susceptible de análisis, además, su aporte resulta significativo para identificar cómo se articulan los conceptos químicos dentro del currículo escolar.

Tabla 4 Tabla código documentos

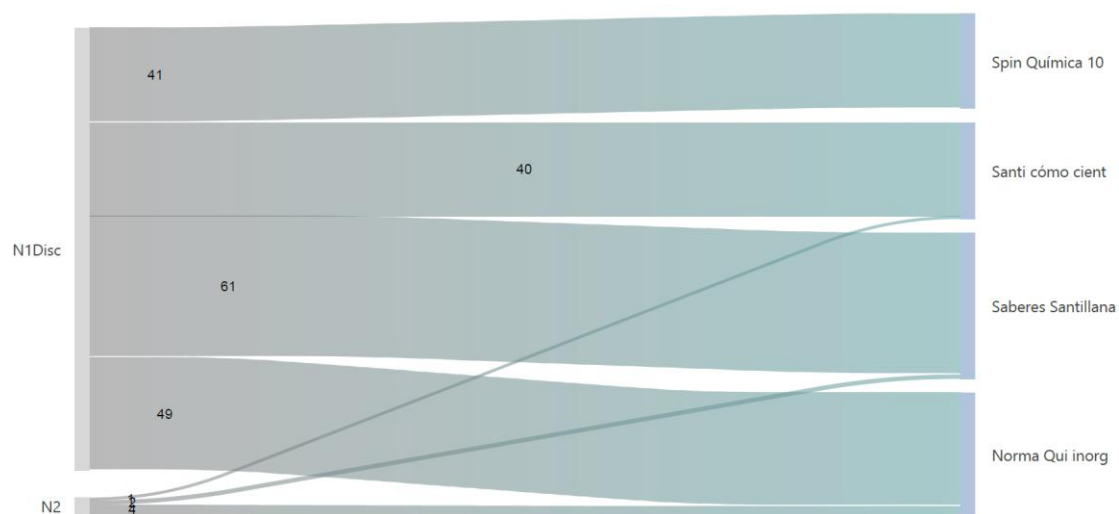
	1: Norma Q... 53	2: Saberes S... 63	3: Santi cóm... 42	4: Spin Quí... 41	Totales
◇ N1Disc 191	49	61	40	41	191
◇ N2 7	4	2	1		7
Totales	53	63	41	41	198

Nota. Fuente. Tomado de Atlas Ti

4.2.1. Categoría N1: Currículo y contenido

El análisis de la *categoría N1* evidenció que los libros de texto presentan un tratamiento predominantemente disciplinar del contenido. Los códigos C1, C2 y C3 permitieron establecer tres tendencias que se muestran a continuación en la figura 1:

Figura 1 Densidad de las categorías N1 y N2 identificadas en los 4 libros de texto



Nota. Fuente. ATLAS.ti 9

- **C1 (Currículo disciplinar):** Los textos de Santillana Química 10 y Spin Química 10 abordan el concepto de metal desde definiciones estructurales y propiedades físico químicas básicas, priorizando la memorización de conceptos, sin establecer conexiones con procesos industriales, impactos ambientales o problemáticas sociales. Esto coincide con lo observado por Martínez (2014), quien señala que los libros de química colombianos reproducen una visión cerrada del conocimiento, centrada en la estructura y composición de la materia, sin contextualización social o ambiental.
- **C2 (Currículo interdisciplinar):** En algunos fragmentos de los textos, particularmente en Norma Química 10, se evidencian intentos de integrar la química con la física o la biología a través de ejemplos de corrosión, aleaciones o aplicaciones biomédicas. Sin embargo, esta relación no se consolida como un eje articulador del aprendizaje, sino como un complemento ilustrativo. La interdisciplinariedad, en este sentido, se reduce a menciones superficiales y no a una construcción de conocimiento integrado (Parga y Carvalho, 2019).
- **C3 (Currículo transdisciplinar):** Ninguno de los textos revisados alcanza un nivel transdisciplinar. No se abordan las implicaciones ambientales o socioeconómicas derivadas

del uso y extracción de metales como el cobre, el litio o el rodio, a pesar de su relevancia actual. Esto revela la ausencia de un enfoque que relacione el contenido con la sostenibilidad o con cuestiones sociocientíficas reales como lo establecen Mora Parga (2025), Sterling (2001) y Tilbury (2011).

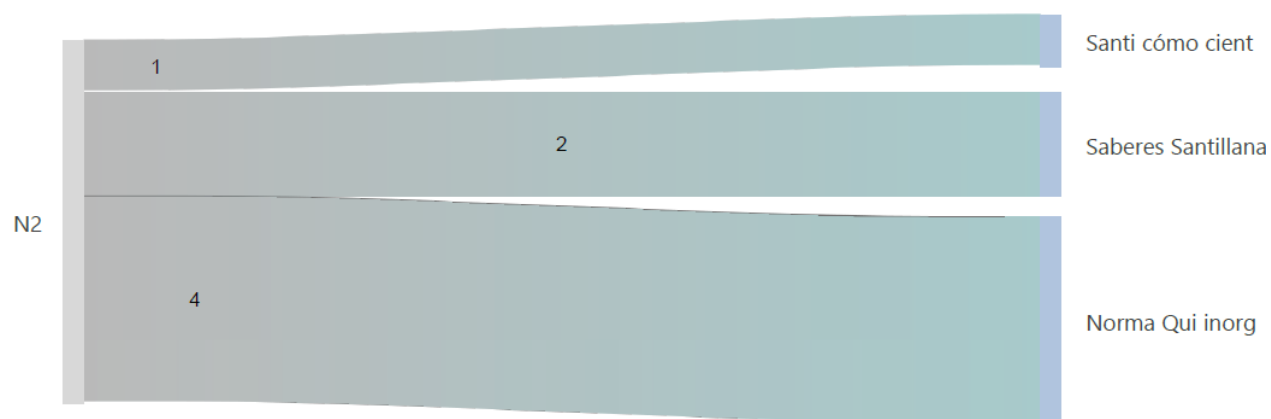
En síntesis, el análisis de la *categoría N1* permite concluir que los libros se ubican principalmente en un nivel 1 de ambientalización del contenido (Parga, 2019) poco deseable, caracterizado por un currículo monodisciplinar, abstracto y fragmentado. Esto limita la formación de un pensamiento crítico y ambiental en los estudiantes, reduciendo todo lo que es e implica la química a una ciencia descriptiva desconectada de los problemas actuales.

4.2.2. Categoría N2: Abordaje del concepto metal desde los objetivos

El análisis desde la *categoría N2* aborda las formas de tratar de alcanzar los objetivos de enseñanza relacionados con las nociones de los *metales* dentro de los libros, se nota que la mayor parte de ellos enuncian objetivos recogidos dentro del conocimiento teórico sin realizar ningún tipo de vinculación con la toma de decisiones o resolución de problemas socioambientales. Las unidades de registro para N2 se presentan en la figura 2 evidenciando los libros que aportan a esta categoría.

Así, los textos indican que los estudiantes “identifiquen propiedades de los metales” u “observen su lugar en la tabla periódica”, lo cual evidencia una visión conductista del aprendizaje y un abordaje netamente disciplinar sin establecer mínimas relaciones interdisciplinarias. En este sentido no se alienta a entender procesos como la minería, el reciclaje o la contaminación por metales pesados, que harían posible vincular el saber químico con la realidad social.

Figura 2 Distribución de unidades de registro N2 en los 4 libros de texto



Nota. Fuente. ATLAS.ti 9

Algunos apartados de los libros de Santillana (Como científicos y Saberes Santillana), traen experimentos simples de reacción de los metales donde se llevan a cabo procesos relativos a la oxidación, pero no hay una reflexión ética o ambiental sobre estas actividades. Esto es consistente con los resultados de Badillo et al. (2024) y Parga (2024) quienes reportan que, sin un contexto socioambiental, los estudiantes muestran la tendencia a pensar la química como una ciencia alejada de la sociedad. Desde una perspectiva de la didáctica ambiental del contenido, las metas delineadas en los textos no se proyectan más allá del nivel disciplinar (grado 1), ya que no se fomentan ni actitudes de sustentabilidad ni competencias científicas críticas (Gutiérrez y Chinome, 2020; Parga 2019; 2021).

En consecuencia, la *categoría N2* muestra que los objetivos de enseñanza se limitan a la descripción y clasificación, omitiendo el desarrollo de competencias ciudadanas, ambientales o éticas. Esto refleja una débil articulación entre los propósitos educativos y los principios del desarrollo sostenible, lo que reafirma la necesidad de una reformulación curricular ambientalizada (Parga et al., 2021; Leff, 2006).

4.2.3. Triangulación de la fase 2

Los resultados obtenidos mediante Atlas.ti y la codificación en las categorías N1 y N2 (ver figuras 3 a 6) evidencian que los libros de texto de química analizados presentan limitaciones estructurales y didácticas que obstaculizan la comprensión integral del concepto *metal*. Predomina un currículo disciplinar con escasa integración ambiental o interdisciplinaria, y los objetivos de aprendizaje se centran en la repetición conceptual más que en la aplicación contextual. Esta situación coincide con estudios recientes que advierten la urgencia de reorientar los libros de texto hacia una educación científica crítica, interdisciplinaria y ambientalmente comprometida (Czerniak y Johnson, 2014; Parga, 2019; Sauvé, 1997).

Tabla 5 Análisis comparativo de los libros de texto frente a la enseñanza de los metales

Libro de texto	Categoría N1: Currículo y contenido	Nivel de AC (Grado)	Categoría N2: Abordaje del concepto de metal desde los objetivos	Nivel de AC (Grado)	Observaciones generales
Santillana como científicos 10° (2024)	Predomina una visión disciplinar centrada en propiedades y estructura de los metales. No hay integración con	Grado 1 (débil)	Los objetivos enfatizan la identificación y clasificación de los metales. No se promueven competencias ambientales ni toma de decisiones.	Grado 1 (débil)	El contenido es fragmentado, con actividades experimentales sin reflexión ambiental. Ausencia de vínculos CTS o CSC.
Saberes Santillana 10° (2016)	Se evidencian intentos interdisciplinarios con ejemplos de corrosión y reciclaje, pero sin profundizar en aspectos sociales o ecológicos.	Grado 2 (intermedio)	Algunos objetivos mencionan el uso responsable de los materiales, pero sin conexión explícita con la sostenibilidad.	Grado 2 (intermedio)	Hay avances hacia la contextualización, aunque persiste una enseñanza descriptiva y lineal del concepto de metal.
Spin Química 10° (1997)	Enfoque disciplinar tradicional, con predominio de fórmulas y propiedades periódicas. No se mencionan impactos ambientales ni procesos de minería.	Grado 1 (débil)	Los objetivos se centran en el dominio conceptual sin considerar la aplicación práctica ni la reflexión ética.	Grado 1 (débil)	Reproduce un modelo transmisivo y memorístico. No se promueve la comprensión integral de los metales.
Norma Química 10° (2019)	Presenta vínculos interdisciplinarios con la física (conductividad, energía) y con procesos industriales. Sin embargo, no alcanza un nivel transdisciplinar.	Grado 2 (intermedio)	Propone algunos objetivos asociados al análisis de procesos productivos, pero sin integrar la dimensión ambiental.	Grado 2 (intermedio)	Es el texto con mayor potencial para ser ambientalizado; requiere vincular los conceptos con problemas socioambientales.

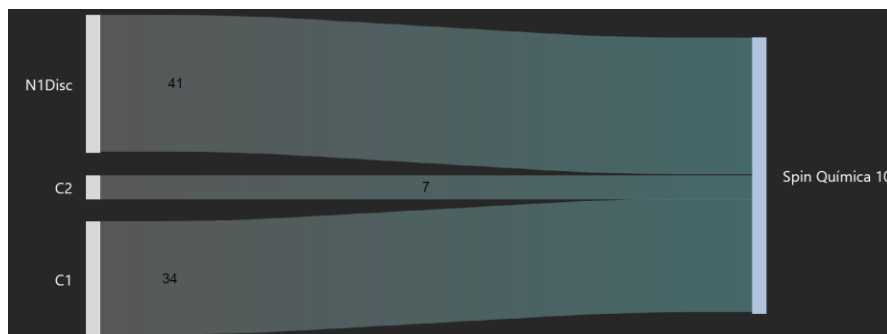
Nota. Fuente. Elaboración propia

Figura 3 Diagrama Sankey para el libro Santillana como científicos



Nota. Fuente. ATLAS.ti 9

Figura 4 Diagrama Sankey para el libro spin química 10



Nota. Fuente. ATLAS.ti 9

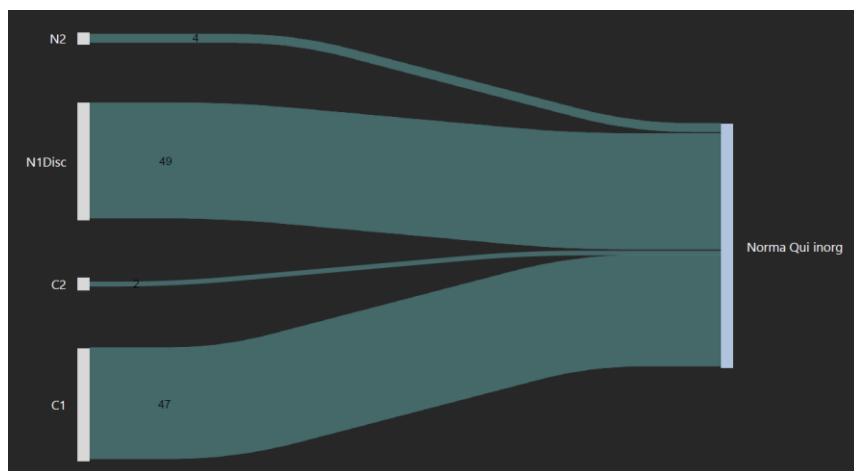
El análisis comparativo permite identificar que ningún libro alcanza el Grado 3 de ambientalización del contenido (transdisciplinar). Dos de ellos (Santillana como científicos y Spin Química 10) se ubican en el Grado 1 (disciplinar débil), centrados en una enseñanza tradicional y conceptual del metal.

Figura 5 Diagrama Sankey para el libro Saberes Santillana



Nota. Fuente. ATLAS.ti 9

Figura 6 Diagrama Sankey para el libro Norma Química inorgánica



Nota. Fuente. ATLAS.ti 9

Los otros dos (Saberres Santillana y Norma Química 10) alcanzan el Grado 2 (intermedio), de manera casi incipiente al mostrar ciertos indicios de interdisciplinariedad, aunque sin consolidar un enfoque ambiental o socio científico.

Esto confirma que los textos analizados no integran el concepto *metal* dentro de un contexto de sostenibilidad, ni promueven competencias críticas o ambientales. De acuerdo con Parga et al. (2021) esta limitación refleja una “enseñanza cerrada y lineal de la química”, lo que impide que los estudiantes comprendan las implicaciones sociales y ecológicas de los procesos metalúrgicos.

En este sentido, los libros aún funcionan como vehículos de un currículo fragmentado, descontextualizado y monodisciplinar (Carrión y Parga, 2014; Furió y Calatayud, 1998), lo que refuerza la necesidad de avanzar hacia una propuesta micro curricular ambientalizada que permita conectar la enseñanza de los metales con problemas reales como la minería, la contaminación y la sustentabilidad.

4.3. Análisis general de la Fase 2

El análisis comparativo de los cuatro libros de texto permitió reconocer patrones comunes en la forma en que se aborda el concepto *metal* dentro del currículo escolar de química. En todos los casos, el contenido se presenta con un fuerte sesgo disciplinar, lo que coincide con los hallazgos de Parga (2018) y Carrión y Parga (2014), quienes identifican que los textos de química en Colombia reproducen modelos tradicionales centrados en la transmisión de información no más allá de lo conceptual y en la aplicación mecánica de fórmulas, sin propiciar la reflexión crítica ni

la relación con problemáticas del entorno. Esta tendencia se traduce en una débil ambientalización del contenido, donde la enseñanza se restringe a describir propiedades, clasificaciones y estructuras, sin establecer conexiones con los impactos sociales, tecnológicos o ecológicos asociados al uso y extracción de los metales.

Desde la *categoría N1* (currículo y contenido), se observa que los libros operan mayoritariamente bajo un enfoque monodisciplinar, en el que la química se concibe como un cuerpo cerrado de saberes, desvinculado de otras disciplinas. Aunque algunos textos, como Saberes Santillana y Norma Química 10, intentan integrar nociones de energía, corrosión o materiales reciclables, estas referencias son netamente ilustrativas y no alcanzan a consolidar un enfoque interdisciplinar y menos aún transdisciplinar. Tal como advierte Sterling (2001), la educación para la sostenibilidad requiere no solo incluir contenidos ambientales, sino también debe transformar los métodos pedagógicos hacia una comprensión más compleja e integrada de los fenómenos.

En este sentido, los textos analizados se ubican entre los grados 1 y 2 de ambientalización (Parga, 2019), evidenciando una enseñanza que no promueve la comprensión de los metales como recursos finitos ni su papel dentro de las dinámicas económicas, sociales, culturales y ambientales globales.

En cuanto a la *categoría N2* (abordaje desde los objetivos), los resultados muestran que los propósitos educativos planteados en los libros se limitan a la adquisición de conocimientos conceptuales y a la ejecución de ejercicios prácticos elementales, sin vincularlos a la toma de decisiones, la resolución de problemas o la formación de valores ambientales. Como lo destacan Czerniak y Johnson (2014), una educación científica ambientalizada debe propiciar que los estudiantes comprendan la interacción entre ciencia, tecnología y sociedad, para desarrollar pensamiento crítico frente a los retos de sustentabilidad. Sin embargo, en los textos revisados persiste un modelo centrado en el aprendizaje memorístico, con objetivos orientados a la reproducción de información más que al análisis contextual o la formación para comprender los problemas actuales. Esto obstaculiza la construcción de competencias científicas y ambientales, limitando la posibilidad de que el aula se convierta en un espacio de diálogo entre la química, la sociedad y la naturaleza (Gutiérrez y Chinome, 2020).

En **síntesis**, la fase 2 permitió evidenciar que los libros de texto de química para grado décimo presentan limitaciones estructurales, curriculares y pedagógicas frente a la enseñanza de los metales. Estas limitaciones se expresan en la ausencia de un enfoque ambientalizado, la escasa

integración interdisciplinar y la falta de contextualización de los contenidos. Este panorama confirma la necesidad de avanzar hacia una fase 3 orientada al diseño de una propuesta microcurricular ambientalizada, que supere el tratamiento descriptivo y fragmentado del concepto *metal* y lo sitúe en el marco de una cuestión sociocientífica como la extracción y uso del rodio que favorezca la reflexión crítica, la formación ética y la construcción de una conciencia ambiental en los estudiantes (Parga et al., 2021; Sauvé, 1997).

4.4. Análisis de la fase 3

El análisis de la fase 3 permitió formular una propuesta microcurricular ambientalizada para la enseñanza de los metales en décimo grado, asociada a una cuestión sociocientífica: el rodio como el metal natural más caro del mundo, es así como esta propuesta integra contenidos ambientales sociales y éticos. Esta, tiene la intención de superar las falencias detectadas en los textos escolares tradicionales que ofrecen, sobre todo, un tratamiento disciplinar, descontextualizado y poco vinculado a las problemáticas socio ambientales.

La propuesta se basa en la necesidad de transformar la enseñanza de la química, que es el modelo tradicional centrado en la transmisión de conceptos, a uno crítico, contextualizado y orientado a la acción, esto se logra a través del enfoque de la ambientalización del contenido, que representa una apuesta curricular para incluir perspectivas que incluyen los ambiental, social, ético y cultural. La selección del rodio y su problemática asociada como eje central de la propuesta no es aleatoria: su importancia económica, sus aplicaciones tecnológicas (los catalizadores de los automóviles) y sus severos impactos ambientales y sociales lo hacen un excelente caso para hacer un acercamiento al estudiar la complejidad de algunos de los problemas actuales.

La propuesta está organizada en tres secuencias didácticas, con seis sesiones en total, a desarrollar desde la interpretación conceptual hasta la aplicación y acción transformadora.

Secuencia 1: Propiedades, estructura y significado ambiental de los metales. Esta secuencia inicia con la identificación de propiedades de los metales y su relación con la estructura atómica y posteriormente presenta el caso específico del rodio, se pretende que los estudiantes entiendan no solamente las características fisicoquímicas, sino también la dualidad del avance tecnológico: a la vez que el rodio ayuda a reducir emisiones contaminantes, su extracción provoca un significativo impacto ecológico.

Secuencia 2: Minería, contaminación y justicia ambiental. En esta secuencia se examinan los aspectos más esenciales del ciclo de vida de los metales, es donde los alumnos realizan un acercamiento desde las diferentes actividades en los procesos mineros, sus huellas ecológicas y los conflictos socioambientales que originan. Hay para reflexionar sobre justicia ambiental, una evaluación crítica frente a las posibilidades, conflictos, intereses y los límites de una minería responsable.

Secuencia 3: Economía circular y reciclaje de los metales. La propuesta finaliza con una mirada propositiva, en búsqueda de salidas frente a los actuales escenarios, los estudiantes investigan e indagan sobre la fundición de los metales, principios de la economía circular y ecodiseño como alternativas para disminuir la dependencia de la minería virgen y reducir residuos, se da el cierre a la secuencia analizando y presentando propuestas innovadoras y sostenibles respecto al uso del metal.

Por otro lado, es oportuno mencionar que la propuesta es de carácter dinámica y participativa, ya que cada sesión se divide en cuatro tiempos: inicio, desarrollo, cierre y reflexión, con la utilización de la CSC, de este modo la problemática del rodio se constituye en motivo conductor para conectar los contenidos químicos con debates éticos, económicos y políticos. A lo largo de la propuesta microcurricular se trabajan aspectos como:

- Experimentación y análisis prácticos: Se plantean actividades de laboratorio como pruebas sobre propiedades, separación de metales para a partir de esto, relacionar la teoría con la práctica.
- Discusión y juego de roles: Se genera un espacio de reflexión sobre dilemas tales como los costos ambientales asociados al desarrollo tecnológico.
- Proyectos de colaboración: La elaboración de prototipos sustentables y campañas de comunicación ambiental propician la colaboración, la creatividad y el saber hacer.
- Empleo de las TICs: Se utiliza también videos y artículos, así como software para dinamizar la investigación y la socialización de ideas.

La fase 3 constituye uno de los principales aportes de la investigación, pues permite el diagnóstico para plantear una alternativa pedagógica – didáctica concreta y fundamentada, así mismo su valor radica en:

- Ruptura con la perspectiva disciplinar: se muestra la posibilidad de abordar un contenido clásico como el de los metales desde una perspectiva interdisciplinar, articulando química con geografía, economía, ética y educación ambiental.
- Desarrollo de competencias ciudadanas: Los estudiantes van más allá de memorizar propiedades, desarrollan pensamiento crítico, argumentación, toma de decisiones informadas, y se ven involucrados en la función que cumplen como agentes de cambio.
- Compromiso con la educación para el desarrollo: El proyecto hace expresa referencia a los ODS, en especial al ODS 4 (Educación de calidad), ODS 12 (Producción y Consumo Responsable) y al ODS 13 (Acción contra el cambio climático).
- Viabilidad contextual: La fase 3 es una intervención orientada y articulada con las carencias propias de la bibliografía analizada, además, la propuesta microcurricular no sólo agrega contenidos sobre medio ambiente, sino que integra la enseñanza del concepto de metal, introduciéndolo en un contexto real y problematizante, al hacerlo, presenta el aprendizaje de la química como una experiencia valiosa, relacionada con la vida, y como una fuente para la formación de ciudadanos aptos para responder a los retos socioambientales del siglo XXI. Esta etapa marca un precedente muy favorable a posteriores innovaciones curriculares que pretendan ambientalizar la enseñanza de las ciencias desde una mirada crítica y transformadora.

5. CONCLUSIONES

El presente trabajo permitió realizar un análisis sobre las limitaciones que presentan los libros de texto de química de grado décimo frente a la enseñanza del concepto metal, integrando un enfoque de ambientalización del contenido desde las categorías propuestas por Parga (2019).

Para esto se analizaron los documentos curriculares nacionales frente a la enseñanza de la química de los metales en grado Décimo (DBA y EBC), cuatro libros de texto de editoriales colombianas y se diseñó una propuesta microcurricular, como ejemplo para considerar las limitaciones encontradas.

Así, en la primera fase, al analizar los DBA y EBC se evidenció que estos orientadores curriculares del país están enfocados en el contenido disciplinar, se alejan incluso de los niveles iniciales de ambientalización cuando se propone el contenido asociado a los metales.

En la segunda fase, se hizo la caracterización de cuatro libros de texto (Santillana como científicos, Saberes Santillana, Spin Química 10 y Norma Química 10). Allí se evidenció que la mayoría de ellos reproducen una enseñanza tradicional, conceptual y fragmentada, con escasa relación con la realidad ambiental, tecnológica y social que enmarca el aprendizaje de los metales. Este hallazgo responde directamente al objetivo general relacionado con analizar las limitaciones de un conjunto de cuatro libros de texto de química frente a la enseñanza de los metales

Este análisis llevó a identificar el grado de ambientalización del contenido en torno al concepto *metal* en los cuatro textos escolares, para posteriormente orientar una propuesta microcurricular ambientalizada que fortalezca la enseñanza de la química desde una perspectiva crítica y contextual, es decir, basada en una cuestión sociocientífica.

Los resultados del estudio corroboraron que los contenidos de los textos analizados se sitúan, fundamentalmente, en los niveles 1 y 2 de ambientalización, definidos por una perspectiva disciplinar del conocimiento químico. Se notó una fuerte inclinación hacia la descripción de fenómenos y características físicas y químicas tales como: ductilidad, brillo, maleabilidad, conductividad, sin siquiera mencionar algo relacionado a sus procesos de extracción, procesamiento, reciclado de metales o con las influencias socioambientales que se derivan de ello. Así, el conocimiento es presentado de manera fragmentada, descontextualizada y orientado a la transmisión de información, lo que coincide con lo expresado por autores como Jiménez

Aleixandre et al. (2000) y Parga (2018; 2021), los cuales alertan que los libros de texto siguen funcionando como dispositivos de reproducción de un currículo tradicional, antes que ser mediadores para el pensamiento crítico y la alfabetización científica.

Con respecto a la *categoría N1* que relaciona el análisis del currículo y del contenido, los resultados obtenidos indican que los textos tienen en esencia un abordaje del concepto metal que no va más allá de la concepción disciplinar del mismo. Aunque también es sabido que puede haber algunos casos donde se intente relacionar el concepto de metal natural de la química con otras ciencias como la física en los casos de la conductividad eléctrica, la energía metálica estas relaciones son superficiales, aunque se encuentra muy lejos de llegar a un enfoque transdisciplinar. Este aspecto pone de manifiesto la ausencia de un modelo de enseñanza que favorezca la comprensión de los fenómenos químicos en toda su complejidad, es decir, en interacción con dimensiones sociales, económicas, culturales y ambientales por parte de los alumnos. Tal como observa Sterling (2001), la educación para el desarrollo sostenible no se consigue simplemente añadiendo contenidos ambientales, sino que requiere la transformación de los métodos de enseñanza desde perspectivas integradas, reflexivas. Por lo tanto, el currículo sigue siendo instrumental y con claro sesgo hacia el dominio conceptual, memorístico, sin que se abra paso a la problematización y cuestionamiento en torno al uso de los metales en la sociedad contemporánea.

Respecto a la *categoría N2* (abordaje del concepto *metal* desde los objetivos), se identificó que los propósitos de aprendizaje en los libros analizados priorizan el reconocimiento de propiedades y la ubicación de los metales en la tabla periódica, dejando de lado competencias asociadas con la reflexión ética, la toma de decisiones o el análisis de problemas socioambientales. Los objetivos mantienen un enfoque conductista que concibe el aprendizaje como la adquisición de información, más que como la construcción activa de conocimiento significativo. Esto contrasta con principios de la educación científica actual, que promueve la contextualización, la resolución de problemas reales y la alfabetización científica crítica (Czerniak y Johnson, 2014; Parga y Piñeros, 2018; Parga, 2022). La ausencia de estos elementos limita el desarrollo de actitudes responsables y de conciencia ambiental en los estudiantes, reduciendo la enseñanza de la química a una práctica que es solo descriptiva y por lo tanto desprovista de un sentido social.

En coherencia con los objetivos específicos del presente trabajo, la *tercera fase* permitió diseñar una propuesta microcurricular ambientalizada basada en una cuestión sociocientífica (CSC)

relacionada con la extracción y el uso del rodio. Esta propuesta constituye una alternativa pedagógica – didáctica para superar las limitaciones identificadas, al situar el aprendizaje del concepto *metal* en un contexto real que vincula la ciencia, la tecnología, el ambiente, la sociedad y cultura, a través de esta CSC. Se propicia la reflexión sobre la minería, la contaminación y la sostenibilidad, favoreciendo el desarrollo de competencias científicas, éticas y ciudadanas. Mediante esta CSC y el desarrollo de la misma a lo largo de la propuesta, se invita a reflexionar sobre la minería, la contaminación y aspectos del desarrollo humano sostenible (DHS), en favor del fortalecimiento de competencias científicas, éticas y ciudadanas. Este hallazgo reafirma lo dicho por Sauvé (1997), y Parga et al. (2021) sobre el hecho de introducir principios ambientales en el currículo, pues esto, no deberá tratarse simplemente de la adición de temas ecológicos de manera aislada y casi forzada, sino de enfocarse en la formación de ciudadanos críticos, quienes pueden analizar las implicaciones de la ciencia en su entorno y en la construcción activa de sociedades más sustentables.

Finalmente, el proyecto contribuye con la ambientalización de la enseñanza de la química al presentar una propuesta microcurricular para contenidos disciplinares, es por ello que la inclusión de la perspectiva ambiental permite ir más allá en la tradicional enseñanza, promoviendo aprendizajes con un mayor significado, relacionando los conceptos químicos con problemas mundiales y regionales. De esta forma, se busca avanzar hacia una ciencia desde la educación transformadora de la cual se reconozca la ciencia, cultura, sociedad y ambiente, como entes interdependientes que se fortalecen entre sí. La investigación demuestra que el estudio de los *metales* puede ser algo más que su estructura y propiedades, y destaca que esta puede ser utilizada para fomentar conciencia ambiental y pensamiento crítico en los alumnos de educación secundaria, favoreciendo que se puedan llegar a alcanzar más pronto metas del DHS, o incluso formar para la incertidumbre, esto de la mano de una sociedad comprometida con el cuidado del planeta.

De acuerdo con lo anterior, los resultados obtenidos permiten concluir que los contenidos de los libros de texto de química en la actualidad se encuentran con un escaso nivel de ambientalización; sin embargo, presentan un punto de inicio para el análisis de la enseñanza de los metales desde una mirada contextual, interdisciplinaria y de responsabilidad ambiental. El diseño de la propuesta microcurricular a partir de estos resultados representa un avance hacia un currículo más afín a las exigencias del siglo XXI en el que la enseñanza de la química pueda ser reconocida como un

proceso formativo integral orientado al desarrollo sustentable o ir incluso más allá de esto: la justicia ambiental y la participación ciudadana informada. Este trabajo no sólo ratifica la urgencia de modificar, fortalecer y transformar los textos escolares, sino que aporta en el análisis de éstos con la ambientalización del contenido como pilar, al realizarlo desde los niveles de ambientalización propuestos por Parga (2019), se articula un marco general desde el cual los docentes de ciencias pudiesen llegar a considerar otros contenidos y sugerir posibles intervenciones a nivel curricular. Si bien es necesaria la transformación de los estándares básicos de competencia y los DBA como orientadores del currículo nacional pues no presentaron ambientalización, y por esto no se favorece el trabajo de las apuestas editoriales.

La brecha identificada entre la enseñanza de los *metales* y sus implicaciones socioambientales subraya la urgencia de migrar de un currículo prescriptivo y un tanto enciclopédico a uno problematizador y ético que tenga en cuenta el DHS. De cara al futuro, es esencial que nuevas investigaciones se enfoquen en la implementación y evaluación de propuestas micro curriculares ambientalizadas, como es el caso de la que se plantea en el presente trabajo de investigación una propuesta microcurricular que aborda el concepto de metal ligado al rodio como el metal natural más caro del mundo, esto con el fin de medir su impacto real en el desarrollo del pensamiento crítico y la conciencia ambiental de los estudiantes. Asimismo, se fortalece la línea de explorar cómo la formación docente inicial y continua puede incorporar estos modelos de análisis y diseño curricular, asegurando que los futuros educadores sean agentes de cambio capaces de trascender la enseñanza tradicional y situando de paso la química como una ciencia clave para la comprensión y la solución de los complejos desafíos de la sustentabilidad global.

7. REFERENCIAS

- Alba, D. (2014). *Contenidos CTSA en libros de texto de química*. Trabajo de grado (Maestría). Repositorio UPN. <http://hdl.handle.net/20.500.12209/249>.
- Anastas, P. T., y Warner, J. C. (1998). *Green Chemistry: Theory and Practice*. Oxford University Press.
https://books.google.com.co/books/about/Green_Chemistry.html?id=SrO8QgAACAAJ&redir_esc=y
- Badillo Bejarano, L. M., Martínez Gómez, L. P., y Hernández Camargo, J. N. (2024). Enseñanza de la química ambientalizada desde la CSC “El impacto del litio en el cambio climático” en un grupo de estudiantes de séptimo grado. Universidad Pedagógica Nacional. *Trabajo de grado*. <http://hdl.handle.net/20.500.12209/19978>
- Barth, M., Michelsen, G., Rieckmann, M., y Thomas, I. (2014). *Sustainability and Education: From Theory to Practice*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203813331>
- Braga, G., y Belver, J. L. (2016). El análisis de libros de texto: una estrategia metodológica en la formación de los profesionales de la educación. *Revista Complutense de Educación*, 27(1), 199–218. https://doi.org/10.5209/rev_RCED.2016.v27.n1.45688
- Carrión, D. y Parga, D. L. (2014). Evolución de los libros de texto de química 10° y 11°. *Revista Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, Número Extraordinario. <http://hdl.handle.net/20.500.12209/15283>.
- Catret, P., Solé, J., y Fernández-González, M. (2013). Enseñar química en contexto: Innovaciones didácticas en educación secundaria. *Educación Química*, 24(4), 747-754. <https://doi.org/10.1016/j.eq.2015.07.002>
- Cotton, F. A., Wilkinson, G., Murillo, C. A., y Bochmann, M. (2006). *Advanced inorganic chemistry*. John Wiley & Sons.
- Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4th ed.). SAGE Publications. https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Research+design%3A+Qualitative%2C+quantitative%2C+and+mixed+methods+approaches+%284th+ed.%29.&btnG=
- Cruz Gavilán, I., Cano-Díaz, G. S., y Aburto-Mejía, S. (2018). Diseño de herramientas didácticas basado en competencias para la enseñanza de la química ambiental. *Educación Química*, 24(3), 351-367. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(13\)72479-0](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(13)72479-0)
- Czerniak, C. M., y Johnson, C. C. (2014). Interdisciplinary science teaching. In *Handbook of Research on Science Education, Volume II* (pp. 395-411). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203097267>

- El Tiempo. (23 de enero de 2023). El ascenso del rodio, el metal natural más caro del mundo. <https://www.eltiempo.com/economia/sectores/cual-es-el-metal-mas-car-del-mundo-737506>
- El Tiempo. (3 de diciembre de 2018). *Rodio: el metal precioso más caro del mundo*. El Tiempo <https://www.eltiempo.com/tecnosfera/novedades-tecnologia/rodio-el-metal-precioso-mas-car-del-mundo-255186>
- Fullan, M. (2007). *The new meaning of educational change* (4th ed.). Teachers College Press. https://books.google.com.co/books/about/The_New_Meaning_of_Educational_Change.html?id=dvc84eFzKkkC&redir_esc=y
- Galeano Marín, M. E. (2012). *Estrategias de investigación social cualitativa: El giro en la mirada*. Medellín: La Carreta Editores.
- Gałuszka, A., y Migaszewski, Z. M. (2015). Environmental Risks of Mining Rare Metals: A Review. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(15), 11295-11310. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-4842-1>
- Greenwood, N. N., y Earnshaw, A. (2012). *Chemistry of the elements*. Elsevier.
- Gutiérrez, Y. P. J., y Chinome, J. R. C. (2020). Ambientalización Curricular: Una Exploración en la Consciencia Ambiental. *Ingeniería Investigación y Desarrollo*, 20(2), 109-123.
- Hanson, D. M. (2006). *Instructor's guide to process-oriented guided-inquiry learning*. Lisle, IL: Pacific Crest.
- Hernández-Sampieri, C. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Ciudad de México: McGraw Hill Education.
- Housecroft, C. E., y Sharpe, A. G. (2018). *Inorganic chemistry*. Pearson.
- Jiménez-Aleixandre, M. P, Bugallo Rodríguez, A, y Duschl, R. A. (2000). "Doing the lesson" or "doing science": Argument in high school genetics. *Science education*, 84(6), 757-792. [https://doi.org/10.1002/1098-237X\(200011\)84:6<757::AID-SCE5>3.0.CO;2-F](https://doi.org/10.1002/1098-237X(200011)84:6<757::AID-SCE5>3.0.CO;2-F)
- Justi, R., y Gilbert, J. (2000). History and philosophy of science through models: some challenges in the case of the atom'. *International journal of science education*, 22(9), 993-1009. <https://doi.org/10.1080/095006900416875>
- Kang, N. H. (2019). A review of the effect of integrated STEM or STEAM (science, technology, engineering, arts, and mathematics) education in South Korea. *Asia-Pacific Science Education*, 5(1), 1-22. https://brill.com/view/journals/apse/5/1/article-p1_6.xml
- Kerlinger, F. N., y Lee, H. B. (2002). *Foundations of behavioral research* (4th ed.). Wadsworth. <https://psycnet.apa.org/record/1966-35003-000>

- Krippendorff, K. (1990). *Metodología de análisis de contenido*. Teoría y práctica. Paidós comunicación.
- Månberger, A., y Johansson, B. (2019). The Geopolitics of Metals and Metalloids Used for Renewable Energy Technologies. *Energy Strategy Reviews*, 26, 100394. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2019.100394>
- Mohammadnia, Z., y Moghadam, F. D. (2019). Textbooks as resources for education for sustainable development: A content analysis. *Journal of teacher education for sustainability*, 21(1), 103-114. DOI: 10.2478/jtes-2019-0008
- Mora, W. M. (2009). Educación ambiental y educación para el desarrollo sostenible ante la crisis planetaria: demandas a los procesos formativos del profesorado. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (26).
- Mora, W.M. y Parga, D.L. (2025). Inclusión de la dimensión ambiental en la educación en ciencias: una década de desafíos teóricos y metodológicos. En Molina A. *Aportes a la educación en ciencias en Colombia: veinte años de desarrollo* (pp. 99-154). Editorial Universidad Distrital Francisco José de Caldas. DIE. <https://doi.org/10.69740/UD.9789587877816.9789587877823>
- Mora, W. M., y Parga, D. L. (2021). Didáctica ambiental: un aporte desde la didáctica de las ciencias. In *Memoria. XI Congreso*. https://www.researchgate.net/profile/William-Mora-Penagos/publication/357836217_Didactica_ambiental_Un_aporte_desde_la_didactica_de_las_ciencias/links/61e1ccfb70db8b034c95d1b0/Didactica-ambiental-Un-aporte-desde-la-didactica-de-las-ciencias.pdf
- Mora, W.M. (2025). Los escenarios actuales de crisis e incertidumbre. Editorial Universidad Distrital Francisco José de Caldas. DIE. <https://die.udistrital.edu.co/publicaciones/los-escenarios-actuales-de-crisis-e-incertidumbre-necesidades-educativas-en-pensamiento-critico-y-dialogo-de-saberes>.
- Navarro-Díaz, M., Moreno-Fernández, O., y Rivero-García, A. (2020). El cambio climático en los libros de texto de educación secundaria obligatoria. *Revista mexicana de investigación educativa*, 25(87), 957-985. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-66662020000400957&script=sci_arttext
- Parga, D.L. (2024). Mecanismos de ambientalización en la educación en ciencias. El caso de la educación química en interacción con la educación para la sustentabilidad ambiental. In Parga, D.L., Zapata, P.N., Tuay, R.N. (Comp). Educación en ciencias y matemáticas: contextos, desafíos y oportunidades. XVII Cátedra Doctoral en Educación y Pedagogía (pp.185-224). Doctorado Interinstitucional el Educación. Bogotá: Editorial Universidad Pedagógica Nacional. 468 páginas, <http://hdl.handle.net/20.500.12209/19575>
- Parga, D.L. (2014). Análisis de los contenidos CTSA en los libros de texto de química. *Tecné, Episteme Y Didaxis: TED*, (Extra). <https://doi.org/10.17227/01203916.3379>

- Parga, D. L. (2018). Investigaciones en Colombia sobre libros de texto de química: análisis documental. *Tecné Episteme y Didaxis: TED*, 44, 111-128, <https://doi.org/10.17227/ted.num44-8992>
- Parga, D. L. (2019). Conhecimento didático do conteúdo ambientalizado na formação inicial do professor de química na Colômbia. [Tesis de Doctorado] Universidad Estadual Paulista. <http://hdl.handle.net/11449/190931>
- Parga, D. L., Carrón, D. C., y Arias, I. X. (2021). Contenido ambientalizado y su relación con la educación química: el caso de un posgrado en enseñanza de la química. *Revista Insignare Scientia-RIS*, 4(5), 200-222. [10.36661/2595-4520.2021v4i5.12574](https://doi.org/10.36661/2595-4520.2021v4i5.12574)
- Parga, D. L., Mora, W. M., y Cárdenas, Y. P. (2014). La dimensión ambiental: “una inclusión necesaria en la formación de profesores de química”. *Revista Góndola Enseñanza y aprendizaje de las ciencias*, 9(1), 38-46, <https://doi.org/10.14483/23464712.7310>
- Parga, D. L. Piñeros, G.Y. (2018). Enseñanza de la química desde contenidos contextualizados. *Revista Educación Química*, 29(1), 55-64, Doi 10.22201/fq.18708404e.2018.1.63683
- Paula, I. A. N. (2019). Educación para el desarrollo sostenible: hacia una visión socio pedagógica. *Controversias y Concurrencias Latinoamericanas*, 11(19), 291-314. <https://www.redalyc.org/journal/5886/588661549016/html/>
- Rieckmann, M. (2017). *Educación para los Objetivos de Desarrollo Sostenible: objetivos de aprendizaje*. Unesco Publishing. https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=UNESCO+%282017%29.+Educaci%C3%B3n+para+los+Objetivos+de+Desarrollo+Sostenible%3A+objetivos+de+aprendizaje.+Par%C3%ADs%3A+Organizaci%C3%B3n+de+las+Naciones+Unidas+para+la+Educaci%C3%B3n%2C+la+Ciencia+y+la+Cultura.&btnG=
- Rodríguez León, Y. I., Lao Santos, L., Torres Moreno, V. E., Céspedes Gamboa, L. R., A. y Tamayo Maceo, A. L., (2022). Estudio tendencial de la educación ambiental en la integración del contexto sociocultural en la educación primaria. *Revista Universidad y Sociedad*, 14(3), 751-761. <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/2923>
- Sauvé, L. (1999). La educación ambiental entre la modernidad y la posmodernidad: en busca de un marco educativo de referencia integrador. *Tópicos*, 1(2), 7-27.
- Stake, R. E. (2005) Investigación con estudio de casos. Madrid, Morata.
- Sterling, S., y Orr, D. (2001). *Sustainable education: Re-visioning learning and change*, (Vol. 6). Totnes: Green Books for the Schumacher Society.
- Tamayo y Tamayo, M. (2003). El proceso de la investigación científica (4a ed.). Limusa Noriega Editores. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=BhymmEqkkJwC&oi=fnd&pg=PA11&dq=Tamayo+y+Ta>

[mayo,+M.+<div data-bbox="110 132 891 151" data-label="Text">

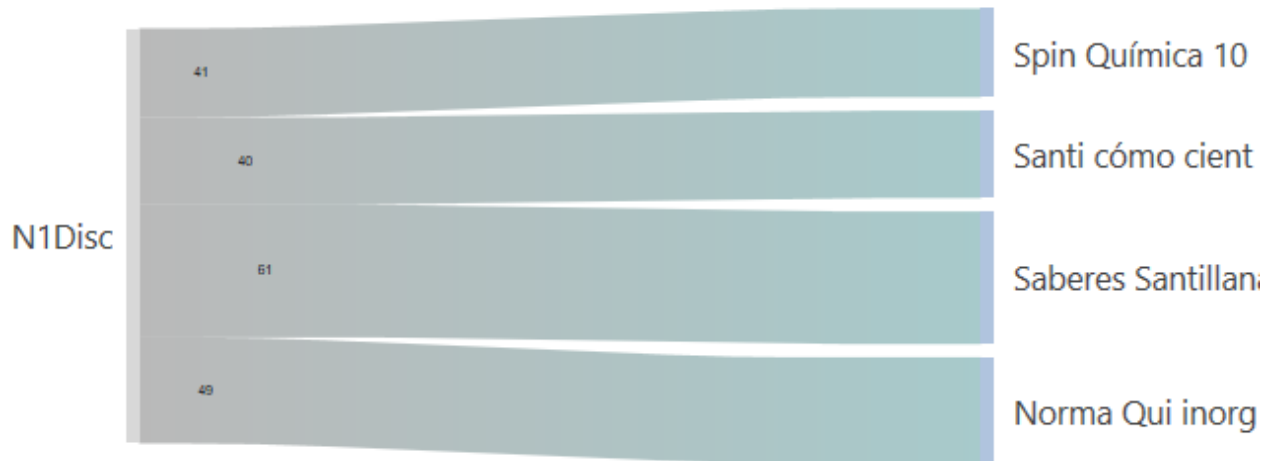
Understand, T. W. \(1986\). Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15\(2\), 4-14.](#)

Vargas, X. (2011). ¿Cómo hacer investigación cualitativa? *Una guía práctica para saber qué es la investigación en general y cómo hacerla, con énfasis en las etapas de la investigación cualitativa*. ETXETA, Jalisco, 138.

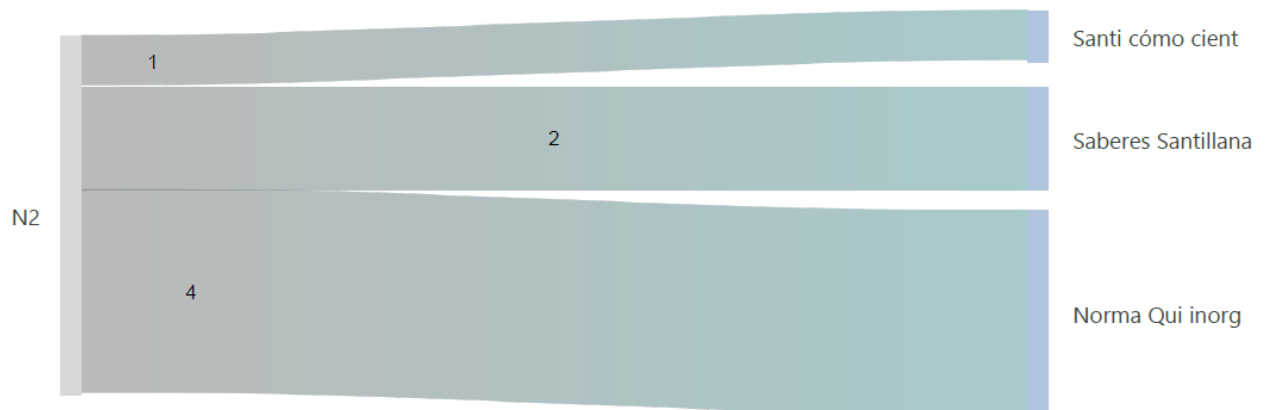
8. ANEXOS

Aquí las matrices completas descargadas de Atlas.ti

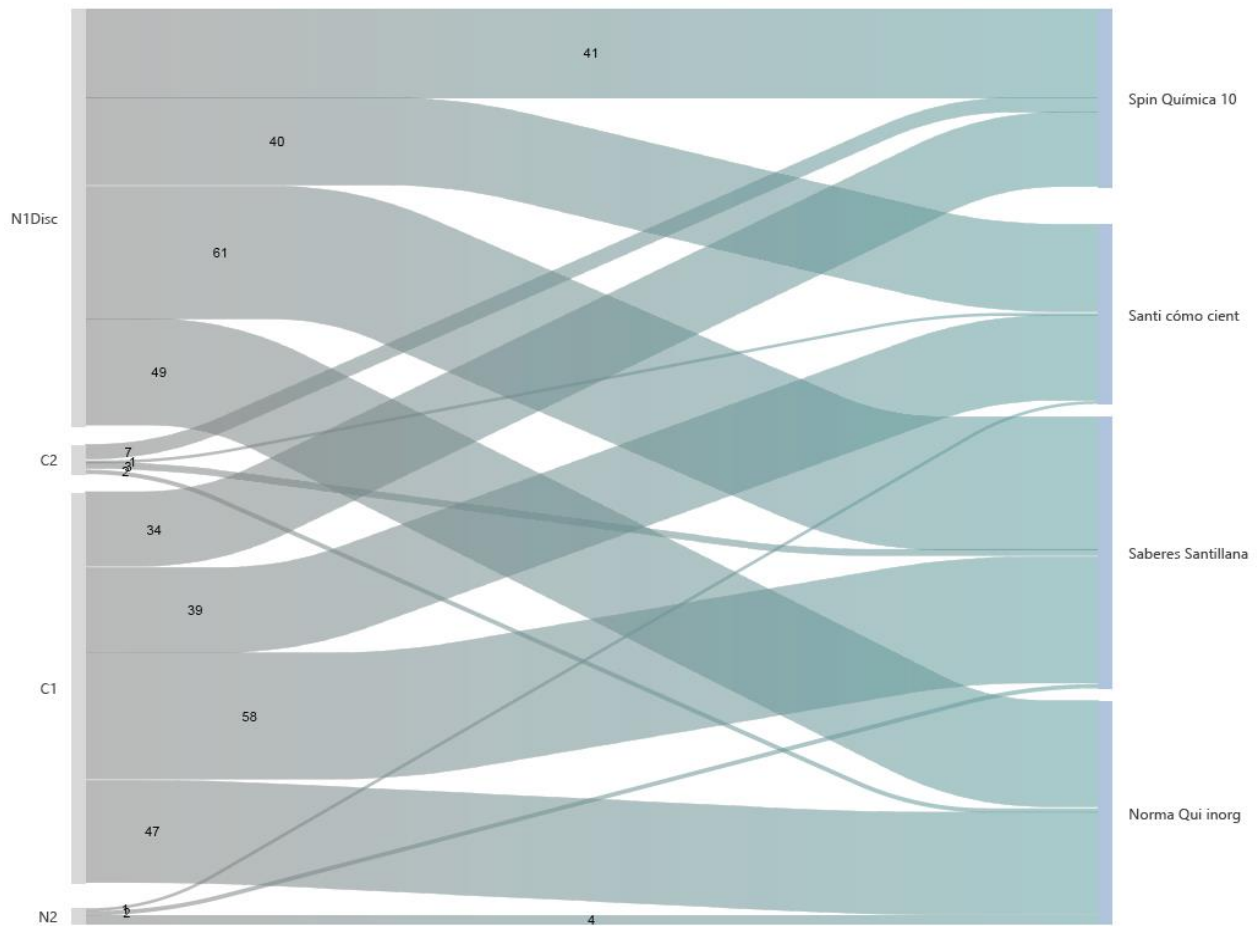
Anexo 1 matriz 1 Categoría N1 vs los 4 libros de texto



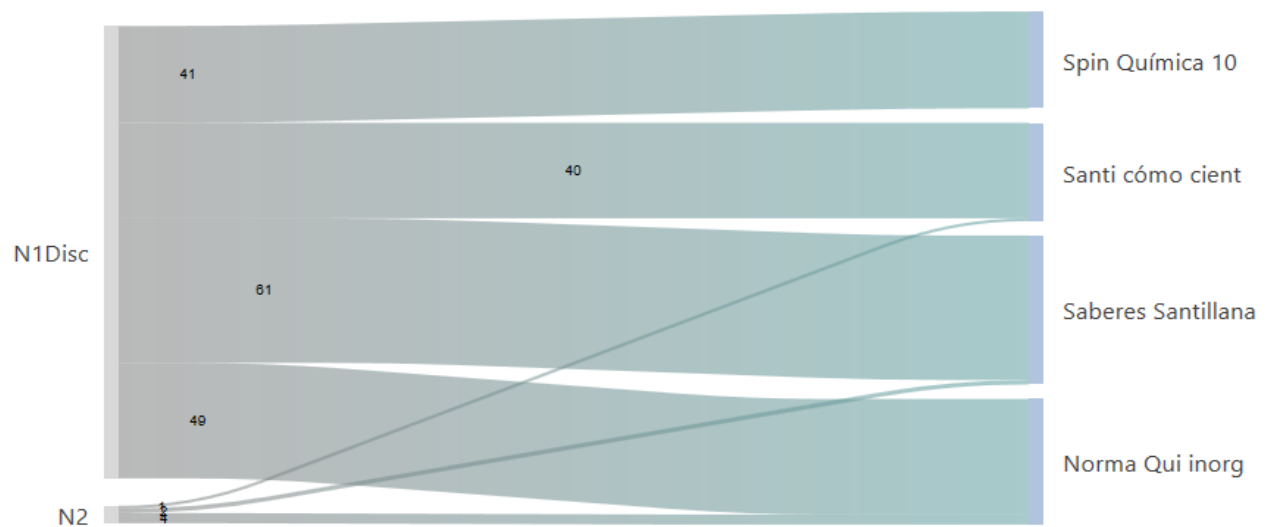
Anexo 2 matriz 2 Categoría N2 vs libros de texto



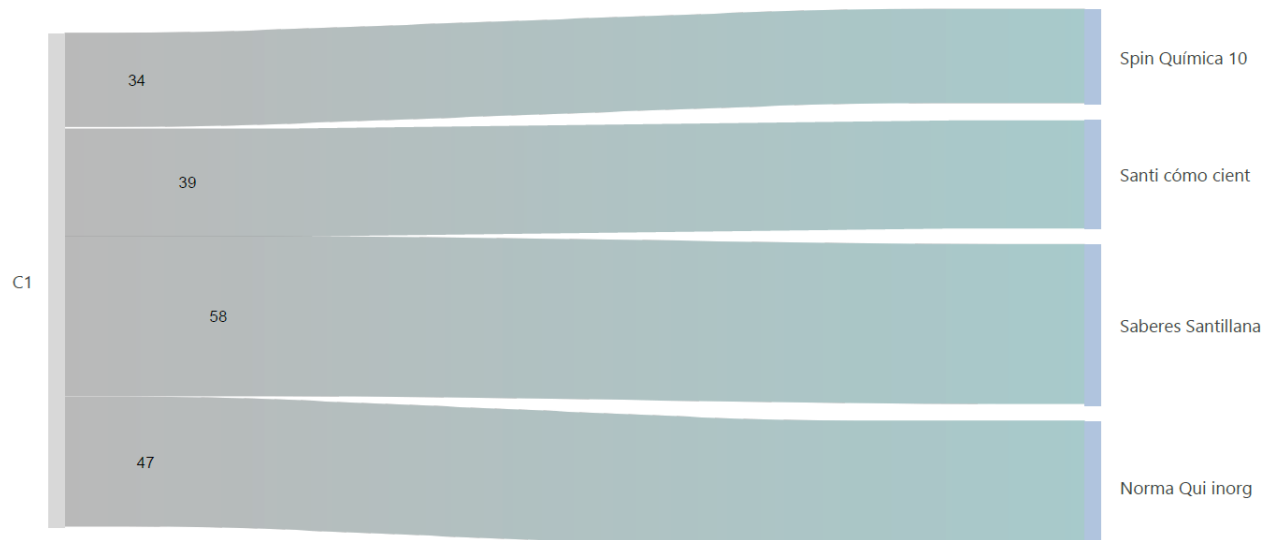
Anexo 3 matriz 3 categoría N1, códigos C1 y C2 vs los 4 libros de texto



Anexo 4 matriz 4 Categoría N1 y N2 vs los 4 libros de texto



Anexo 5 matriz 5 Código C1 vs los 4 libros de texto



Anexo 6 matriz 6 Código C2 vs los 4 libros de texto



Anexo 7 Propuesta microcurricular

Propuesta microcurricular ambientalizada para la enseñanza de los metales en grado décimo

El rodio, el metal natural más costoso del mundo

Introducción

En un mundo marcado por la crisis ambiental y la urgente búsqueda de acciones que tiendan a la sustentabilidad, la educación enfrenta el gran desafío de ir más allá de la estricta transmisión y/o transferencia de conocimientos, por ejemplo, en la enseñanza de las ciencias naturales en la educación básica y media, es fundamental trascender los contenidos técnicos para incorporar una visión crítica, ética y contextualizada del saber. Para ello y dentro de este panorama, la química, y de manera más específica la enseñanza de los metales emerge como una oportunidad para abordar el contenido ambientalizado, permitiendo de paso no solo explorar la composición y propiedades de estos elementos, sino también analizar en profundidad las complejas implicaciones sociales, culturales económicas y ecológicas que derivan de su extracción, uso y disposición final. Es en este marco que se encuentra el presente diseño microcurricular, el cual propone una secuencia didáctica que busca ser innovadora desde el abordaje de la cuestión sociocientífica “El rodio, el metal natural más costoso del mundo”, pudiendo de esta manera aproximarse a la enseñanza de los metales desde una perspectiva ambientalizada en estudiantes de décimo grado de educación media.

El Rodio: Un Caso de estudio para la educación ambiental

El rodio, al ser un elemento que pertenece al grupo del platino, ha captado la atención global no solo por su exorbitante valor económico, sino también por las profundas implicaciones ambientales que conlleva su ciclo de vida desde su extracción hasta el aprovechamiento del recurso por parte de la industria. Su principal aplicación se encuentra en los convertidores catalíticos de vehículos, donde desempeña un papel indispensable en la reducción de emisiones contaminantes. Sin embargo y a modo de contraste, los procesos de extracción y procesamiento de este metal generan impactos significativos en los ecosistemas y en las comunidades aledañas a las zonas de extracción minera, convirtiendo al rodio en un caso de estudio adecuado para ilustrar cómo los contenidos curriculares pueden ser reinterpretados y recontextualizados en función de los principios esenciales de la educación ambiental: el pensamiento ecológico sistémico, que permite comprender la interconexión de los fenómenos y sistemas como formadores de un todo. Por ejemplo la justicia social, que reconoce las desigualdades y vulnerabilidades, la sustentabilidad, que busca el equilibrio entre las necesidades actuales y futuras teniendo en cuenta aspectos del desarrollo sustentable como el cultural y el ético, de igual manera la acción transformadora, que impulsa cambios positivos en el entorno.

Esta propuesta microcurricular se fundamenta en los enfoques de la ambientalización del contenido, un proceso que redefine la forma en que los contenidos escolares son abordados, pues no se trata simplemente de adicionar capítulos o temas ambientales a las clases de química, sino que de transformar radicalmente la acción pedagógica y didáctica, promoviendo la formación de sujetos críticos, que se encuentren verdaderamente comprometidos con su entorno estando capacitados para tomar decisiones informadas y responsables. Es así como desde esta perspectiva, el conocimiento científico no se presenta de forma aislada, sino que se relaciona intrínsecamente con las realidades sociales y ambientales del mundo actual, fomentando de esta manera una comprensión holística de todos los desafíos y oportunidades.

De igual manera el diseño contempla tres secuencias didácticas, organizadas en seis sesiones que integran elementos conceptuales, prácticos y reflexivos. Cada capítulo se compone de dos sesiones articuladas: la primera se enfoca en la construcción de conceptos fundamentales, sentando las bases del conocimiento, mientras que la segunda se dedica a la aplicación, procesos de análisis y reflexión crítica, permitiendo a los estudiantes profundizar en la comprensión posibilitando el desarrollo de su pensamiento crítico. Mediante esta estructura, se busca que el estudiante desarrolle un conjunto integral de competencias científicas, ciudadanas y ambientales, tales como la interpretación de fenómenos naturales complejos, la argumentación sólida basada en la evidencia proporcionada, la evaluación rigurosa de impactos ambientales y la proposición de soluciones innovadoras, creativas y viables.

Además, esta secuencia didáctica integra una cuestión sociocientífica (CSC) haciendo un especial énfasis en el análisis de situaciones reales relacionadas con la minería, el consumo responsable y la muy necesaria innovación tecnológica. De esta manera, el estudiante deja de ser un simple receptor pasivo de información que en algunos casos escasamente memoriza un conjunto de palabras y oraciones para convertirse en un actor dinámico que investiga, debate, propone y actúa frente a problemáticas complejas y multifacéticas. Así, el contenido sobre metales que es frecuentemente abordado de forma abstracta y descontextualizada se puede llegar a transformar en una herramienta potente para la formación integral de estudiantes, más allá de un aula.

Finalmente, este diseño se enmarca dentro con los lineamientos establecidos por el Ministerio de Educación Nacional de Colombia y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030, en particular aquellos relacionados con la educación de calidad (ODS 4), la producción y consumo responsables (ODS 12), y la acción por el clima (ODS 13). De esta forma, el rodio y los metales en general dejan de ser unos “simples” elementos químicos para así convertirse en oportunidades educativas que articulan de una gran manera la ciencia, la ética, la sociedad y el ambiente.

Secuencia 1. Propiedades, estructura y significado ambiental de los metales

Sesión 1.1: La identidad de los metales: del laboratorio al entorno

Propósito: Identificar las características físicas y químicas de los metales, así como estas influyen en su comportamiento y consecuentemente en sus diversas aplicaciones en diferentes ámbitos. De igual manera se pretende elaborar y comprender la relevancia de estos elementos en nuestra vida diaria, desde la elaboración de herramientas o dispositivos tecnológicos hasta su utilización en procesos netamente biológicos o medioambientales. Contrastar total o parcialmente los efectos que la obtención, transformación y utilización del metal, tienen sobre los ecosistemas y las comunidades humanas, es también pensar la necesidad de incentivar el consumo responsable, el reciclaje y manejo sustentable de los recursos naturales con el fin de fortalecer actitudes comprometidas ambiental y socialmente frente a la utilización de materiales metálicos.

Elemento	Descripción
Objetivo	Identificar las principales propiedades y características de los metales, relacionándolas con su estructura atómica y con situaciones ambientales reales.
Contenido	Propiedades físicas y químicas de los metales. Estructura cristalina. Relación entre uso y contaminación ambiental.
Recursos	Tabla periódica, muestras metálicas, video sobre la minería del cobre y el rodio, laboratorio escolar. https://www.youtube.com/watch?v=yQQ469WiN_I
Evaluación	Cuadro comparativo y breve reflexión escrita sobre la conexión entre propiedades metálicas y su impacto ambiental.

Momentos:

- **Inicio:** Se presentan objetos cotidianos (monedas, cables, dispositivos tecnológicos, herramientas) y se pregunta qué pudiesen llegar a tener en común, consecuentemente se generará una lluvia de ideas que se plasma en el tablero o en ovas como Mentimeter con el fin de identificar los metales presentes y sus usos; A partir de allí, se introduce la pregunta orientadora: ¿Cómo influye la estructura atómica en las propiedades que hacen útiles, pero también problemáticos, a los metales?
- **Desarrollo:** Los estudiantes observan diferentes muestras metálicas y realizan pruebas sencillas de conductividad y maleabilidad, luego, mediante una explicación guiada, se relacionarán estas propiedades con la estructura y el enlace metálicos, ligado a ello, se introducen ejemplos ambientales sobre contaminación por metales pesados.
- **Cierre:** Los grupos elaboran un cuadro comparativo de propiedades y discuten qué características hacen que algunos metales sean más contaminantes o valiosos. El docente sistematiza las conclusiones en el tablero, mediante algún organizador gráfico.

- *Reflexión:* Cada estudiante redacta en su cuaderno una breve reflexión sobre cómo el conocimiento químico puede aplicarse para disminuir el impacto ambiental de los metales.

Sesión 1.2: *El rodio: el metal más costoso del mundo*

Propósito:

Investigar las propiedades físicas, químicas, e infraestructurales del rodio, incluyendo los aspectos que determinan su alta resistencia a la corrosión y actividad como catalizador, así mismo se busca tener conocimiento de las principales aplicaciones en la industria automovilística, electrónica y química, en especial en los convertidores catalíticos y procesos hidrogenación; De paso se pretende indagar de qué forma su utilización puede contribuir a la promoción del desarrollo tecnológico, a la par de que se plantean algunos de los problemas ambientales y sociales asociados a la misma, debido a que es un elemento muy costoso y difícil de extraer. Mas adelante se pretende desarrollar una mirada crítica y reflexiva sobre la innovación científico-tecnológica, que permita evaluar en qué medida la innovación en sí misma puede llegar a contribuir a la sustentabilidad o bien, impactar negativamente en los ecosistemas y en la vida humana, teniendo en cuenta la visión de una actitud ética e integral en relación con el avance tecnológico.

Elemento	Descripción
Objetivo	Describir las propiedades químicas y usos industriales del rodio, identificando ventajas y desafíos ambientales de su explotación.
Contenido	El rodio: propiedades, estructura electrónica, aplicaciones industriales (catalizadores), valor económico y ambiental.
Recursos	Documentales, artículos científicos, gráficos sobre el ciclo de vida del rodio.
Evaluación	Escrito tipo ensayo corto de 1 a 2 páginas tipo carta donde se aborde: el doble rostro del rodio: tecnología limpia o impacto ecológico, diseñar título para el escrito.

Momentos:

- *Inicio:* Se proyecta un video sobre los metales del grupo del platino, con base en ello se plantean preguntas orientadoras como: ¿Por qué el rodio es tan costoso? ¿Su alto valor e importancia en la industria lo convierte en un recurso positivo o en un problema ambiental? ¿Se justifica el costo ambiental de la extracción? ¿Habría alguna alternativa?
- *Desarrollo:* En grupos de trabajo, los estudiantes analizan fichas informativas sobre las propiedades y usos del rodio, especialmente su papel en los catalizadores automotrices, se realiza una

comparación entre el beneficio ambiental (reducción de emisiones en forma de gases contaminantes) y los impactos negativos de su extracción minera.

- *Cierre:* Cada grupo comparte sus conclusiones y el docente orienta un debate sobre la relación entre desarrollo tecnológico y sostenibilidad, podría ser asignando un juego de roles.
- *Reflexión:* Los estudiantes redactan un párrafo y realizan un dibujo en el que expresen su postura frente al dilema del progreso tecnológico y el respeto por los ecosistemas desde la mirada de la sustentabilidad ambiental.

Secuencia 2. Minería, contaminación y justicia ambiental

Sesión 2.1: La minería y sus huellas

Propósito: Realizar una aproximación conceptual de los procesos mineros para la extracción del rodio y otros metales, que contienen las etapas de exploración, explotación, tratamiento e innovación para poder llegar a hacer uso de ellos. En paralelo se hace un acercamiento sobre los sistemas de producción minera intensiva y sus efectos sobre los suelos, el agua y la diversidad biológica. Además, se busca detectar impactos sociales relacionados, como el desplazamiento forzado de comunidades, la pérdida de medios de vida o las desigualdades económicas provocadas por la industria minera, lo anterior ligado al hecho de considerar las responsabilidades de los diferentes actores en la cadena productiva. El objetivo es a la par del desarrollo de las actividades construir y fortalecer el pensamiento crítico en relación con los problemas ambientales locales y globales, que se incentivan actitudes que tiendan al consumo responsable, a la justicia ambiental y la consideración de alternativas sustentables en el manejo de los recursos naturales.

Elemento	Descripción
Objetivo	Analizar los impactos sociales y ambientales de la minería del rodio, estableciendo relaciones con la justicia ambiental.
Contenido	Proceso de extracción, contaminación del suelo y agua, conflictos socioambientales.
Recursos	Mapas geográficos, artículos sobre minería en Sudáfrica y Colombia, testimonios de comunidades.
Evaluación	Línea de tiempo sobre el ciclo minero del rodio e identificación de impactos en cada etapa.

Momentos:

- *Inicio:* Se realiza una lectura de titulares de prensa sobre conflictos mineros en el mundo, pero en específico en América Latina, se abre el espacio con la pregunta: ¿Quién gana y quién pierde con la minería? Los estudiantes comparten ideas iniciales sobre el tema.

- *Desarrollo:* A partir de recursos audiovisuales, los grupos investigan los pasos del proceso minero y sus consecuencias. Se elabora una línea de tiempo que muestre los impactos en el suelo, agua y comunidades.
<https://www.youtube.com/watch?v=PcYAOvWu1gw>
<https://www.youtube.com/watch?v=F6fynzTfle4>
<https://www.youtube.com/watch?v=AhraronJBI>
- *Cierre:* Se realiza una socialización de las líneas de tiempo en el aula. El docente orienta la construcción colectiva de un organizador gráfico que relacione minería, economía, ambiente, sociedad y su cultura.
- *Reflexión:* Se invita a los estudiantes a escribir una breve reflexión sobre cómo sus decisiones de consumo están relacionadas con las problemáticas mineras globales, lo anterior respondiendo a lo dicho por Sauvé (2005) que la educación ambiental debe promover una comprensión profunda de las interrelaciones entre los sistemas naturales y humanos, favoreciendo la acción transformadora.

Sesión 2.2: Minería responsable:   utopía o posibilidad?

Propósito: Realizar una revisión bibliográfica sobre las opciones y viabilidad económica para la minería sustentable que incluyan tecnologías limpias, prácticas de reducción de desperdicios y métodos de restauración ecológica, de igual manera se busca establecer el papel de la ciencia en la creación de técnicas de minería menos ofensivas con el ambiente y en la investigación de materiales alternativos o reciclables, en paralelo, se debe proyectar entender la relevancia de la  tica en las decisiones que deben tender a balancear un avance tecnológico y el desarrollo económico con la conservación ambiental y social. También se busca realizar contribuciones a la investigación en ciencias para reducir los daños a la naturaleza promoviendo decisiones responsables y bien informadas de paso se pretende posibilitar la formación de ciudadanos críticos y comprometidos con la sustentabilidad, capaces de articular respuestas innovadoras a los desafíos planteados por la minería actual.

Elemento	Descripción
Objetivo	Evaluar estrategias tecnológicas y sociales que permitan reducir el impacto ambiental de la minería.
Contenido	Minería verde, tecnologías limpias, certificaciones ambientales, responsabilidad social empresarial.
Recursos	Casos de estudio de minería responsable, artículos del PNUMA. https://www.youtube.com/watch?v=Jy7pmEIOs3M https://www.youtube.com/watch?v=cvI8aqx5s
Evaluación	Mapa conceptual sobre estrategias de minería sostenible.

Momentos:

- *Inicio:* El docente presenta ejemplos de empresas que implementan minería responsable, se hará una comparación junto con los estudiantes de este tipo de empresas vs las que utilizan técnicas tradicionales.
- *Desarrollo:* En grupos, analizan un caso real (Sudáfrica, Chile o Colombia) donde se aplican tecnologías más limpias y eco amigables, se discuten los costos, beneficios y obstáculos, como actividad complementaria se debe elaborar un mapa conceptual con las estrategias más relevantes, que utilizaron empresas que hacen minería responsable.
- *Cierre:* Cada grupo presenta su mapa y se construye una síntesis general sobre la viabilidad de la minería sostenible, de igual manera se hace énfasis sobre a quienes les convendría y no (si es el caso) la minería responsable.
- *Reflexión:* Los estudiantes escriben un párrafo argumentativo, o unas diapositivas (máximo 5) sobre si creen que la minería responsable es una realidad alcanzable o una utopía.

Secuencia 3. Economía circular y reciclaje de metales

Sesión 3.1: Reciclar para transformar

Propósito: Identificar el aporte que hace el reciclaje de metales dentro del modelo de economía circular, y entender cómo a través de este procedimiento se prolonga la vida de los materiales y se minimiza la necesidad de extraer más recursos naturales, se busca cuantificar los beneficios asociados de menos contaminación en aire, agua y así como el uso de energía en relación con la minería convencional. Seguido a ello se evalúa la importancia del reciclaje para la generación de empleo de la mano de una economía más verde y resiliente, más adelante se ha de discutir sobre a quien le corresponde la separación, recolección y reutilización de los residuos metálicos; en una siguiente etapa se buscara comprender que reciclar no es sólo un requisito técnico para cumplir un determinado protocolo, sino una responsabilidad social y ambiental, por último se buscara promover un consumo responsable y un cuidado de los recursos del planeta, que no son infinitos.

Elemento	Descripción
Objetivo	Analizar los beneficios y limitaciones del reciclaje de metales desde la perspectiva ambiental y económica.
Contenido	Conceptos de economía circular, reciclaje de metales, ciclo de vida de productos electrónicos.
Recursos	Infografías, laboratorio de separación de metales, artículos de búsqueda libre en repositorios sobre reciclaje electrónico.
Evaluación	Informe breve del experimento o practica de separación de metales.

Momentos:

- *Inicio:* El docente presenta diferentes residuos electrónicos y plantea el interrogante: ¿Qué sucede con los metales que contienen nuestros dispositivos cuando dejan de funcionar?
- *Desarrollo:* Se realiza un experimento guiado de separación de metales en el laboratorio, identificando materiales recuperables, al mismo tiempo, los estudiantes consultan datos sobre reciclaje y economía circular, elaborando un informe con sus hallazgos.
- *Cierre:* En una plenaria, los grupos socializan los beneficios y desafíos del reciclaje, se buscará que el docente conecte las conclusiones con los objetivos de desarrollo humano sostenible (DHS).
- *Reflexión:* Cada estudiante responderá de manera creativa (no en texto): ¿Qué acciones puedo emprender para reducir el consumo de metales nuevos en mi cotidianidad?

Sesión 3.2: Diseños ecológicos y nuevas tecnologías

Propósito: Investigar en qué medida el diseño ecológico y la tecnología pueden ser fuentes de inspiración para reducir los impactos medioambientales asociados a la utilización y transformación de los metales, se debe entonces evaluar la contribución del ecodiseño en la producción de objetos que son duraderos, reutilizables y fácilmente reciclables, minimizado así la utilización de materia prima y energía, después se debe valorar la incidencia que tiene aplicar criterios ambientales en la etapa de diseño y en todo el ciclo de vida de los productos metálicos, acción que se lleva a cabo Ilustrando algunos ejemplos de innovaciones tecnológicas que conducen a procesos industriales más limpios y competitivos. Se busca entonces propiciar el pensar sobre el desarrollo de productos y materiales en el marco de una cultura de sustentabilidad creativa, ética y con sentido ambiental, desde las primeras etapas de diseño, esto con el fin de incentivar la formación de ciudadanos críticos, que demanden el uso racional de los recursos naturales.

Elemento	Descripción
Objetivo	Proponer soluciones innovadoras que integren criterios de ecodiseño y economía circular en productos que usan metales.
Contenido	Principios del ecodiseño, análisis de ciclo de vida, ejemplos de innovación sostenible o sustentable.
Recursos	Elaboración de un taller de diseño donde se indaga, analiza y finalmente se propone un diseño ecológico utilizando materiales reciclables.
Evaluación	Presentación grupal de prototipos o propuestas de mejora.

Momentos:

- *Inicio:* El docente muestra productos elaborados con materiales reciclados y pregunta: ¿Cómo podríamos rediseñar los objetos que usamos para hacerlos más sustentables ambientalmente?
- *Desarrollo:* Los estudiantes trabajan en grupos diseñando un prototipo de producto sustentables, este debe aplicar los principios del ecodiseño y la economía circular.
- *Cierre:* Exposición de los prototipos ante sus compañeros, quienes retroalimentan las propuestas con base en criterios de funcionalidad y sostenibilidad.
- *Reflexión:* Se socializan propuestas respondiendo a la pregunta ¿Qué papel juega la creatividad en la transición hacia una economía sostenible?

Secuencia 4. Ciencia, sociedad y acción ambiental

Sesión 4.1: Comunicar la ciencia: metales y sustentabilidad

Propósito: Potenciar la capacidad de los educandos para que comuniquen, con claridad, rigor y argumentación, los resultados científicos o ambientales de los procesos de aprendizaje, así mismo se debe resaltar la conveniencia del uso del lenguaje científico, así como de otras habilidades que permitan acceder, interpretar, analizar y comunicar información proveniente de fuentes confiables, se trata entonces de contribuir a una mirada crítica en torno a la relación ciencia y tecnología y sus impactos sociales y ambientales, que integren el conocimiento como insumo para decisiones responsables, se pretende además, incentivar la elaboración de discursos éticos en los que, entre otros valores, se considere la responsabilidad, la honestidad y el respeto por la vida abriendo la posibilidad de participación para el diálogo y la discusión de problemas ambientales regionales y mundiales, acción que fomenta el trabajo en equipo y la comunicación como medios para concientizar y actuar desde el respeto por el otro, por todo lo que nos rodea contribuyendo de paso a una apropiación narrativa de la ciencia como actividad humana que contempla dimensiones éticas, sociales, culturales, económicas y científicas.

Elemento	Descripción
Objetivo	Diseñar estrategias comunicativas de libre elección (afiches, videos, podcasts) para divulgar la problemática ambiental asociada al uso de metales.
Contenido	Comunicación científica, lenguaje visual, responsabilidad social.
Recursos	Material audiovisual, software para realización de organizadores gráficos, cartulina, revistas, marcadores y en si material reutilizable
Evaluación	Exposición, realización de un poster o un foro donde se aborden las problemáticas ambientales relacionadas.

Momentos:

- *Inicio:* Se analizan campañas de comunicación ambiental exitosas y se identifican los elementos que las hacen efectivas, se establecen preguntas como: ¿Qué las hizo realmente efectivas? ¿Qué implicaciones tiene el divulgar de manera efectiva la ciencia? ¿Quiénes se ven beneficiados?
- *Desarrollo:* En grupos, los estudiantes diseñan productos comunicativos sobre los efectos ya sean positivos o negativos (según se considere) del uso del rodio y los metales en general, se debe hacer uso de herramientas digitales o materiales reciclables, no de material nuevo.
- *Cierre:* Se realiza una feria ambiental en la que cada grupo presenta su producto comunicativo, se hace una retroalimentación de todos los que surgieron, con el fin de abrir paso a la última etapa donde se hará un proceso de reflexión.
- *Reflexión:* De manera integradora se realiza una autoevaluación y coevaluación del proceso teniendo en cuenta el análisis del impacto que la comunicación puede tener en el cambio de comportamientos.

Sesión 4.2 Proyecto final: Rodio sustentable para un futuro posible

Propósito: Integrar los aprendizajes construidos a lo largo de la unidad didáctica para diseñar una propuesta de acción ambiental o tecnológica que incentive el uso responsable y sostenible de los metales, poniendo especial atención al rodio, para ello se debe evaluar críticamente de forma científica, social y ambiental la información recopilada durante el proceso, y aplicar los conocimientos adquiridos para resolver problemas reales promoviendo la imaginación y la innovación para desarrollar proyectos que minoricen los impactos ambientales vinculados a la producción minera y el consumo desmesurado de metales. También se fomenta la colaboración entre disciplinas y la integración de ciencia, ética y comunidad reconociendo la importancia de la investigación y la educación ambiental como instrumentos para el cambio social a la vez que se priorizan decisiones basadas en principios de sustentabilidad y justicia ambiental desarrollando el compromiso individual y social con la defensa del medio ambiente y el uso responsable de los recursos naturales.

Elemento	Descripción
Objetivo	Formular un proyecto interdisciplinario que promueva la sostenibilidad y la justicia ambiental en torno al uso de los metales.
Contenido	Diseño de proyectos, pensamiento sistémico, evaluación de impactos.
Recursos	Guía de proyectos, rúbricas de evaluación, TIC.
Evaluación	Rúbrica de proyecto final (pertinencia, creatividad, impacto ambiental y social).

Momentos:

- *Inicio*: Revisión de los aprendizajes de todas las sesiones, se recuerda la importancia del rodio como eje de la unidad.
- *Desarrollo*: En grupos, los estudiantes diseñan y ejecutan su proyecto ambiental o tecnológico, se debe asesorar en la formulación del problema, objetivos y acciones sostenibles.
- *Cierre*: Presentación de proyectos ante la comunidad educativa. Los grupos reciben retroalimentación sobre la viabilidad y el impacto de sus propuestas.
- *Reflexión*: Círculo de diálogo final sobre el papel de la educación ambiental en la formación de ciudadanos críticos y comprometidos con la sostenibilidad como paso necesario para llegar a la sustentabilidad.

“La inclusión de principios ambientales en el currículo es un modo indispensable para formar ciudadanos críticos, capaces de tomar decisiones que favorezcan la sustentabilidad de sus comunidades” (Parga, 2021, p. 88).

Referencias

- Parga, D. L., Pérez, D. C. C., & Arias, I. X. (2021). Contenido ambientalizado y su relación con la educación química: el caso de un posgrado en enseñanza de la química. *RIS Revista Insignare Scientia*, 4(5), 200-222.
- Sauvé, L. (2005). Una cartografía de corrientes en educación ambiental. *Pensamiento Educativo*, 36(1), 7–30.
- <https://www.youtube.com/watch?v=PcYAOvWu1gw>
- <https://www.youtube.com/watch?v=F6fynzTfle4>
- <https://www.youtube.com/watch?v=AhraronJBI>
- https://www.youtube.com/watch?v=yQQ469WiN_I