

**IMPACTO AMBIENTAL DEL USO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL:
AMBIENTALIZADOR MICROCURRICULAR EN LA ENSEÑANZA DE LA
QUÍMICA DE GRADO ONCE**

DANIELA HERNÁNDEZ GÓMEZ

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

**IMPACTO AMBIENTAL DEL USO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL:
AMBIENTALIZADOR MICROCURRICULAR EN LA ENSEÑANZA DE LA
QUÍMICA DE GRADO ONCE**

DANIELA HERNÁNDEZ GÓMEZ

CÓDIGO: 2021115029

Trabajo de grado

Para optar al título de Licenciada en Química

DIRECTORA

DRA. DIANA LINETH PARGA LOZANO

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Didáctica de los Contenidos Curriculares: Conocimiento Didáctico del Contenido y
Ambientalización Curricular

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

BOGOTÁ, D.C., 2025

Dedicatoria

A Dios por su fuerza inmaculada

A mis padres Doña Elvia y Don Adolfo, cuya fe y sacrificio hicieron posible este logro y

bajo un abrazo de amor siempre confiaron en mí

A mi hermana Alejandra, que con sus consejos serenos fue guía en momentos difíciles

A Eduardo, mi faro constante, gracias por creer cuando yo dudaba.

A la Doctora Diana Parga, por representar el modelo de vocación y excelencia docente

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	11
2. CAPÍTULO 1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	13
2.1. Planteamiento del problema	13
2.2. Formulación de la pregunta	15
2.3. Objetivos.....	16
2.3.1. Objetivo general	16
2.3.2. Objetivos específicos.....	16
2.4. Justificación de la investigación	16
3. CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO	19
3.1. Antecedentes de la investigación.....	19
3.2. Enseñanza de la química y educación en química.....	20
3.3. Estudios sobre Inteligencia Artificial y daño ambiental.....	21
3.4. Estudios sobre ambientalización del contenido y toma de decisiones	23
4. CAPÍTULO 3. MARCO CONCEPTUAL.....	25
4.1. Inteligencia Artificial.....	25
4.2. Cuestiones socio científicas.....	26
4.3. Toma de decisiones	27
4.4. Ambientalización curricular	30
5. CAPÍTULO 4. MARCO METODOLÓGICO	33
5.1. Paradigma y método de investigación	33
5.2. Fases de investigación	34
5.3. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos	35
5.4. Participantes de la investigación.....	36
5.5. Técnicas para sistematizar y analizar la información	36
5.6. Criterios de calidad de la investigación	37

6. CAPITULO 5. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE DATOS.....	40
6.1. Resultados y análisis de la Fase 1.....	40
6.1.1. Resultados y análisis de la Etapa 1. Caracterización de contenido	40
6.1.1.1. Análisis Etapa 1	45
6.1.2. Resultados y análisis de la Etapa 2. Caracterización toma de decisiones	47
6.1.2.1. Resultados a la pregunta abierta	47
6.1.2.2. Respuestas y análisis para los ítems del cuestionario	48
6.1.2.3. Análisis Etapa 2	58
6.1.3. Análisis Fase 1	59
6.2. Resultados y análisis de la Fase 2. Diseño e implementación.....	61
6.2.1. Resultados y análisis de la Etapa 3. Unidad didáctica.....	61
6.2.1.1. Sesión 1. Presentación del dilema: “¿La IA contamina?”	62
6.2.1.2. Sesión 2. Estudios de caso.....	65
6.2.1.3. Sesión 3. Experimento: reacciones de desplazamiento	69
6.2.1.4. Sesión 4. Construcción de una infografía: IA y medioambiente.	73
6.2.2. Análisis Fase 2	75
6.3. Resultados y análisis de la Fase 3. Evaluación y análisis.....	77
6.3.1. Resultados y análisis de la Etapa 4. Nivel de TDI de los estudiantes	77
6.3.1.1. Análisis Etapa 4	89
6.3.2. Resultados y análisis de la Etapa 5 y Fase 3.....	90
 7. CAPOTULO 6. CONCLUSIONES.....	 91
7.1. Con respecto al Objetivo específico 1	91
7.2. Con respecto al Objetivo específico 2	92
7.3. Con respecto al Objetivo específico 3	93
 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	 95
 9. ANEXOS.....	 103

Lista de Tablas

Tabla 1 Niveles de toma de decisiones en estudiantes	29
Tabla 2 Criterios y dimensiones de la Ambientalización del contenido	31
Tabla 3 Fases de investigación	34
Tabla 4 Categorías o niveles de análisis de toma de decisiones.....	36
Tabla 5 Criterios de calidad.....	37
Tabla 6 Congruencia metodológica.....	38

Lista de Figuras

Figura 1: Aspectos claves de la Ambientalización del contenido	18
Figura 2: Dimensión General	41
Figura 3 Dimensión Normativa	42
Figura 4 Dimensión Pedagógica.....	42
Figura 5 Dimensión Administrativa	43
Figura 6 Dimensión Socioambiental	44
Figura 7 Dimensión Comunitaria	44
Figura 8: Nube de palabras en el documento PEI	45
Figura 9 Nube de palabras en los documentos del Plan de Área y Organizador curricular	47
Figura 10 Ítem 1: “Cuando escucho hablar sobre inteligencia artificial (IA), mi primera reacción es pensar en películas de ciencia ficción”	48
Figura 11 Ítem 2: “Mi comprensión inicial de la IA proviene más de la cultura popular que de información técnica o académica”	48
Figura 12 Ítem 3: “Si una noticia sobre un problema ambiental de la IA me genera preocupación, me basta con ese sentimiento para formarme una opinión”.....	49
Figura 13 Ítem 4: “No necesito buscar datos o hechos adicionales si un problema ambiental de la IA ya me ha afectado emocionalmente”	49
Figura 14 Ítem 5: “Prefiero no pensar mucho en los problemas ambientales que causa la tecnología, ya que me generan ansiedad”	50
Figura 15 Ítem 6: “Evito informarme sobre los efectos negativos de la tecnología porque prefiero no sentirme abrumado”	50

Figura 16 Ítem 7: “Creo que los expertos o el gobierno son los únicos que deben tomar decisiones sobre el uso de la IA y sus consecuencias”	50
Figura 17 Ítem 8: “Considero que la responsabilidad de regular la IA y sus consecuencias es exclusiva de las figuras de autoridad (científicos, políticos)”	51
Figura 18 Ítem 9: “Sé que la inteligencia artificial consume energía, pero no tengo claro cómo eso afecta el medio ambiente”	51
Figura 19 Ítem 10: “Aunque conozco un efecto de la IA (el consumo de energía), me falta información para entender completamente su impacto ambiental”	52
Figura 20 Ítem 11: “Entiendo que la extracción de minerales (litio, cobalto) para la IA tiene un impacto, pero creo que es un costo necesario para el progreso”	52
Figura 21 Ítem 12: “El impacto ambiental de la minería de minerales es un sacrificio aceptable a cambio del avance tecnológico”	52
Figura 22 Ítem 13: “Puedo mencionar algunos impactos ambientales de la IA, pero no sé cómo la química interviene en esos procesos”	53
Figura 23 Ítem 14: “Mi conocimiento de la química no me permite comprender el rol de los procesos químicos en la contaminación del agua por la IA”	53
Figura 24 Ítem 15: “Creo que la solución a los problemas ambientales de la IA es responsabilidad de las grandes empresas o de los científicos, no mía”	54
Figura 25 Ítem 16: “No creo que mi rol como ciudadano incluya la responsabilidad de buscar soluciones para los problemas ambientales de la IA”	54
Figura 26 Ítem 17: “Cuando me enfrento a una cuestión social vista desde el punto científico, busco activamente diversas fuentes de información y analizo sus argumentos”	54
Figura 27 Ítem 18: “No me conformo con una sola fuente de información; evalúo críticamente diferentes puntos de vista antes de opinar”	55
Figura 28 Ítem 19: “Soy capaz de explicar cómo procesos químicos específicos (ej., minería de litio) están directamente relacionados con el impacto ambiental de la IA”	55
Figura 29 Ítem 20: “Puedo establecer una conexión directa entre los conceptos de química que he aprendido y el impacto ambiental de tecnologías como la IA”	56
Figura 30 Ítem 21: “Al tomar una decisión sobre el uso de la IA, considero no solo los beneficios, sino también las consecuencias a largo plazo para el medio ambiente y la sociedad”	56

Figura 31 Ítem 22: “No me limito a considerar los beneficios; también analizo las consecuencias a largo plazo para el medio ambiente y la sociedad”	56
Figura 32 Ítem 23: “Utilizo mis conocimientos de química para evaluar críticamente la información sobre los procesos industriales y ambientales asociados a la tecnología”	57
Figura 33 Ítem 24: “Puedo aplicar lo que sé de química para juzgar si la información que encuentro sobre los procesos industriales de la tecnología es correcta o no”	57
Figura 34 Actividad de panel	62
Figura 35 Video de Inteligencia artificial: el costo climático oculto	63
Figura 36 La IA no gasta agua	63
Figura 37 Respuestas de los estudiantes sobre la CSC de la inteligencia artificial.....	65
Figura 38 Fotos de la lectura y exposición de cada caso/artículo	66
Figura 39. Practica de laboratorio	70
Figura 40. Informe de laboratorio por grupos	71
Figura 41. Infografías de los estudiantes.....	74
Figura 42 Ítem 1: “Cuando escucho hablar sobre inteligencia artificial (IA), mi primera reacción es pensar en películas de ciencia ficción”	77
Figura 43 Ítem 2: “Mi comprensión inicial de la IA proviene más de la cultura popular que de información técnica o académica”	78
Figura 44 Ítem 3: “Si una noticia sobre un problema ambiental de la IA me genera preocupación, me basta con ese sentimiento para formarme una opinión”	78
Figura 45 Ítem 4: “No necesito buscar datos o hechos adicionales si un problema ambiental de la IA ya me ha afectado emocionalmente”	79
Figura 46 Ítem 5: “Prefiero no pensar mucho en los problemas ambientales que causa la tecnología, ya que me generan ansiedad”	79
Figura 47 Ítem 6: “Evito informarme sobre los efectos negativos de la tecnología porque prefiero no sentirme abrumado”	80
Figura 48 Ítem 7: “Creo que los expertos o el gobierno son los únicos que deben tomar decisiones sobre el uso de la IA y sus consecuencias”	80
Figura 49 Ítem 8: “Considero que la responsabilidad de regular la IA y sus consecuencias es exclusiva de las figuras de autoridad (científicos, políticos)”	81

Figura 50 Ítem 9: “Sé que la inteligencia artificial consume energía, pero no tengo claro cómo eso afecta el medio ambiente”	81
Figura 51 Ítem 10: “Aunque conozco un efecto de la IA (el consumo de energía), me falta información para entender completamente su impacto ambiental”	82
Figura 52 Ítem 11: “Entiendo que la extracción de minerales (litio, cobalto) para la IA tiene un impacto, pero creo que es un costo necesario para el progreso”	82
Figura 53 Ítem 12: “El impacto ambiental de la minería de minerales es un sacrificio aceptable a cambio del avance tecnológico”	83
Figura 54 Ítem 13: “Puedo mencionar algunos impactos ambientales de la IA, pero no sé cómo la química interviene en esos procesos”	83
Figura 55 Ítem 14: “Mi conocimiento de la química no me permite comprender el rol de los procesos químicos en la contaminación del agua por la IA”	84
Figura 56 Ítem 15: “Creo que la solución a los problemas ambientales de la IA es responsabilidad de las grandes empresas o de los científicos, no mía”	84
Figura 57 Ítem 16: “No creo que mi rol como ciudadano incluya la responsabilidad de buscar soluciones para los problemas ambientales de la IA”	85
Figura 58 Ítem 17: “Cuando me enfrento a una cuestión social vista desde el punto científico, busco activamente diversas fuentes de información y analizo sus argumentos”	85
Figura 59 Ítem 18: “No me conformo con una sola fuente de información; evalúo críticamente diferentes puntos de vista antes de opinar”	86
Figura 60 Ítem 19: “Soy capaz de explicar cómo procesos químicos específicos (ej., minería de litio) están directamente relacionados con el impacto ambiental de la IA”	86
Figura 61 Ítem 20: “Puedo establecer una conexión directa entre los conceptos de química que he aprendido y el impacto ambiental de tecnologías como la IA”	87
Figura 62 Ítem 21: “Al tomar una decisión sobre el uso de la IA, considero no solo los beneficios, sino también las consecuencias a largo plazo para el medio ambiente y la sociedad”	87
Figura 63 Ítem 22: “No me limito a considerar los beneficios; también analizo las consecuencias a largo plazo para el medio ambiente y la sociedad”	88
Figura 64 Ítem 23: “Utilizo mis conocimientos de química para evaluar críticamente la información sobre los procesos industriales y ambientales asociados a la tecnología”	88

Figura 65 Ítem 24: “Puedo aplicar lo que sé de química para juzgar si la información que encuentro sobre los procesos industriales de la tecnología es correcta o no”	89
--	----

Lista de Anexos

Anexo 1 Instrumento 1. Caracterización de contenido	103
Anexo 2 Instrumento 2. Toma de decisiones frente a dilemas ambientales-tecnológicos .	106
Anexo 3 Unidad Didáctica	109
Anexo 4: Prueba de Alfa de Cronbach.....	128
Anexo 5 Validación de contenido por expertos	129

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el avance acelerado en el mundo tecnológico por parte de la inteligencia artificial (IA) ha transformado diversos ámbitos de la vida diaria, económica, cultural, entre otras. Esto ha suscitado dilemas ambientales y éticos que requieren una formación crítica y fundamentada de los estudiantes. Es por esto por lo que la educación en química tiene un papel fundamental y retador, ya que debe abordar desafíos contemporáneos a través de un enfoque que enlace el conocimiento científico con las problemáticas sociales y ambientales. En este contexto, las cuestiones socio científicas (CSC) articulan la pedagogía y la didáctica de la química como estrategias clave para fortalecer pensamiento crítico y toma de decisiones informadas en los estudiantes del Instituto Técnico Industrial de Facatativá (ITIF)– Cundinamarca, Colombia.

Así, se propone el presente trabajo enfocado en la ambientalización del contenido en la educación química del ITIF, a partir del abordaje de una CSC. La ambientalización de contenidos científicos es necesaria para transformar la enseñanza descontextualizada, es fundamental en el vínculo de diversas educaciones que favorecen la formación de los estudiantes en pro de la toma de decisiones informadas frente a situaciones y realidades sociales por parte de los estudiantes.

Con esto, se plantea como ambientalizador o una unidad didáctica ambientalizada (Parga, 2019) desde una CSC analizada a partir del impacto ambiental del uso de la IA, puesto que, esta no solo es una herramienta tecnológica sino un fenómeno vinculado con el entorno natural y social a propósito del alto consumo energético de los centros de datos, la contaminación de fuentes hídricas por los procesos de refrigeración y la degradación o contaminación de los suelos por parte de la extracción de minerales como el litio, cobalto y tierras raras para la fabricación de mecanismos de la IA. Estas cuestiones muchas veces se invisibilizan dentro parte del sistema educativo y en especial en la enseñanza de la química.

Así, esta investigación se centra en el diseño de una propuesta microcurricular ambientalizada para la enseñanza de la química en grado once, que fomente la toma de decisiones informadas (TDI) en un grupo de estudiantes del Instituto Técnico Industrial de Facatativá, frente a los usos de la inteligencia artificial.

El estudio se propone desde el paradigma cualitativo con enfoque interpretativo, en tres fases de investigación: diagnóstico de la TDI, diseño e implementación de la unidad didáctica, y evaluación de la propuesta microcurricular.

El análisis se hizo desde categorías que permitieron comprender niveles de toma de decisiones informadas en los estudiantes, siendo estas: intermedias o justificativas y crítico-reflexivas.

2. CAPÍTULO 1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En este capítulo se describe el planteamiento del problema de investigación, la pregunta y los objetivos, así como la justificación del problema propuesto y argumentado a partir de documentos normativos y los objetivos de la línea de investigación.

2.1. Planteamiento del problema

¿Necesidad o simplemente consumismo informático? En Colombia, pocos estudios han abordado los desafíos ambientales y el consumo energético asociado con el uso de la inteligencia artificial (IA) y su integración en el currículo escolar. Como docentes y usuarios, se reconoce el uso exponencial de tecnologías y herramientas digitales dentro del aula, entre ellas la inteligencia artificial, muchas veces sin discernimiento alguno sobre el posible impacto ambiental, lo que genera una disociación entre el aprendizaje, la tecnología y la sustentabilidad ambiental.

Desde sus inicios en la década de 1950, la inteligencia artificial ha evolucionado en el desarrollo de programas capaces de realizar tareas específicas (Blanco, 2024). Con los avances tecnológicos y el aumento del almacenamiento, hoy la inteligencia artificial se usa de manera constante, facilitando nuestra rutina diaria, ya que, al ser flexibles y reforzadas por el aprendizaje automático o *machine learning*, tienen un desarrollo continuo, dependiendo de la creatividad y objetivos de su uso (Doménico y González, 2025). La IA emerge como una de las tecnologías más transformadoras del siglo actual, ha realizado una metamorfosis significativa de nuestro entorno y dada la naturaleza cuestionable y de tensión de su uso, es interesante para analizarla desde la enseñanza de la química cuando se les proponga tomar decisiones informadas a un grupo de estudiantes. La IA como herramienta tecnológica ha sido no solo una ayuda, sino una extensión idónea del ser humano, mediante algoritmos capaces de seccionar y clasificar la información (Christensen et al., 2022). Sin embargo, ¿quién delimita el uso responsable de esta?

Según la Fundación Latinoamericana (2024) “Alimentar de datos a una máquina para que sea capaz de aprender el lenguaje de los humanos tiene un coste para el medio ambiente cinco veces superior a lo que contamina un automóvil durante toda su vida útil”. Claro está, este consumo no se debe únicamente relacionada con el uso de inteligencia artificial, sino el que se da en los centros de procesamiento de datos, donde se centralizan las operaciones

informáticas, como el almacenamiento, procesamiento, tratamiento y difusión de datos. Según el informe anual de electricidad de la Agencia Internacional de la Energía (AIE), los centros de datos de procesamiento consumieron 460 TWh en 2022, cifras que podrían aumentar para el 2026 (Rodríguez, 2024).

La escuela, como centro de enseñanza no tiene como fin único, enseñar al alumno una multitud de conocimientos disciplinarizados, la antítesis de esto corresponde a que, el alumnado con información clara y específica llegue a una autonomía intelectual desarrollando habilidades como la toma de decisiones informadas (TDI) con fundamento al pensamiento crítico (López Aymes, 2012) es por esto que, se propone en el siguiente trabajo abordar como cuestión sociocientífica (CSC) los impactos ambientales del uso de la IA, propuesta que busca para favorecer la TDI.

En este sentido, las CSC se vienen trabajando en la educación en ciencias y se centran en promover la comprensión de la ciencia, mediante el desarrollo de capacidades de razonamiento y argumentación en escenarios reales que involucren controversias y relevancia social. Estas buscan alfabetizar científicamente a los ciudadanos para que puedan aplicar su conocimiento en situaciones que requieren debate y toma de decisiones informadas (Parga et al., 2024). Temas de interés público como la inteligencia artificial ayudan a dar visibilidad a aspectos que favorecen el desarrollo de TDI y contribuyen con la información ciudadana de los estudiantes (Martínez y Parga, 2013).

Asimismo, el enfoque curricular de las instituciones escolares y los abordajes docentes propuestos en sus diseños micros y meso curriculares deberían transformar los contenidos de enseñanza para favorecer el aprendizaje y la formación de los estudiantes hacia la comprensión de los fenómenos sociales y ambientales actuales. Esto se puede argumentar porque dentro del marco de la educación colombiana aún hay una tradición disciplinarizada de la enseñanza pues como lo plantean Jiménez y Cristancho (2021) los contenidos “no muestran la flexibilidad, consciencia, y sostenibilidad ambiental necesaria para lograr objetivos de desarrollo sostenible (ODS)”. Asimismo, estos autores proponen que:

La integración de prácticas ambientales que conlleven a propiciar desarrollo sostenible en las poblaciones escolares de los diferentes contextos educativos en el país se muestra como un objetivo prominente que nace desde la literatura

y la necesidad de conservar el medio ambiente haciendo énfasis transversal en los diferentes núcleos de todas las áreas que componen la macro-unidad de planeación conocida como currículo (Jiménez y Cristancho, 2021, p. 110).

Dado que la perspectiva del DS y sobre todo de la educación para el DS, es cuestionable, se plantea como fundamento de la investigación la ambientalización curricular (AC) que les permita a los estudiantes comprender su entorno y desarrollar pensamiento crítico frente a los problemas ambientales (MEN, 2017). Pero según Martín (2016) las instituciones educativas en Colombia todavía afrontan problemas con la ambientalización curricular puesto que, se han desvinculado de las dinámicas ambientales actuales. Desde la educación en química y hacia una visión de Educación Ambiental (EA), se requiere, que se forme y promuevan los fundamentos de pensamiento ambiental en los estudiantes por parte del profesorado (Jiménez y Cristancho, 2021. p. 110) y se demanda de la formación docente para favorecer la AC (Parga, 2019).

Así, se destaca como problema a investigar la falta de ambientalización curricular y en especial, de la ambientalización del contenido y la toma de decisiones informadas, la cual según Parga (2024) puede lograrse mediante el abordaje de una controversia sociocientífica o CSC que promueva la TDI como ambientizador. Para esto se propone como CSC, el impacto ambiental por el uso de la inteligencia artificial (IA).

2.2. Formulación de la pregunta

Según lo descrito, se propuso como pregunta de investigación lo siguiente: ¿De qué manera la ambientalización del contenido para la enseñanza de la química, del grado once del Instituto Técnico Industrial de Facatativá, fomenta la toma de decisiones informadas en un grupo de estudiantes participantes cuando se enfrentan a la CSC del impacto ambiental por el uso de la inteligencia artificial?

2.3.Objetivos

2.3.1. Objetivo general

Analizar una propuesta microcurricular ambientalizada para la enseñanza de la química en el grado once del Instituto Técnico Industrial de Facatativá, que fomente la toma de decisiones informadas en un grupo de estudiantes participantes de la IEI, cuando se enfrentan a la CSC del impacto ambiental por el uso de la inteligencia artificial.

2.3.2. Objetivos específicos

- Caracterizar el nivel de toma de decisiones informadas en un grupo de estudiantes participantes del grado 11° del Instituto Técnico Industrial en relación con la CSC del impacto ambiental por el uso de la inteligencia artificial.
- Implementar una propuesta microcurricular ambientalizada, para fomentar la toma de decisiones informadas en un grupo de estudiantes participantes de grado 11° frente a la CSC del impacto ambiental por el uso de la inteligencia artificial.
- Evaluar la propuesta microcurricular ambientalizada, valorando el fomento en la toma de decisiones informadas del grupo de estudiantes participantes de grado 11° frente a la CSC abordada.

2.4.Justificación de la investigación

La presente investigación se centró en la necesidad de ambientalizar el contenido de enseñanza de la química y en formar para la toma de decisiones informadas, para lo cual se asume una CSC enfocada en el impacto ambiental del uso de la inteligencia artificial.

El interés por analizar como CSC el uso de la IA se debe al progresivo avance y el creciente interés a soluciones basadas en la IA (Antonopoulos et al., 2020), incluyendo especialmente la educación, plantean desafíos significativos en términos de consumo energético y sustentabilidad ambiental (Blanco, 2024).

La sociedad actual se enfrenta a una paradoja, mientras la IA ofrece interminables beneficios y facilita diversas tareas (Corvalán, 2018), su malversación inconsciente conlleva un alto costo ambiental. Como lo señala Vitola et al. (2024, p. 73) “se puede evidenciar cómo los algoritmos de IA requieren grandes cantidades de energía causando un aumento en la huella de carbono y contribuyendo al cambio climático”, esta realidad demanda una reflexión

y una acción inmediata en el ámbito educativo y más desde la educación química ambientalizada (Parga, 2019; 2024).

La “escuela” como centro de formación tiene la responsabilidad de formar al estudiante para enfrentar los desafíos del siglo actual (Bernate y Guativa, 2020), no solo en el incremento de saberes, sino desarrollando habilidades de pensamiento crítico y conciencia ambiental (López Aymes, 2012). En este marco la integración de CSC en el currículo permite abordar problemas sociales desde una perspectiva científica, promoviendo la argumentación y la toma de decisiones en los estudiantes, fortaleciendo el conocimiento científico en la vida cotidiana, contribuyendo a que estos sean ciudadanos informados y comprometidos con el “desarrollo sostenible” y la toma de decisiones éticas (Torres et al., 2009).

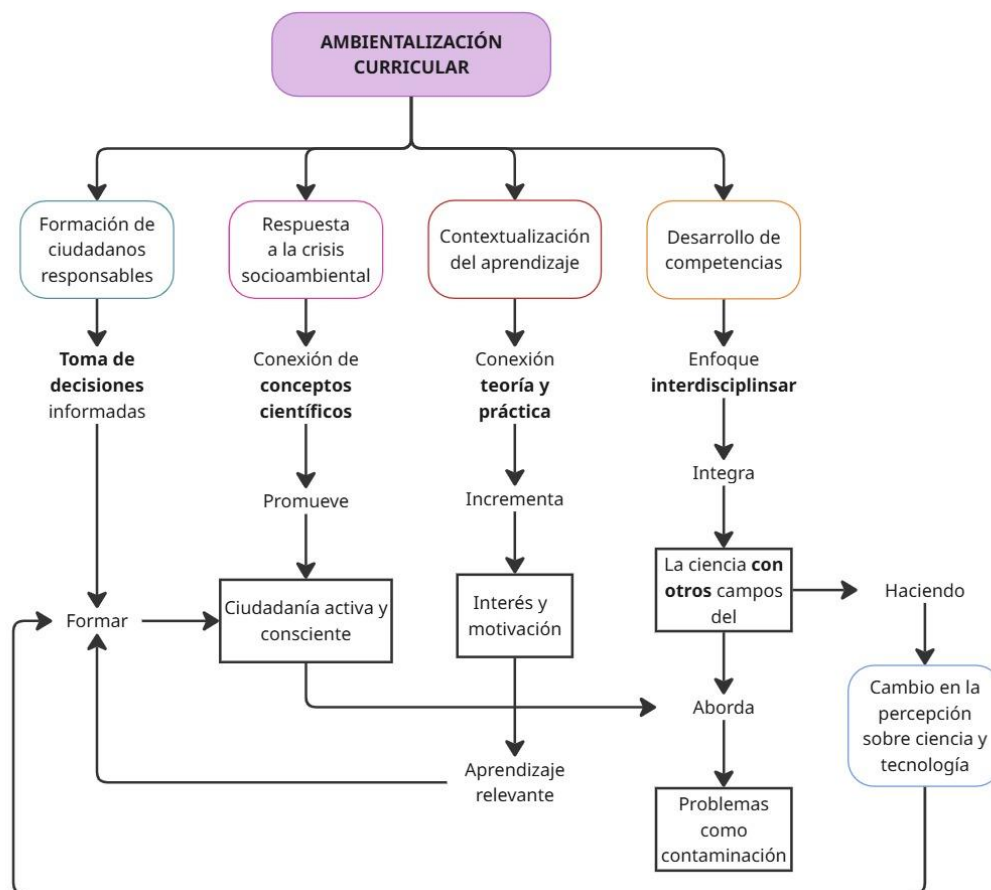
Por ello, se buscó diseñar y analizar una propuesta microcurricular ambientalizada para la enseñanza de la química donde, se tuvo como punto clave la focalización de problemas y la resolución de estos; por ello, es imprescindible fomentar la habilidad de toma de decisiones en los estudiantes frente al impacto ambiental del uso de la IA. Según Merchán (2011, p. 128) “Para decidir se necesita valorar las ventajas y las desventajas de las diferentes opciones, así como su probabilidad de ocurrencia; los juicios de valor y probabilidad son el núcleo de las buenas decisiones” esto para que, los estudiantes puedan dimensionar el consumo de los recursos naturales en función de la IA.

Asimismo McConnell (1982) sugiere que, para una aptitud de toma de decisiones, es necesario que se incluyan habilidades como una actitud cuidadosa frente al uso de conocimientos relevantes, la conciencia, el deber con los valores y la capacidad de generar cambios en la actitud; haciendo que los estudiantes encuentren fundamentos en la argumentación y la toma de decisiones frente a CSC (Solbes, 2019) relacionadas con la IA, impulsando a buscar alternativas y soluciones para mitigar el impacto ambiental.

Como docentes, surge la necesidad de transmutar la educación en Colombia, trascendiendo de la mera incorporación de contenidos, para ello la ambientalización del currículo surge como prioridad (MEN, 2017; Parga, 2019). Esta tiene como fin, la integración de cuestiones ambientales en el currículo a partir de la articulación entre dos educaciones: la científica y la ambiental, promoviendo una educación que fomenta la conciencia, comprensión y acción hacia la sustentabilidad ambiental (Parga, 2022). Sin embargo, aún existen desafíos para lograr una integración efectiva de la sustentabilidad ambiental en los

currículos escolares (Parga, 2019; Jiménez y Cristancho, 2021). Por esta razón para Parga (2022) la ambientalización del contenido se centra en cinco aspectos claves como se muestra en la figura 1. Centrándose fundamentalmente en formar a los estudiantes para enfrentar y actuar ante los desafíos ambientales actuales al unísono que se les educa para ser ciudadanos responsables y comprometidos con su entorno.

Figura 1: Aspectos claves de la Ambientalización del contenido



Fuente: Elaboración propia.

La integración de CSC en el currículo, como el impacto ambiental de la inteligencia artificial, ofrece un escenario idóneo para el desarrollo de toma de decisiones, ya que para Merchán (2011) incluir actividades basadas en situaciones cotidianas busca fortalecer en los estudiantes sus habilidades para solucionar problemas. Además, se pretende que adquieran las herramientas necesarias para analizar y evaluar diferentes circunstancias, desarrollando criterios que les ayudarán a tomar decisiones informadas y fundamentadas en su análisis. Las

CSC por su naturaleza controvertida y compleja, exigen que los estudiantes desarrollen habilidades científicas, analicen información, evalúen argumentos y tomen decisiones fundamentadas (Torres et al., 2023).

3. CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO

El presente marco teórico se sustenta desde la búsqueda de diferentes aspectos conceptuales con respecto al daño ambiental con el uso de la inteligencia artificial y cómo el uso desmedido de la IA tiene afectaciones ambientales. Asimismo, con relación a la ambientalización del contenido con respecto a la toma de decisiones informadas, y como este es fundamental para la educación en ciencias, en especial, en la educación química.

3.1. Antecedentes de la investigación

Los antecedentes de investigación están conformados en su estructura de dos maneras, la primera desde la afectación ambiental de la IA y la segunda desde la importancia de la ambientalización del contenido en la escuela respecto a la toma de decisiones informadas. Cabe resaltar que la búsqueda de estos antecedentes se realizó mediante la exploración en bases de datos bibliográficos como Google Académico, ERIC de EBSCO host, Web of Science de Clarivate, Scopus, revistas de divulgación científica y algunos repositorios institucionales como el repositorio de la Universidad Pedagógica Nacional. Asimismo, se enfatiza en la poca información existente en relación con cómo la educación tiene que hacer un apremiante llamado ante el posible impacto medio ambiental de la IA, ante esto, pero sin ser el centro de esta investigación se hizo una revisión bibliográfica, apoyada en palabras clave divididas en dos categorías: ("educación química") AND ("inteligencia artificial") AND ("ambientalización curricular"), y la segunda, ("educación química") AND ("inteligencia artificial") AND ("ambientalización curricular"). Esta búsqueda, aunque arrojó resultados, no se encontraron en las relaciones de esta investigación, es por consiguiente que se realizó una integración de diez artículos enfocados en el daño medio ambiental por parte de la IA y doce relacionados con ambientalización del contenido con enfoque en CSC en los que sus objetivos fueron el daño medio ambiental de tecnologías.

3.2. Enseñanza de la química y educación en química

La enseñanza de la química planteada por Izquierdo (2004) en su artículo *Un nuevo enfoque de la enseñanza de la química: Contextualizar y modelizar* “puede llegar a ser un paradigma de lo incomprensido a lo peligroso” (p. 115), debido a la detección de una crisis, a la poca comprensión de la misma, ya que como lo menciona la autora “los profesores de química saben bien que incluso los buenos estudiantes de química tienen dificultades en aplicar sus conocimientos y tienen la sensación de que la química no les sirve para explicar” (Izquierdo, 2004, p.116).

Para los apasionados a la química existe una afirmación “todo es química” aunque cierta para los amantes a la ciencia un poco alucinante para los estudiantes (Izquierdo, 2004). Esto imparte especialmente por el enfoque tradicionalista de la enseñanza de la química, ya que en muchas ocasiones se sigue fundamentando en la transmisión de conocimientos y memorización de conceptos. En parte esto por la política educativa, ya que la demanda a nivel laboral puede entorpecer el cumplimiento de lo que debería ser la enseñanza de esta área (Garzón, 2022).

Por esto surge como necesidad el buscar estrategias que aproximen a los estudiantes a la comprensión del estudio de la química (Piñeros, 2015), ya que es necesario que los contenidos curriculares despierten el verdadero interés en los estudiantes, por esto que Izquierdo (2004) destaca que:

El problema ha sido ya detectado y son muchos los que se preocupan por él, aunque quizás no tanto los profesores de química, demasiado apegados a lo que ha sido nuestra manera de hacer de siempre, a la que hemos dedicado muchos esfuerzos. Se están proponiendo nuevos currículos, se editan libros renovadores, bien ilustrados, con narraciones interesantes; proliferan las Web con propuestas docentes, los recursos en red aumentan. Se puede ser optimista en este sentido, pero también se ha de reconocer que lo que se ha modificado es, sobre todo, la presentación de los temas pero que no hay un cambio profundo en su contenido conceptual (teórico) que es el fundamental porque sin él no se puede pensar a la manera de las ciencias y no hay formación científica posible. Es el momento de aportar nuevas ideas para culminar los

cambios que se anuncian y conseguir superar el reto que tenemos planteado ahora los profesores de química: hacer que la química sea comprensible para el gran público y ocupe su lugar como ciencia básica, pero al servicio de otras nuevas que están emergiendo, sin que por ello se convierta en una banalidad (Izquierdo, 2004, p. 119-120).

Por lo expuesto, es necesaria una enseñanza de la química contextualizada ya que permite utilizar los contextos sociales y las realidades cotidianas para abordar la enseñanza de la química, lo que a su vez genera interés y motivación en los estudiantes, se favorece el gusto por los estudios centrados en la ciencia (Parga y Piñeros, 2018; Ros, 2018).

Sin embargo, estos planteamientos están enfocada en la enseñanza de la química, y por ende en la didáctica de la química, pero como desde esta se favorece la formación de los estudiantes. Esta discusión es necesaria y por ello la ambientalización del contenido es clave para esta articulación: didáctica de la química y educación química (Parga, 2024).

3.3. Estudios sobre Inteligencia Artificial y daño ambiental

Respecto al referente del daño medio ambiental desde la IA, esta ha experimentado un desarrollo acelerado en las últimas décadas y tiene una amplia gama de usos que van desde la educación hasta la industria y la ciencia, teniendo así beneficios para los estudiantes como los que menciona Delgado et al. (2024) en su artículo “*Aplicación de la Inteligencia Artificial (IA) en Educación: los beneficios y limitaciones de la IA percibidos por el profesorado de educación primaria, educación secundaria y educación superior*” el análisis de características individuales de los estudiantes para ofrecer itinerarios de aprendizaje adaptados (Christensen et al., 2022), el ajuste del contenido y estrategias de enseñanza según sus necesidades para optimizar su aprendizaje (Kabudi et al., 2021). Sin embargo, su avance también ha suscitado preocupaciones sobre la privacidad de los datos de los estudiantes y el uso de la información (Morron, 2023) y, asimismo, su impacto en el medio ambiente.

Una de las primeras investigaciones que abordó el impacto energético de la IA fue realizada por Strubell et al. (2020) quienes revelaron en su artículo “*Energy and Policy Considerations for Deep Learning in NLP*” que los modelos de procesamiento del lenguaje necesitan enormes cantidades de energía para su entrenamiento, según su estudio el consumo energético de estos ejemplares corresponda las emisiones de carbono (CO₂) producidas por

un automóvil a lo largo de su vida útil. Este problema se ha agravado con la proliferación de modelos de inteligencia artificial. En estudios recientes se han manifestado que el entrenamiento de modelos de la IA especialmente los de gran escala, requiere una cantidad considerable de energía, resultado en altas emisiones de carbono, de igual modo se menciona que dichos centros de datos pueden consumir hasta 700.000 litros de agua (Li et al., 2023).

Por otro lado, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP, 2024) ha advertido sobre los problemas ambientales que plantea la inteligencia artificial en su informe “*A global foresight report on planetary health and human wellbeing*”, enfatiza que la mayoría de las implementaciones de la IA a gran escala se alojan en centros de datos, los cuales generan un alto impacto ambiental porque para la construcción de una computadora de 2 kilogramos se requiere unos 800 kilogramos de materia prima. Además, este cálculo no considera la huella hídrica de cada componente, lo que incrementa aún más el impacto ambiental de estas tecnologías. De manera similar, Ewim et al. (2023) explican que la fabricación de hardware especializado para los centros de datos, como las unidades de procesamiento gráfico (GPU) y los circuitos integrados de aplicación específica (ASIC), generan residuos electrónicos, los cuales no tienen un proceso de reciclaje adecuado contribuyendo al cambio climático.

A pesar del acelerado avance de la IA en correlación a casi todos los ámbitos de la vida diaria y especialmente en la educación, las investigaciones en el ámbito académico que relacionan la inteligencia artificial y el daño medio ambiental siguen siendo limitadas. Esto debido a que la mayoría de los estudios se centra en los beneficios tecnológicos y económicos de la IA, la falta de dichas investigaciones dificulta la creación de políticas sostenibles y la implementación de posibles tecnologías más eficientes desde el punto de vista ambiental.

Es por esto por lo que, se establece como importante esta investigación porque se destaca la necesidad de regular el uso de la IA para reducir su impacto ambiental. Asimismo, Alier et al. (2024) y Delgado et al. (2024) examinan cómo la educación puede desempeñar un papel clave en la concienciación sobre estos problemas, promoviendo el desarrollo de soluciones tecnológicas más sostenibles.

Si bien gran parte del debate sobre la IA ha estado centrado en su impacto en el empleo y la educación, como subrayan Alier et al. (2024), también es fundamental considerar su sustentabilidad ambiental. La creciente demanda de inteligencia artificial en el ámbito

educativo, como señalan estos autores, no solo implica transformaciones pedagógico-didácticas, sino también un mayor consumo energético de las plataformas digitales. Por ello, resulta esencial diseñar estrategias que equilibren los beneficios de la IA con la sustentabilidad ambiental.

3.4. Estudios sobre ambientalización del contenido y toma de decisiones

La ambientalización del contenido y la toma de decisiones informadas (TDI) han sido abordadas desde diversas investigaciones, las que destacan la importancia de incluir principios de sustentabilidad ambiental en la enseñanza de la química.

Una de estas investigaciones fue la titulada “*Ambientalización curricular para la ciudadanía y sustentabilidad ambiental. Análisis de criterios desde la Licenciatura en Química*” planteada por Quintero et al. (2022) resaltan la necesidad de incorporar principios ambientales en los planes académicos, especialmente en la formación de docentes de química, con el objetivo de fortalecer la conciencia ambiental en los estudiantes. Por su parte Parga (2022) analiza como la educación científica integra el enfoque de Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente (CTSA), el de CSC y la propuesta del convivir en armonía para la fortalecer la conciencia ambiental y promover una toma de decisiones más responsable. Por su parte Jiménez y Cristancho (2021) y Álvarez (2024) argumentan como desde la educación en química puede ser integrado temas relevantes hoy como el cambio climático en los currículos, lo que es primordial para que los futuros profesionales tomen decisiones informadas y responsables en contextos socioambientales.

En el estudio sobre “*Mecanismos de ambientalización en la educación en ciencias. El caso de la educación química en interacción con la educación para la sustentabilidad ambiental*” Parga (2024) destaca la importancia del vínculo entre la educación química y la educación para la sustentabilidad ambiental, esta relación permite un proceso de toma de decisiones basada en el conocimiento científico y otros saberes. Asimismo, Torres et al. (2023) plantea las problemáticas sociocientíficas contribuyen al desarrollo de pensamiento crítico y a la toma de decisiones fundamentada en evidencias.

La revisión sistemática realizada por Torres et al. (2023) resalta que la contextualización de los contenidos educativos mediante situaciones reales permite a los estudiantes desarrollar habilidades para la solución de problemas y la toma de decisiones en entornos complejos. En la misma línea Escobar et al. (2023) analizan la toma de decisiones

en la educación y enfatizan la necesidad de generar procesos formativos basados en la evidencia para lograr una acción efectiva frente a los desafíos ambientales.

Lin et al. (2024) aborda la preparación de docentes en la enseñanza de la toma de decisiones socio-científicas, subrayando que el desarrollo de estas competencias es esencial para enfrentar problemáticas ambientales. Para Parga (2022) la ambientalización del contenido no solo fomenta la formación ciudadana, sino que influye en la capacidad de los estudiantes para tomar decisiones orientadas hacia la sustentabilidad.

En el contexto de la educación superior, Quintero et al. (2022) señalan que la implementación de criterios ambientales en los planes de estudio para la formación de profesores de química permite una mejor articulación entre la enseñanza de las ciencias y la responsabilidad socioambiental. Por su parte, Álvarez (2024) indica que la educación en cambio climática debe ser transversal en la formación de futuros profesionales para que puedan enfrentar los desafíos ambientales con una visión integral y fundamentada entre otras, en principios científicos.

Las investigaciones de Parga (2024) y Torres et al. (2023) sugieren que la integración de la ambientalización del contenido en la enseñanza de las ciencias no solo fortalece la conciencia ambiental, sino que forma a los estudiantes para tomar decisiones informadas en sus ámbitos profesionales y personales. En conjunto, estas investigaciones evidencian la relevancia de articular principios de la educación ambiental con la toma de decisiones desde la educación química.

Lo identificado muestra dos perspectivas, la primera sobre el impacto ambiental de la inteligencia artificial, para analizarse como CSC desde la enseñanza de la química pues esta conlleva un costo ambiental por el consumo de grandes cantidades de energía, emisiones de gases de efecto invernadero y producciones de residuos electrónicos. En segundo lugar, es fundamental que, como estudiantes de grado 11, integren la sustentabilidad ambiental en sus aprendizajes de química, de modo que la ambientalización del contenido les permita tomar decisiones informadas y responsables frente a los desafíos que enfrenta nuestro planeta.

4. CAPÍTULO 3. MARCO CONCEPTUAL

4.1. Inteligencia Artificial

El término inteligencia artificial fue acuñado por John McCarthy en 1956 durante la Conferencia de Dartmouth, momento considerado como punto de partida oficial del campo (Vargas et al., 2023). La inteligencia artificial (IA) ha dejado de ser un concepto exclusivo de la ciencia ficción para convertirse en un eje transversal de transformación. Para Sánchez (2024) la inteligencia artificial es sobre “la informática que usa algoritmos para realizar diferentes tareas ordenadas por el ser humano” (p. 23). Para Negrete y Gonzales (1992) citado por Ramírez (2019) en su libro de *la filosofía a la inteligencia artificial* la define como la simulación computacional de procesos cognitivos; en tanto que Huertas (2020) considera que la IA puede ser definida desde tres aspectos:

El primero hace referencia a la necesidad de medir la inteligencia en una escala establecida y con unos parámetros apropiados. En un segundo punto podemos subrayar que esta inteligencia se da primordialmente por medio del lenguaje, es decir que ya sea de manera escrita u oral es presentada en algún medio y por último la inteligencia se enfoca en solucionar un problema, ya sea en cuanto a una prueba para medirla o como un desafío en la vida cotidiana. Estos tres elementos nos permiten enfocar la inteligencia en desarrollar tareas específicas para dar soluciones a problemáticas puntuales (p.15).

Para CONPES (2019):

La inteligencia artificial se entiende como un campo de la informática dedicado a resolver problemas cognitivos comúnmente asociados con la inteligencia humana o seres inteligentes, entendidos como aquellos que pueden adaptarse a situaciones cambiantes. Su base es el desarrollo de sistemas informáticos, la disponibilidad de datos y los algoritmos (p. 20).

Desde una mirada crítica, Vitola et al. (2024) destacan que la IA no solo plantea desafíos técnicos, sino dilemas éticos, políticos y filosóficos que deben ser atendidos con responsabilidad. Esto implica reconocer que el avance tecnológico no es neutro, y sus aplicaciones deben enmarcarse en principios que prioricen el bienestar colectivo (MEN,

2024). Complementando estas aproximaciones, Russell y Norvig (2021), en su obra *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, definen la IA como “el estudio de agentes que perciben su entorno y toman acciones que maximizan sus posibilidades de éxito” (p. 1). Estos aspectos son claves para abordar el impacto ambiental de la IA en el abordaje de una cuestión sociocientífica.

4.2.Cuestiones sociocientíficas

Respecto a las cuestiones sociocientíficas Martínez (2014) plantea que:

Son una posibilidad didáctica de asumir la enseñanza de las ciencias que permite abordar contenidos científicos a nivel social y contextual, permitiendo que el sujeto participe de polémicas y controversias, dando a conocer posibles soluciones y permiten que los estudiantes comprendan e intervengan en los dilemas que surgen entre ciencia, tecnología y sociedad (p. 421).

En línea con estas características Montoya (2022) considera que “las CSC permiten una enseñanza contextualizada, que se centra en la problematización de situaciones del mundo real donde confluyen conocimientos científicos, decisiones éticas y consecuencias sociales” (p. 45). Este enfoque reconoce que la ciencia se encuentra en constante relación con intereses sociales, políticos y ambientales, por ello se convierte en una herramienta clave para la formación de ciudadanos comprometidos con su entorno.

Diversos autores coinciden en que el abordaje de las CSC en el aula favorece el desarrollo de competencias argumentativas y de pensamiento crítico. En Colombia la implementación de las CSC ha ganado terreno como estrategia pedagógica didáctica para integrar saberes disciplinares científicos para fomentar la conciencia ambiental, para ello Parga (2022) y Torres et al. (2023) revelan que abordaje de CSC ha permitido fortalecer la formación ciudadana y la capacidad de análisis crítico de los estudiantes frente a problemáticas como el cambio climático, la energía, el uso de biotecnologías y el consumo responsable, minería, implicaciones de la nanotecnología, impactos de las energías renovables; estas problemáticas según Martínez (2014) están asociadas con:

Conceptos, productos y procedimientos científicos, en donde el estudiante deberá examinar las causas y consecuencias, las ventajas y desventajas, los pros y los contras de la posición que asuma. Por lo tanto, el trabajo con las CSC en las clases de ciencias implica: comprensión conceptual (los conceptos químicos, físicos, biológicos y ecológicos implicados, por ejemplo, en la producción de biocombustibles, así como los conceptos ambientales y éticos); comprensión de procedimientos (cómo se genera la evidencia científica; cómo pueden tomarse con responsabilidad las decisiones); y finalmente, el reconocimiento de los valores personales, sociales y el análisis del razonamiento ético y moral (p. 84).

Desde la perspectiva curricular, las CSC para Castro y Carrión (2014) proponen “un diseño curricular centrado en cuestiones sociocientíficas que debe integrar contenidos conceptuales con habilidades argumentativas, éticas y ciudadanas, permitiendo al estudiante asumir un rol activo frente a su entorno” (p. 7). Por su parte para Parga (2022, p. 120), “la educación en ciencias debe formar ciudadanos conscientes, con capacidad de actuar ante las problemáticas contemporáneas desde una mirada informada y transformadora”.

4.3. Toma de decisiones

Para Carvajal y Valencia (2016), “La toma de decisiones es la elección o desarrollo de un proceso o evento problemático causado en un contexto y un momento determinado, bien sea de nivel familiar, escolar, social, empresarial e incluso sentimental” (p. 73). Según Merchán (2011) la toma de decisiones en estudiantes es una habilidad fundamental, especialmente cuando se busca formar ciudadanos críticos frente a dilemas actuales. Este proceso lejos de ser una elección entre opciones implica según Rojas y Pineda (2016), deliberación, análisis de información, consideraciones éticas y proyección de consecuencias. En palabras de Wales y Nardi (1984) “las decisiones en sí se toman cuando se especifica un objetivo, cuando se recopila y evalúa información, cuando se utilizan valores para elegir la mejor solución y cuando se elaboran y evalúan planes detallados.” (p. 1). Entrelazando la toma de decisiones con el pensamiento crítico se estructuran decisiones y razones mediante habilidades como interpretación, análisis lógico y evaluación de argumentación (Halpern,

2013). Para los contextos educativos, desarrollar dicha habilidad puede lograr que los estudiantes se posicionen frente a cuestiones sociocientíficas (Parga, 2022), como el uso de la inteligencia artificial y su impacto ambiental.

Como lo señala Abarca (2015, p. 1) “la toma de decisiones es un proceso de aprendizaje que no se da espontáneamente, sino que se va formando a través de experiencias, análisis, reflexión y confrontación de alternativas”. En tanto que para Carvajal y Valencia (2016):

La toma de decisiones es uno de los aspectos más trascendentales en el desarrollo y formación del niño, es en esta etapa cuando comienzan a conocer más cerca las estructuras de la vida cotidiana, ya no sólo dentro del entorno familiar, sino, ahora también, conocen la interacción con otros dentro del aula de clases y la institución escolar. En este lugar comienzan a relacionarse con sujetos provenientes de diferentes contextos y espacios sociales, personalidades y reglas distintas. Así, la escuela se convierte en el lugar donde comienzan a practicar las diferentes situaciones que se les presentaran en el diario vivir, por lo que representa el entorno ideal para desarrollar la capacidad de decisión y autonomía en los individuos (Carvajal y Valencia, 2016, p. 76).

Diversos autores han planteado niveles para clasificar la toma de decisiones en los estudiantes, según su capacidad de análisis, argumentación y juicio crítico. Así, Narvaez y Rest (1995) proponen que “el proceso de decisión moral está compuesto por cuatro componentes psicológicos: la sensibilidad moral, el juicio moral, la motivación y el carácter morales” (p. 386). De manera similar Sadler y Zeidler (2004) reconocieron patrones de razonamiento informal en torno a las CSC que van desde respuestas basadas en creencias hasta, explicaciones basadas en evidencia.

Para estructurar procesos de enseñanza, es necesario identificar el nivel de toma de decisiones en que se encuentra el educando es por esto por lo que la Tabla 1 describe los niveles de toma de decisiones.

Tabla 1*Niveles de toma de decisiones en estudiantes*

Nivel	Grado	Características
Intuitivo o emocional	Inicial	Esta etapa suele reflejarse en decisiones impulsivas o basadas en experiencias personales, los estudiantes tienden a responder de forma rápida y emocional, sin considerar argumentos científicos o éticos (Sadler y Zeidler, 2004). Este nivel es común en los primeros encuentros de los estudiantes con dilemas complejos, asimismo se destaca que es fundamental la intervención de docentes para guiar procesos de análisis (Carvajal y Valencia, 2016).
Intermedio o justificativo	Intermedio	Abarca (2015) sugiere que este nivel representa una fase de transición en el aprendizaje ya que, los estudiantes no solo eligen, sino que buscan razones que respalden su decisión, esto con base en conocimientos previos, normas sociales o creencias personales. Asimismo, el rol del docente se transforma ya que facilita espacios de diálogo donde los estudiantes puedan explorar sus ideas (García, 1997).
Crítico-reflexivo	Avanzado	El estudiante considera múltiples perspectivas, anticipa consecuencias y evalúa implicaciones sociales, éticas y científicas de sus decisiones, para García (2020), los estudiantes que alcanzan este nivel son capaces de resolver problemas complejos. Finalmente, Halpern (2013) sostiene que este nivel requiere de una vinculación explícita con el pensamiento crítico, relacionadas con experiencias significativas y contextualizadas.

Nota. Fuente. Elaborada a partir de Abarca (2015); Halpern (2013); Sadler y Zeidler (2004); Carvajal y Valencia (2016) y García (1997; 2020)

Este es un proceso primordial en la educación, ya que influye en su desarrollo crítico y su capacidad para resolver problemas en diversos contextos. Según Escobar et al. (2023) la educación debe enfocarse en desarrollar competencias que permitan a los estudiantes tomar decisiones fundamentadas en evidencia, promoviendo un pensamiento analítico y reflexivo. Lin et al. (2024) refuerza esta idea, destacando la importancia de preparar a los docentes para guiar a los estudiantes en procesos de toma de decisiones informadas.

En síntesis, la toma de decisiones informadas se asume como una evolución progresiva y formativa de alternativas, desde un nivel emocional hasta el crítico reflexivo

implicando así una deliberación y soluciones de incertidumbre, especialmente cuando se presentan dilemas socio científicos que se involucren en contextos cotidianos, así y de manera gradual la habilidad de toma de decisiones con fundamentos verídicos forma ciudadanos comprometidos ética y ambientalmente, esto es, según Parga (2022, p. 130) “ser capaces de relacionarse con los demás de forma cada vez más comprensiva y justa, y tener la capacidad de resolver problemas cotidianos.

4.4.Ambientalización curricular

Ezquerria y Gil (2017) plantean la ambientalización curricular como:

[...] el proceso de integrar la dimensión ambiental en la educación, sin importar el nivel educativo al que se aplique, y en el que están involucrados todos los participantes educativos, desde los encargados de la política educativa hasta los docentes y estudiantes, así como el personal administrativo” (p. 12).

La ambientalización curricular, que involucra a la AC, es un enfoque que busca integrar la dimensión ambiental en todos los niveles y componentes del currículo académico para ello y según Parga (2019; 2024) y Pinta (2024) la ambientalización del contenido resulta clave desde la perspectiva educativa ya que “los docentes de ciencias naturales juegan un papel fundamental en la formación de ciudadanos, pues, no solo se limitan a enseñar la disciplina en sí, sino que integran y combinan contenidos con los desafíos que enfrenta la humanidad en la actualidad” (p. 17)

Este enfoque no solo responde a una necesidad educativa, sino también a un compromiso ético y político, por lo que para Parga (2022) ambientalizar el contenido:

[...] puede movilizar en los estudiantes el interés por los temas ambientales, también es necesario su formación en estas perspectivas para el abordaje de temas controversiales y socialmente vivos, tales como la contaminación química por minería, la fumigación con sustancias ilegales, los agrotóxicos, las implicaciones de la nanotecnología, los transgénicos, los impactos de

energías alternativas como la nuclear y las guerras químicas, biológicas y digitales, que son el resultado de las actividades tecnocientíficas y que requieren de la participación de los ciudadanos (p. 126-127).

En este sentido y desde una perspectiva metodológica, la AC se fundamenta en el desarrollo de competencias científicas - ambientales y ciudadanas a través de la incorporación de problemáticas socioambientales en los planes de estudio. Como lo menciona Herrera (2013):

Ambientalizar el currículo no significa la creación de una nueva asignatura, supone tomar los principios ambientales como principios educativos en un proceso continuo de producción cultural tendiente a la formación de profesionales comprometidos con la búsqueda permanente de las mejores relaciones posibles entre la sociedad y la naturaleza, atendiendo a los valores de la justicia, la solidaridad y la equidad, aplicando los principios éticos universalmente reconocidos y el respeto a las diversidades (p. 53).

Para Coya (2001) la ambientalización implica la integración de contenidos y criterios ambientales y sustentables en los planes de estudio, es por ello por lo que en la ambientalización del currículo se incluyen ejes relacionados con problemáticas ambientales, pero que no se limita a esto según Parga (2019). Si bien estas problemáticas por lo general se abordan desde enfoques de las disciplinas específicas o contenidos disciplinarios, se requiere de la interdisciplinariedad e incluso en el ámbito interdisciplinar, lo que hace que se planteen, según la autora, diferentes niveles de ambientalización de contenido.

Tabla 2

Criterios y dimensiones de la Ambientalización del contenido en ciencias

Categorías	Criterios y dimensiones ACC
Contenidos de Enseñanza <i>Principios generales de la</i>	Dada la importancia de integrar aspectos ambientales en la comprensión de los problemas ambientales, la Educación Ambiental adquiere relevancia al enfrentar dilemas que abarcan ámbitos sociales, económicos, políticos, culturales, científicos/tecnológicos, éticos y estéticos.

Categorías	Criterios y dimensiones ACC
<i>sustentabilidad ambiental</i>	• Enseñar a partir de la interacción en las dimensiones éticas, estéticas, naturales, individuales, sociales y culturales. • Enfoque gradual según el progreso de los alumnos. • La enseñanza estará guiada a través de un modelo holístico, complejo, crítico, sistémico y de diálogo de saberes disciplinares. • El contenido debe alejar la educación científica y tecnológica de la idea de certeza y llevarla hacia la incertidumbre. • Fomentar la formación integral a partir de la educación ambiental para abordar temas ambientales, sociales, éticos, estéticos, políticos, históricos y culturales. • Facilitar habilidades y aptitudes en los estudiantes para que puedan comprender y enfrentar los desafíos ambientales, fomentando la adopción de hábitos más sustentables y promoviendo un estilo de vida responsable. Facilitar que el proceso educativo cuestione el enfoque tradicional de la ciencia y la tecnología, y muestre su relación con diferentes conocimientos, perspectivas culturales y dinámicas sociales. Esto busca superar la visión limitada y centrada en el ser humano sobre la naturaleza, permitiendo así una comprensión más amplia y profunda de otras formas de conocimiento y visiones del mundo enfocadas en el medio ambiente. • Posibilitar el escenario para promover actitudes críticas, reflexivas en la que intervengan cuestiones epistemológicas de la crisis ambiental y social de manera constructivista, crítica y compleja
Diseño Curricular Orientado al conocimiento didáctico del contenido (CDC)	• Diseñar, proponer y llevar a cabo actividades fundamentadas en un enfoque que integre la interpretación, la complejidad, la construcción del conocimiento, la cibernética y el pensamiento crítico, manteniendo siempre una conexión estrecha con el entorno y las circunstancias actuales. • Mostrar la evolución, la relación entre los temas, las actividades, las evaluaciones, las estrategias y los entornos dentro de un plan de estudios que sea integral, complejo y dinámico, con conexiones y adaptaciones constantes: un plan de estudios centrado en el medio ambiente (Currículo Ambientalizado) Definición de los contenidos en relación con la realidad del estudiante. • Flexibilizar para evitar la fragmentación de los contenidos (temas, actividades, evaluaciones, planes, estrategias, contextos). • Expresar los principios acerca de la prevención, cuidado, alteridad, solidaridad, entre otros.

Nota. Fuente: Parga (2019, p. 409).

A partir de lo expuesto, se entiende que la ambientalización del currículo, y particularmente de los **contenidos** de enseñanza, implica establecer relaciones entre distintos

saberes con el propósito de desarrollar competencias, actitudes y valores que permitan a los estudiantes abordar problemáticas sociales desde el aprendizaje, interactuar con principios como lo interdisciplinar, contextual, situado, entre otros. Como señala Hidalgo (2021), se trata de un proceso educativo complejo y urgente que exige adaptación tanto institucional como en las políticas educativas (p. 183). No obstante, es importante considerar que este proceso no puede sustentarse en iniciativas aisladas, ya sean teóricas o prácticas, sino que demanda un compromiso institucional más amplio, que conlleve transformaciones administrativas y estructurales, para lograr una implementación real y coherente con el contexto educativo (Kitzmann, 2007).

5. CAPÍTULO 4. MARCO METODOLÓGICO

5.1. Paradigma y método de investigación

Como problema de investigación se planteó la falta de ambientalización curricular y en especial, de la ambientalización del contenido y la toma de decisiones informadas, la cual según Parga (2024) puede abordarse desde una controversia sociocientífica o CSC que promueva la TDI. Para esto se propuso como CSC, el impacto ambiental por el uso de la inteligencia artificial (IA).

En este sentido, este trabajo se fundamenta en el **paradigma** de investigación sociocrítico, con el cual lo que se busca es transformar una realidad escolar asociada con la falta de ambientalización y la TDI en un grupo de estudiantes de grado 11 del Instituto Técnico Industrial de Facatativá como oportunidad de mejora educativa.

En coherencia con esto, la **metodología** fue *cualitativa*, ya que para Hernández-Sampieri y Mendoza (2018, p. 388) “la ruta cualitativa no es lineal, sino iterativa o recurrente” siendo la esencia de esta comprender los fenómenos a través de la exploración de las experiencias de los participantes, considerando su entorno natural y relación con su contexto. Asimismo, dichos autores reconocen que:

En el enfoque cualitativo también se estudian fenómenos de manera sistemática. Sin embargo, en lugar de comenzar con una teoría y luego “voltear” al mundo empírico para confirmar si esta es apoyada por los datos

y resultados, el investigador comienza el proceso examinando los hechos en sí y revisado los estudios previos, ambas acciones de manera simultánea, a fin de generar una teoría que sea consistente con lo que está observando que ocurre (p. 7)

Esto ya que, se tiende a generar interrogantes en distintas etapas del proceso, ya sea antes, durante o después de la recopilación y análisis de los datos.

Con respecto al **método**, se focalizó en la *investigación-acción*, lo que permitió a los profesores ir hacia la ambientalización del contenido al abordar una CSC sobre el impacto ambiental de la inteligencia artificial y así se “aporte información que guíe la toma de decisiones” (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018). Esta investigación fundamentalmente y como lo señala Sandín (2003) buscó generar transformación social y modificar la realidad de distintos ámbitos, promoviendo la conciencia de los individuos sobre su rol en dicho proceso.

5.2.Fases de investigación

La presente investigación se diseñó en tres fases (Tabla 3), la primera fase de *diagnóstico o caracterización*, una segunda de *diseño e implementación* y por último la tercera de *evaluación y análisis*.

Tabla 3

Fases de investigación

Fases y etapas		Descripción
Fase 1. Caracterización (asociada al objetivo específico 1)	Etap 1	En esta etapa se diagnosticó la ambientalización del contenido y el abordaje de la TDI en la enseñanza de la química de la institución. Para esto se hizo análisis del contenido de los documentos institucionales facilitados a través de una matriz de análisis.
	Etap 2	Esta etapa se enfocó en caracterizar en nivel inicial de toma de decisiones informadas del grupo de estudiantes de grado 11 del Instituto Técnico Industrial. Se usó un instrumento: un cuestionario tipo Likert.

Fases y etapas		Descripción
Fase 2. Diseño e implementación (asociada al objetivo específico 2)	Etapas 3	Se hizo el diseño e implementación de una propuesta micro curricular de enseñanza de la química ambientalizada mediante una CSC enfocada en el impacto medio ambiental de la IA para favorecer la TDI. El instrumento fue el diseño microcurricular mismo (unidad didáctica).
	Etapas 4	Se caracterizó el nivel de TDI de los estudiantes luego de la implementación del diseño microcurricular. Como instrumento se usó un cuestionario tipo Likert.
Fase 3. Evaluación y análisis (asociada al objetivo específico 3)	Etapas 5	Se analizó lo propuesto en el diseño microcurricular Ambientalizado desde la CSC. El instrumento fue una matriz con criterios de ambientalización según Parga (2019)

Nota. Fuente. Elaboración propia.

5.3. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

- Para la **fase 1 (Caracterización)**, se utilizó una técnica de recolección de información documental, el cual fue un documento de caracterización de contenido (Anexo 1). Asimismo, se diseñó un documento para identificar el nivel inicial de TDI de los estudiantes (Anexo 2); Dichos documentos se elaboraron a partir de interrogantes obtenidos de la investigación, para su fiabilidad, estos pasaron por una validación de contenido por expertos (Anexo 5)
- En la **fase 2 (Diseño e implementación)** se diseñó y se hizo una intervención didáctica diseñada para tal fin (Anexo 3): una propuesta micro curricular ambientalizada, como instrumento mismo de investigación fundamentada en la propuesta de cuestiones sociocientíficas.
En el proceso se recopilaron fotos y videos que permitieron complementar lo sucedido en la implementación.
- Para la **fase 3 (Evaluación y análisis)** por medio de un documento de identificación de TDI (Anexo 2), aplicado a estudiantes, se recolectó lo sucedido luego de la implementación. Asimismo, se evaluó el diseño desde los criterios de ambientalización propuestos por Parga (2019), para analizar el grado de incorporación de los principios en el diseño.

5.4.Participantes de la investigación

Los participantes de la investigación fueron 28 estudiantes de undécimo grado de la Institución Educativa Municipal Instituto Técnico Industrial de la ciudad de Facatativá (Cundinamarca). Este es un grupo mixto, identificados como hombre y mujeres, con edades entre 15 y 16 años, siendo etapa fundamental ya que fue donde comenzó a consolidarse la toma de decisiones informadas según Piaget (1972).

5.5.Técnicas para sistematizar y analizar la información

La información obtenida de la escala Likert se cuantificó y la obtenida a partir de los demás instrumentos derivó en datos textuales o cualitativos: la unidad didáctica y las matrices documentales. Los datos cuantitativos especialmente para la fiabilidad del documento, se analizaron por medio de análisis estadístico descriptivo, en el cual, por medio de puntajes asignados a cada ítem (1 = Totalmente en desacuerdo, 2 = En desacuerdo, 3 = Ni de acuerdo ni en desacuerdo, 4 = De acuerdo, 5 = Totalmente de acuerdo) se realizó el análisis del Alfa de Cronbach (Anexo 4), considerando lo que Ospina Rave et al. (2005) establecen “la escala Likert es utilizada frecuentemente para este tipo de mediciones porque se considera fácil de elaborar; además, permite lograr altos niveles de confiabilidad y requiere pocos ítems, mientras que otras necesitan más para lograr los mismos resultados” (p.19)

Los datos cualitativos se analizaron desde la técnica del análisis de contenido, que según Krippendorff (1990) es una “técnica de análisis que permite formular, a partir de ciertos datos, inferencias reproducibles y validas que puedan aplicarse a su contexto” (p. 28), buscando principalmente clasificar el nivel de toma de decisiones de los estudiantes. Para esto, se hizo análisis a partir de categorías iniciales o teóricas, según lo definido en la tabla 4:

Tabla 4

Categorías o niveles de análisis de toma de decisiones

Nivel	Grado	Características
Intuitivo o emocional	Inicial	las decisiones son impulsivas o basadas en experiencias personales; los estudiantes tienden a responder de forma rápida y emocional, no se consideran argumentos científicos o éticos
Intermedio o justificativo	Intermedio	Los estudiantes no solo eligen, sino que buscan razones que respalden su decisión, esto con base en

		conocimientos previos, normas sociales o creencias personales.
Crítico-reflexivo	Avanzado	El estudiante considera múltiples perspectivas, anticipa consecuencias y evalúa implicaciones sociales, éticas y científicas de sus decisiones; se resuelven problemas complejos, hay vínculo explícita con el pensamiento crítico, relacionadas con experiencias significativas y contextualizadas.

Nota. Fuente: Elaboración a partir de Elaborada a partir de Abarca (2015); Halpern (2013); Sadler y Zeidler (2004); Carvajal y Valencia (2016) y García (1997; 2020)

5.6. Criterios de calidad de la investigación

Para la presente investigación se consideraron los criterios de calidad descritos en la Tabla 5. Respecto a los aspectos éticos, se usaron los consentimientos informados con los participantes, no se revelan nombres de participantes y las grabaciones se almacenaron hasta concluir el presente estudio.

Tabla 5

Criterios de calidad.

Dimensiones	Características
Credibilidad	Los resultados obtenidos en las fases 1 y 2 fueron contrastados con los antecedentes pues esto refleja una imagen más clara y representativa de los niveles de toma de decisiones informadas, del mismo modo, se hizo la triangulación de fases y resultados de cada una de estas para determinar la congruencia entre los resultados.
Confirmabilidad	La investigación usó la triangulación de fases y de datos desde las categorías de análisis.

Nota. Fuente: Elaborada a partir de Parga (2019).

Tabla 6

Congruencia metodológica.

Pregunta	Objetivos	Diseño metodológico	Técnica de recolección de datos	Análisis de datos	Criterios de calidad
¿De qué manera la ambientalización del contenido para la enseñanza de la química, del grado once del Instituto Técnico Industrial de Facatativá, fomenta la toma de decisiones informadas en un grupo de estudiantes participantes cuando se enfrentan a la CSC del impacto ambiental por el uso de la inteligencia artificial?	General. Analizar una propuesta microcurricular ambientalizada para la enseñanza de la química en el grado once del Instituto Técnico Industrial de Facatativá, que fomente la toma de decisiones informadas en un grupo de estudiantes participantes de la IEI, cuando se enfrentan a la CSC del impacto ambiental por el uso de la inteligencia artificial.	Paradigma: sociocrítico Metodología: Cualitativo Método: investigación-acción	Muestreo: intencional y por conveniencia Técnica: Documental, (análisis de documentos)	Datos numéricos y textuales Análisis de los niveles de toma de decisiones informadas	Credibilidad: por medio de la explicación del origen de las categorías (niveles de toma de decisiones informadas). Confirmabilidad: Triangulación de fases.
	Específico 1. Caracterizar el nivel de toma de decisiones informadas en un grupo de estudiantes participantes del grado 11° del Instituto Técnico Industrial en relación con la CSC del impacto ambiental por el uso de la inteligencia artificial.	Fase 1. Caracterización Etapa 1 y 2	A través del uso del Software ATLAS.ti. 9 y el análisis de documentos y cuestionarios tipo Likert que permiten contrastar la ambientalización del contenido y la toma de decisiones informadas	Caracterización de los niveles de ambientalización curricular del área de ciencias naturales, de la institución según los documentos institucionales. Determinación del nivel inicial de toma de decisiones informadas en los estudiantes según las categorizaciones del marco teórico	Credibilidad: a través de la explicación de los niveles de ambientalización curricular. Confirmabilidad: Triangulación de la información

Pregunta	Objetivos	Diseño metodológico	Técnica de recolección de datos	Análisis de datos	Criterios de calidad
	Específico 2. Implementar una propuesta microcurricular ambientalizada, para fomentar la toma de decisiones informadas en un grupo de estudiantes participantes de grado 11° frente a la CSC del impacto ambiental por el uso de la inteligencia artificial.	Fase 2. Diseño e implementación Etapa 3	Contraste de los datos de las fases 1 y 2 como base del diseño microcurricular ambientalizado y su evaluación.	Se propone el diseño de una secuencia didáctica ambientalizada desde cuestiones socio científicas para el favorecimiento de la alfabetización científica ambiental de los estudiantes. Esta se hizo considerando lo encontrado en las fases 1 y 2.	<u>Credibilidad:</u> a través de la explicación y análisis las actividades propuestas para el favorecimiento de la toma de decisiones informadas considerando los datos obtenidos en las fases 1 y 2. documental, cuestionarios) <u>Confirmabilidad:</u> Triangulación de la información
	Específico 3. Evaluar la propuesta microcurricular ambientalizada, valorando el fomento en la toma de decisiones informadas del grupo de estudiantes participantes de grado 11° frente a la CSC abordada.	Fase 3. Evaluación y análisis Etapa 4 y 5	Este proceso se hizo mediante triangulación de los datos de las fases anteriores en contraste con lo reportado en la literatura	Triangulación de datos y contraste con antecedentes	<u>Confirmabilidad:</u> Triangulación de la información

Nota. Adaptada de Parga (2019)

6. CAPÍTULO 5. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE DATOS

6.1.Resultados y análisis de la Fase 1

6.1.1. Resultados y análisis de la Etapa 1. Caracterización de contenido

La caracterización de la ambientalización curricular en el área de ciencias naturales del colegio I.M.E. Instituto Técnico Industrial de Facatativá, permitió reflejar como la incorporación de los documentos institucionales con la dimensión ambiental, permiten una consolidación para proyectos educativos coherentes con los desafíos socioambientales. En este sentido se analizaron tres documentos de la institución: el Proyecto Educativo Institucional (PEI 2022–2023), el Organizador Curricular de grado undécimo (2025) y el plan de área/documento complementario.

Esta caracterización/evaluación se realizó con base en la estrategia doctoral de Parga (2019) en donde se proponen cuatro niveles de ambientación del contenido (N1-N4) lo que aporta al objetivo principal del presente trabajo relacionado con identificar la profundidad de la ambientalización del contenido y su coherencia hacia la articulación de un enfoque en la formación ambiental y la Toma de Decisiones Informadas (TDI).

- **Instrumento 1: caracterización de documentos institucionales**

Por medio de la aplicación del instrumento 1, el cual se constituyó por 30 afirmaciones (Anexo 1) y la acotación para sus respuestas en iniciales:

NC: No cumple

CI: Cumple insatisfactoriamente

CP: Cumple parcialmente

CA: Cumple adecuadamente

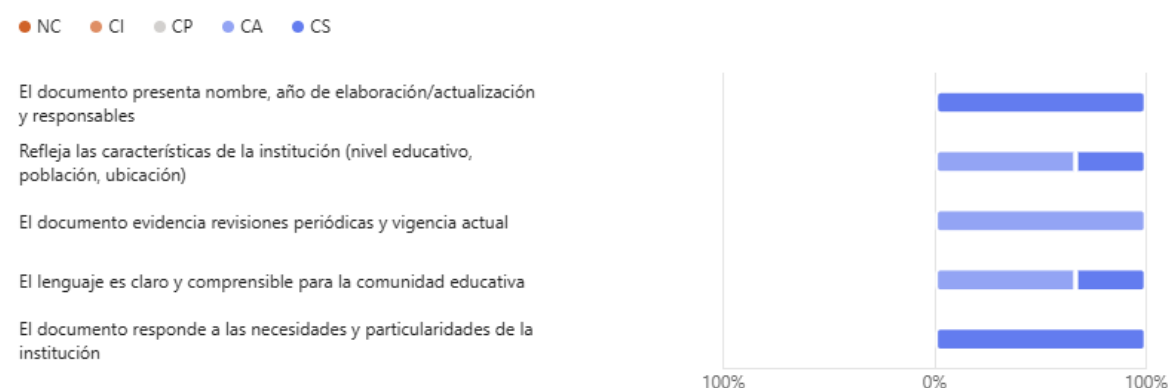
CS: Cumple satisfactoriamente

Se evidenciaron los siguientes resultados, presentados a partir de cada dimensión (Identificación general, Marco normativo, Dimensión pedagógica, dimensión administrativa, dimensión socioambiental y dimensión comunitaria) para los tres documentos. Proyecto Educativo Institucional (PEI), Organizador Curricular de grado undécimo (PC), Plan de área (PA)

Según la figura 3 Dimensión general, el PEI, el Plan de Área y el Organizador Curricular cumplen con los criterios de identificación formal y refleja las características de la institución, aunque el PEI requiere una actualización de sus revisiones periódicas. El Plan de Área es destacado por la claridad del lenguaje y la referencia explícita a la diversidad institucional. El Organizador Curricular 2025 de Química presenta identificación básica clara, pero con menor énfasis en actualizaciones periódicas.

Figura 2

Dimensión general

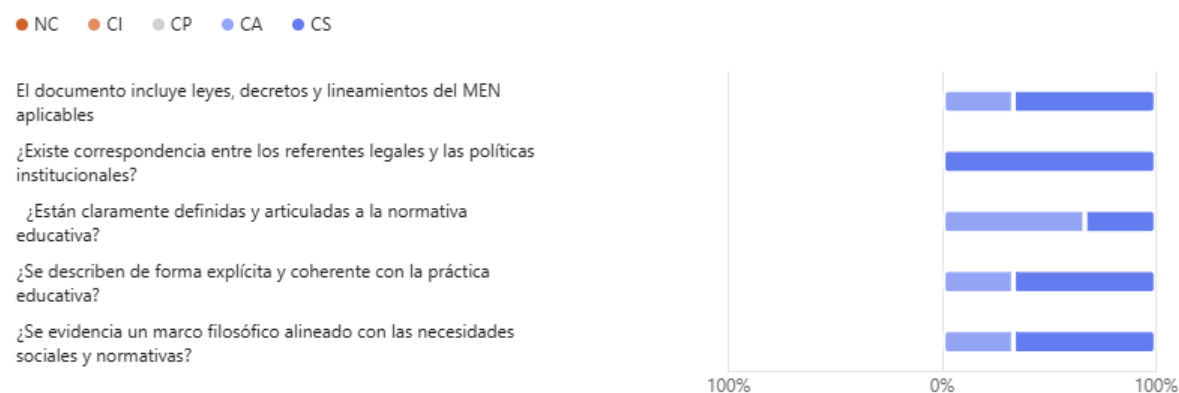


Nota. Elaboración propia. Editado mediante Google Forms.

Para la dimensión Normativa (Figura 4), los documentos incluyen de manera explícita leyes, decretos y lineamientos con respecto al MEN, mostrando coherencia con las políticas institucionales y un marco filosófico alineado a las necesidades sociales, aunque, el Plan de Área y el PEI alcanzan un nivel alto en dicha dimensión, el organizador curricular de química se centra más en la planificación operativa de dicha área.

Figura 3

Dimensión Normativa

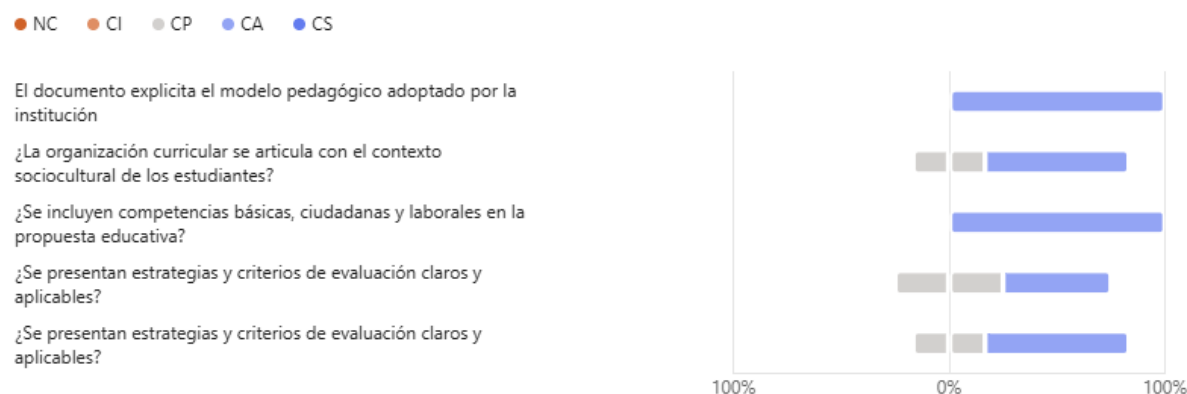


Nota. Elaboración propia. Editado mediante Google Forms.

La figura 5 (Dimensión pedagógica) muestra como el PEI es explícito en un modelo basado en problemas, integrando competencias y criterios de evaluación, aunque con un enfoque más metodológico que disciplinar, el plan de área destaca por su innovación pedagógica utilizando ABP y CTSA, Finalmente, el organizador curricular, aunque define competencias específicas y desempeños claros se centra en lo disciplinar

Figura 4

Dimensión Pedagógica



Nota. Elaboración propia. Editado mediante Google Forms.

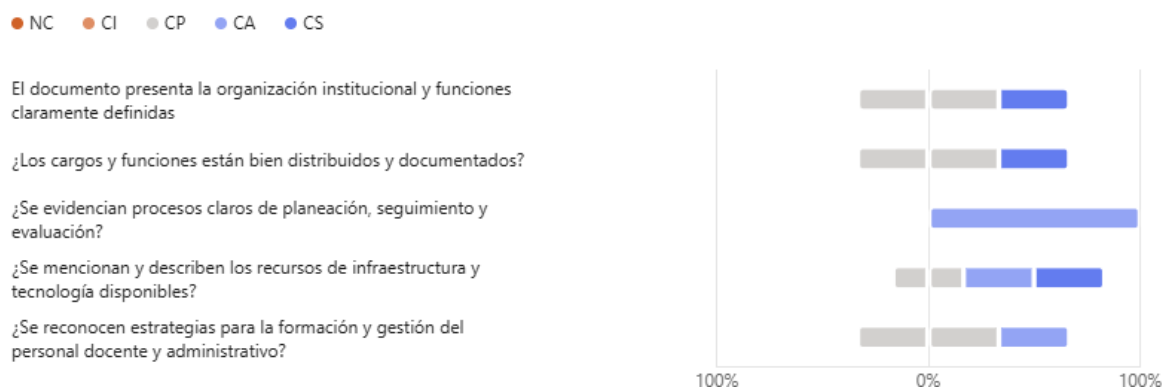
Con respecto a la dimensión administrativa (figura 6), en el PEI se evidenció solidez ya que tiene una jerarquía de organización institucional clara, con funciones y procesos de planeación y estrategias definidas. Asimismo, el plan de área presenta generalidades en

procesos administrativos lo que se entiende dada su naturaleza curricular y por último el organizador curricular no aborda una gestión administrativa ya que solo se enfoca en la planeación académica.

La figura 7, que corresponde a la Dimensión socioambiental, muestra que el documento institucional PEI contempla políticas de inclusión y estrategias de igualdad de oportunidades, pero sus proyectos ambientales no son transversales y poco sistemáticos. Por otro lado, el plan de área incluye proyectos de educación ambiental que pretenden promover valores éticos y fomentar la conciencia ambiental. El organizador curricular cumple con políticas inclusivas pero débiles ya que vincula contenidos de química con problemas ambientales, pero esto aún están en construcción en dicho documento.

Figura 5

Dimensión Administrativa

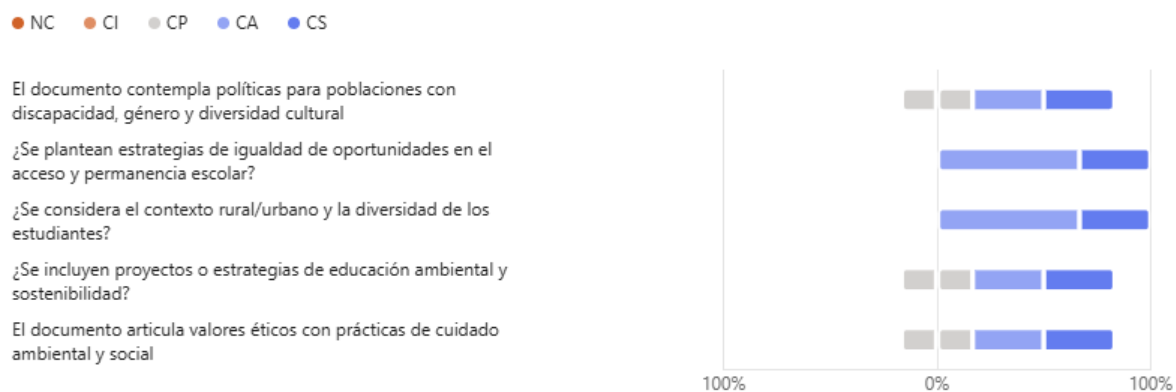


Nota. Elaboración propia. Editado mediante Google Forms.

Para la dimensión comunitaria (figuras 8), el PEI y el plan de Área establecen mecanismos para la participación entre el estudiante, su familia y docentes, pero no se articulan con entidades externas.

Figura 6

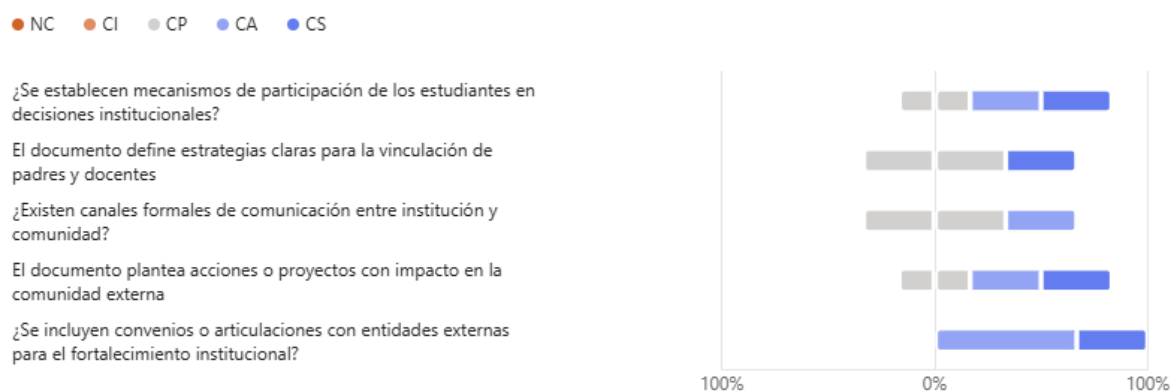
Dimensión Socioambiental



Nota. Elaboración propia. Editado mediante Google Forms.

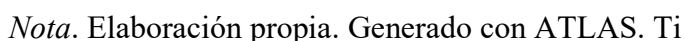
Figura 7

Dimensión Comunitaria



Nota. Elaboración propia. Editado mediante Google Forms.

Nube de palabras en el documento PEI



Como balance, los resultados del cuestionario permiten evidenciar un panorama ambivalente en relación con los procesos con la ambientalización de contenido. Por un lado, el PEI incorpora estrategias pedagógicas como el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) y menciona de manera explícita el que los estudiantes sean capaces de intervenir en problemáticas sociales, políticos, económicos y ambientales. En la figura 8 se destacan palabras como “estudiante”, “educación”, “institución” y “problemas”; asimismo se evidencia las relacionadas con campañas, proyectos ambientales y salidas pedagógicas (institucionales) articulados a las metas formativas, lo que podría facilitar la inclusión de problemas ambientales contextuales en las unidades de enseñanza.

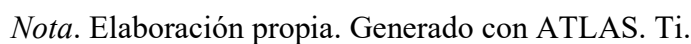
45

de que el currículo y los objetivos de cada asignatura hayan sido rediseñados para que el contenido disciplinar emerja desde la sustentabilidad.

Por contraste, el plan de área de Ciencias Naturales y educación ambiental como el Organizador curricular de grado undécimo para el área de química muestran un nivel más avanzado en la ambientalización, una visualización de ellos es la figura 9, que destaca palabras como “ciencia”, “conocimiento”, “proceso” y “habilidad”, integrando propósitos explícitos de formación y sostenibilidad. Esto podría promover competencias científicas, procedimentales y actitudinales en articulación con contenidos desde el enfoque CTSA, incluyendo actividades que fomenten el pensamiento crítico y la conciencia ambiental, lo cual para Parga (2015) se relaciona con la importancia de incluir contenidos socio-científicos en la enseñanza de la química para resignificar su relación con la vida cotidiana.

En coherencia con los criterios de Parga (2019) ubicamos estos documentos en el Nivel 3 “Intermedio o de avance” o ambientalización fuerte ya que va más allá de lo disciplinar para integrar dimensiones sociales, culturales y ambientales en la enseñanza de las ciencias. Como se evidencia desde la pregunta ¿cómo o qué posibilidad puede vincular la química con la vida cotidiana? En este sentido Molano y Herrera (2014), Parga (2021) resaltan que la formación ambiental en la educación requiere un enfoque sistemático que propicie la transformación de los saberes disciplinares y conocimientos significativos para enfrentar retos de la sustentabilidad.

Nube de palabras en los documentos del Plan de Área y Organizador curricular



Esta fase resulta de la caracterización de la toma de decisiones informadas de los estudiantes de grado undécimo (11º) del colegio I.M.E. Instituto Técnico Industrial de Facatativá. Para ello se diseñó e implementó un instrumento tipo Likert (Anexo 2), la cual contenía, además, una pregunta abierta como preámbulo de conceptos relacionados con la inteligencia artificial.

A continuación, se presenta la pregunta principal del instrumento 1 y su correspondiente análisis,

Análisis. Los estudiantes manifiestan que han usado la inteligencia artificial como herramienta de investigación, ya que cito: “me ha ayudado a investigar tareas del colegio” o tareas de su diario vivir. Algunos afirman que el uso de esta herramienta semanal puede llegar a ser dentro de 2 a 11 horas, haciéndola un recurso propio de su día.

47

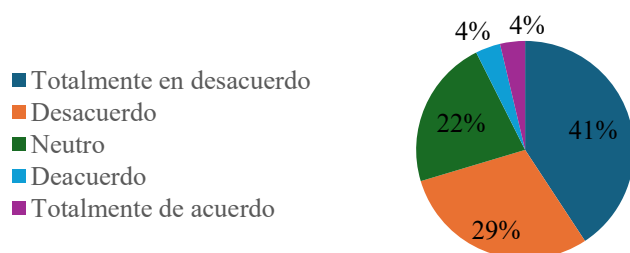
Es así como la inteligencia artificial no es un tema de ambiguo para los estudiantes tienen una inversión propia de esta misma sin reconocer que para muchos es una herramienta que contiene errores o que eh no tienen una veracidad en toda su información para ellos buscar información en otros sitios web también les ha ayudado a reafirmar o negar dicha información.

6.1.2.2.Respuestas y análisis para los ítems del cuestionario

A partir de la aplicación del instrumento constituido por 24 ítems (Anexo 2) se evidencian los siguientes resultados, los cuales se presentan desde cada ítem de toma de decisiones informadas.

Figura 10

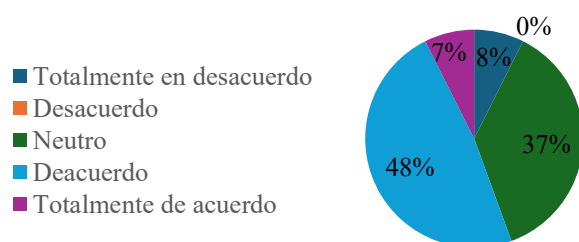
Ítem 1: “Cuando escucho hablar sobre inteligencia artificial (IA), mi primera reacción es pensar en películas de ciencia ficción”



Nota. Elaboración propia. Editado mediante Excel.

Figura 11

Ítem 2: “Mi comprensión inicial de la IA proviene más de la cultura popular que de información técnica o académica”

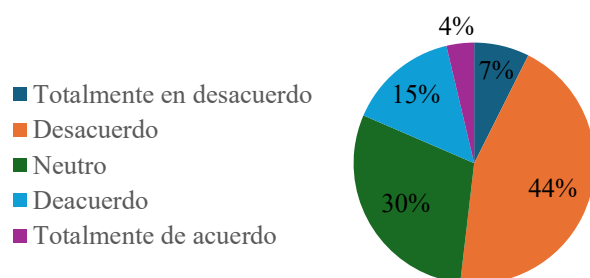


Nota. Elaboración propia. Editado mediante Excel.

Los ítems 1 y 2 (figura 11 y 12), muestran que el 41% de las estudiantes asocia la IA con un imaginario utópico o ficticio reflejando que gran parte de su comprensión inicial está medida por narrativas culturales más que por información académica o científica.

Figura 12

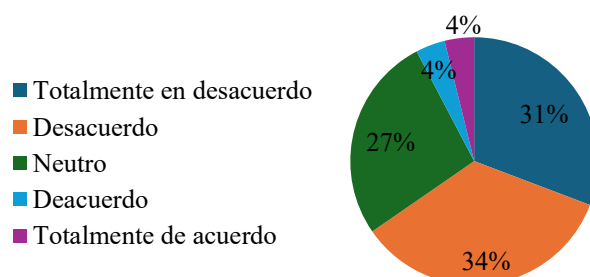
Ítem 3: “Si una noticia sobre un problema ambiental de la IA me genera preocupación, me basta con ese sentimiento para formarme una opinión”



Nota. Elaboración propia. Editado mediante Excel.

Figura 13

Ítem 4: “No necesito buscar datos o hechos adicionales si un problema ambiental de la IA ya me ha afectado emocionalmente”

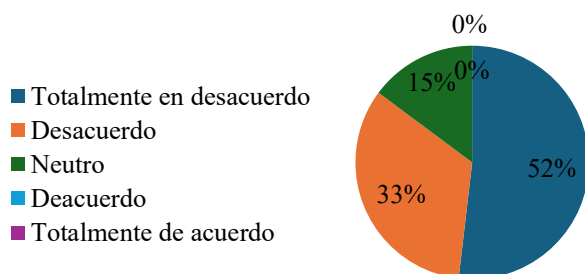


Nota. Elaboración propia. Editado mediante Excel.

Las figuras 13 y 14 correspondientes a los ítems 3 y 4, revelan la influencia de la emocionalidad en la construcción de opiniones esto debido a que más del 40% de los estudiantes está de acuerdo, manifestando que el juicio no se basa en evidencias ni datos verificables sino en impresiones.

Figura 14

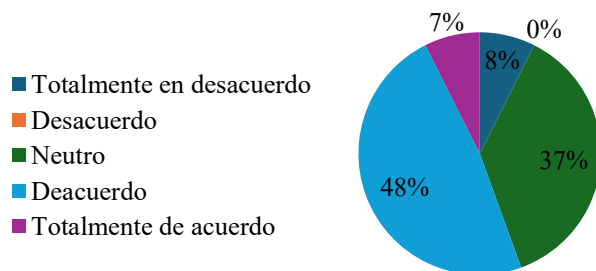
Ítem 5: “Prefiero no pensar mucho en los problemas ambientales que causa la tecnología, ya que me generan ansiedad”



Nota. Elaboración propia. Editado mediante Excel.

Figura 15

Ítem 6: “Evito informarme sobre los efectos negativos de la tecnología porque prefiero no sentirme abrumado”

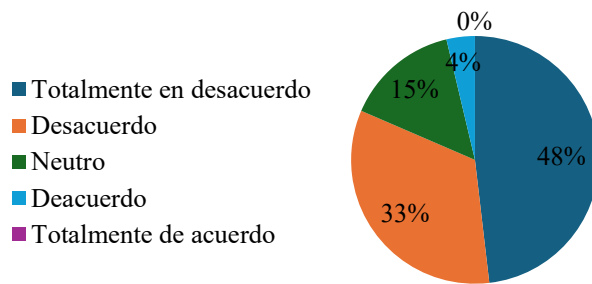


Nota. Elaboración propia. Editado mediante Excel.

Los ítems 5 y 6 (figura 15 y 16), reflejan una evaluación cognitiva ya que alrededor del 40% de los estudiantes prefiere no informarse sobre los problemas ambientales asociados a la IA.

Figura 16

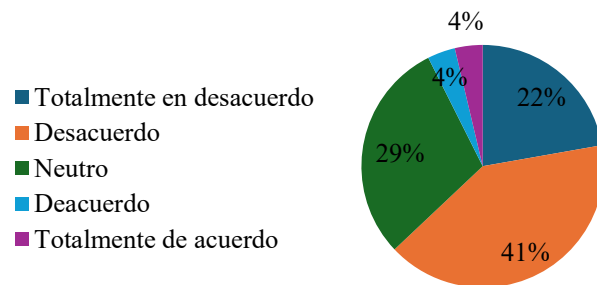
Ítem 7: “Creo que los expertos o el gobierno son los únicos que deben tomar decisiones sobre el uso de la IA y sus consecuencias”



Nota. Elaboración propia. Editado mediante Excel.

Figura 17

Ítem 8: “Considero que la responsabilidad de regular la IA y sus consecuencias es exclusiva de las figuras de autoridad (científicos, políticos)”

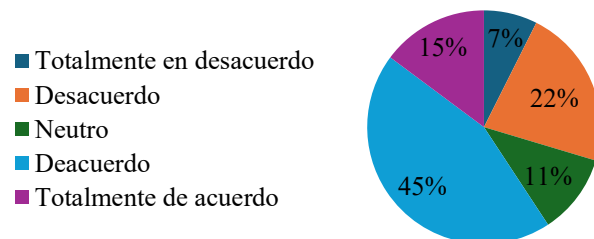


Nota. Elaboración propia. Editado mediante Excel.

Las figuras 17 y 18 (ítems 7 y 8) revelan la postura de delegación de responsabilidades considerando que el ciudadano común no tiene la capacidad o deber de decidir, es más un asunto de expertos y científicos.

Figura 18

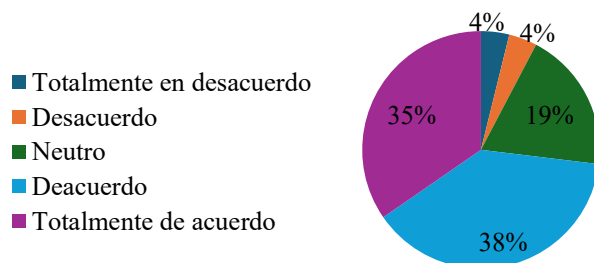
Ítem 9: “Sé que la inteligencia artificial consume energía, pero no tengo claro cómo eso afecta el medio ambiente”



Nota. Elaboración propia. Editado mediante Excel.

Figura 19

Ítem 10: “Aunque conozco un efecto de la IA (el consumo de energía), me falta información para entender completamente su impacto ambiental”.

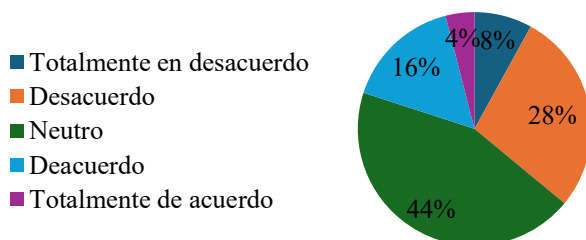


Nota. Elaboración propia. Editado mediante Excel.

En la figura 19 y 20 se percibe que alrededor del 40% de los estudiantes denota un reconocimiento parcial del impacto ambiental de la IA, asimismo se evidencia que su conocimiento es insuficiente frente al mismo

Figura 20

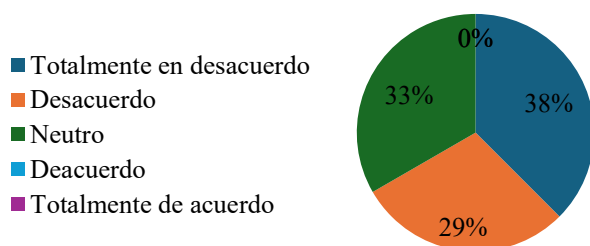
Ítem 11: “Entiendo que la extracción de minerales (litio, cobalto) para la IA tiene un impacto, pero creo que es un costo necesario para el progreso”



Nota. Elaboración propia. Editado mediante Excel.

Figura 21

Ítem 12: “El impacto ambiental de la minería de minerales es un sacrificio aceptable a cambio del avance tecnológico”

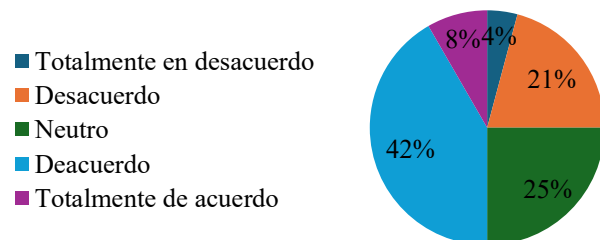


Nota. Elaboración propia. Editado mediante Excel.

Entre el ítem 11 y el ítem 12 y se evidencia que una aceptación del daño medioambiental que puede causar la extracción de minerales, aunque se justifica bajo una lógica de sacrificio por el desarrollo y así plantear una normalización de dicha extracción

Figura 22

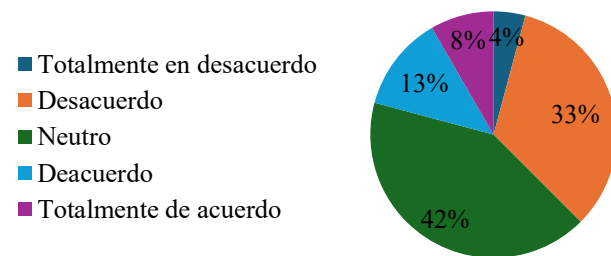
Ítem 13: “Puedo mencionar algunos impactos ambientales de la IA, pero no sé cómo la química interviene en esos procesos”



Nota. Elaboración propia. Editado mediante Excel.

Figura 23

Ítem 14: “Mi conocimiento de la química no me permite comprender el rol de los procesos químicos en la contaminación del agua por la IA”

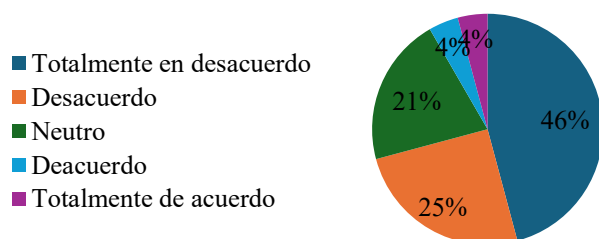


Nota. Elaboración propia. Editado mediante Excel.

Para los ítems 13 y 14 los estudiantes logran identificar consecuencias ambientales, pero carecen de una comprensión interdisciplinar especialmente que un vacío conceptual en química ambiental.

Figura 24

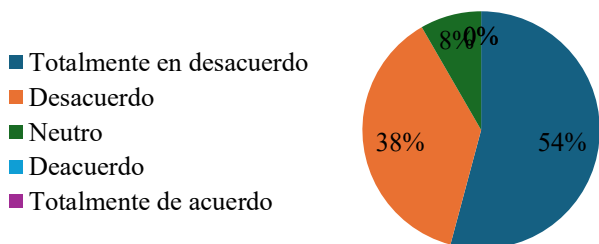
Ítem 15: “Creo que la solución a los problemas ambientales de la IA es responsabilidad de las grandes empresas o de los científicos, no mía”



Nota. Elaboración propia. Editado mediante Excel.

Figura 25

Ítem 16: “No creo que mi rol como ciudadano incluya la responsabilidad de buscar soluciones para los problemas ambientales de la IA”

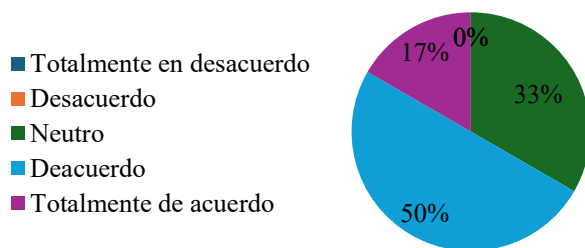


Nota. Elaboración propia. Editado mediante Excel.

Para la figura 25 y 26 correspondiente a los ítems 15 y 16, los estudiantes delegan la responsabilidad como ocurría en los ítems 7 y 8, donde el estudiante se percibe como aceptor, pero no como un agente de cambio.

Figura 26

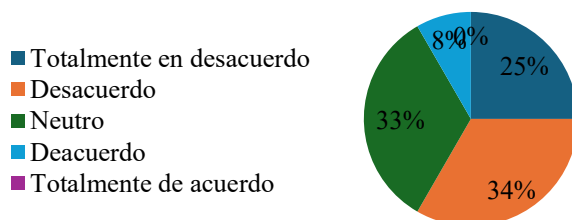
Ítem 17: “Cuando me enfrento a una cuestión social vista desde el punto científico, busco activamente diversas fuentes de información y analizo sus argumentos”



Nota. Elaboración propia. Editado mediante Excel.

Figura 27

Ítem 18: "No me conformo con una sola fuente de información; evalúo críticamente diferentes puntos de vista antes de opinar"

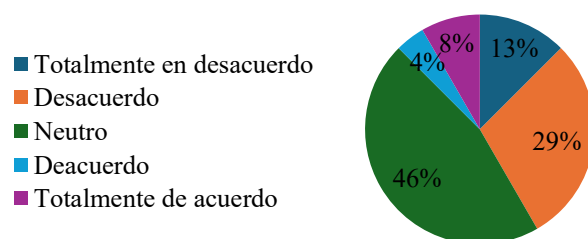


Nota. Elaboración propia. Editado mediante Excel.

Para el ítem 18 los estudiantes muestran un nivel de búsqueda crítica de fuentes, pero predomina reforzando el ítem 18 la falta de triangulación de fuentes.

Figura 28

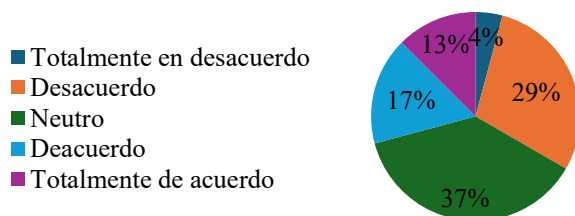
Ítem 19: "Soy capaz de explicar cómo procesos químicos específicos (ej., minería de litio) están directamente relacionados con el impacto ambiental de la IA"



Nota. Elaboración propia. Editado mediante Excel.

Figura 29

Ítem 20: “Puedo establecer una conexión directa entre los conceptos de química que he aprendido y el impacto ambiental de tecnologías como la IA”

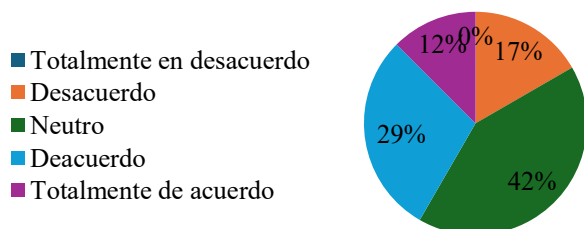


Nota. Elaboración propia. Editado mediante Excel.

Alrededor de 40% de los estudiantes tienen una postura neutra hacia la integración de conocimientos químicos con problemas ambientales, teniendo una fragmentación del conocimiento; es decir que lo aprendido en química no se vincula con los impactos ambientales de la IA.

Figura 30

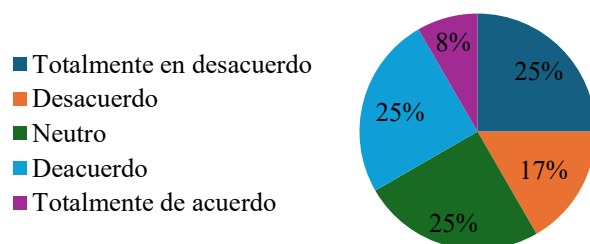
Ítem 21: "Al tomar una decisión sobre el uso de la IA, considero no solo los beneficios, sino también las consecuencias a largo plazo para el medio ambiente y la sociedad"



Nota. Elaboración propia. Editado mediante Excel.

Figura 31

Ítem 22: “No me limito a considerar los beneficios; también analizo las consecuencias a largo plazo para el medio ambiente y la sociedad”

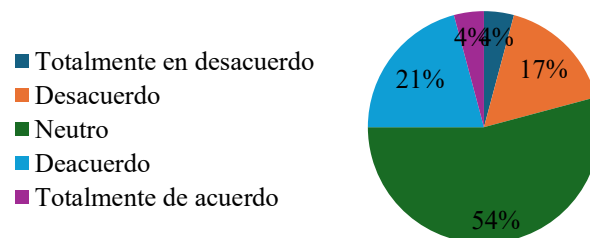


Nota. Elaboración propia. Editado mediante Excel.

Para los ítems 21 y 22 se muestra una congruencia en que los estudiantes están de acuerdo y reconocen que existe un “sacrificio ambiental” con el uso de la IA desarrollando una conciencia crítica.

Figura 32

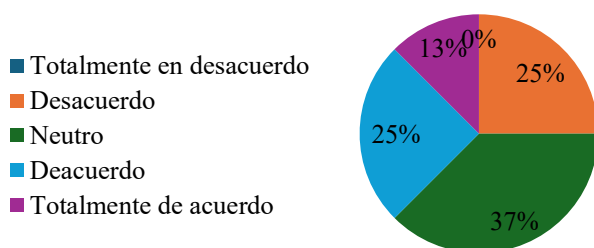
Ítem 23: “Utilizo mis conocimientos de química para evaluar críticamente la información sobre los procesos industriales y ambientales asociados a la tecnología”



Nota. Elaboración propia. Editado mediante Excel.

Figura 33

Ítem 24: “Puedo aplicar lo que sé de química para juzgar si la información que encuentro sobre los procesos industriales de la tecnología es correcta o no”



Nota. Elaboración propia. Editado mediante Excel.

Finalmente, para el ítem 23 y 24 de la figura 33 y 34 muestra que los estudiantes aún no aplican el conocimiento químico para analizar información, es decir, que no llegan a validar críticamente la información demostrando así un déficit en la autonomía ciudadana de la era digital.

6.1.2.3. Análisis Etapa 2

En un análisis integral de los 24 ítems aplicados a los estudiantes de grado undécimo del I.M.E. Instituto Técnico Industrial permite identificar una progresión en sus formas de concebir la inteligencia artificial y el impacto que conlleva ambientalmente.

Es por ello por lo que, en los primeros ítems (1 al 8) los cuales evidencian un nivel inicial de toma de decisiones; los estudiantes muestran una alta tendencia en dicho nivel de acuerdo con las afirmaciones vinculadas a la emoción, esto ya que los estudiantes asocian la IA a imaginarios de cultura popular (películas o medios) basada en sus opiniones y emociones, que en datos verificables. Asimismo, muestra una evasión frente a la información ambiental con un pensamiento aun dependiente y poco argumentario. Este hallazgo concuerda con lo planteado por Halpern (2013), que advierte que la ausencia de pensamiento crítico genera decisiones basadas en heurísticos y sesgos emocionales. Igualmente, Martínez y Sánchez (2022) señalan que la falta de alfabetización ambiental se traduce en respuestas superficiales y una débil capacidad para identificar relaciones causa-efecto en los problemas ambientales y sociales.

En el segundo grupo de ítems (9-16) donde se caracteriza un nivel medio, se evidencia que muchos de los estudiantes reconocen que la IA consume energía y que la extracción de minerales como el litio, cobre y cobalto tienen algunas implicaciones ambientales, sin embargo, se justifica esto como “sacrificios necesarios” por un proceso social/tecnológicas.

De igual forma, se refleja una limitación entre la articulación de la química y las implicaciones ambientales. Según Parga (2014), este tipo de comprensión parcial surge cuando los contenidos disocian el saber científico y su contexto social, impidiendo que los estudiantes relacionen y exterioricen lo aprendido con la resolución de problemas de su diario vivir. Para los estudiantes, aunque se ve reflejado una conciencia sobre el posible impacto de la inteligencia artificial, aún no se consolida una postura crítica sin bases sólidas de argumentación.

Finalmente, en los ítems 17 a 24 donde emergen rasgos de un nivel crítico, los estudiantes tienen una tendencia moderada, ya que los mismos comienzan a desarrollar habilidades propias, como búsqueda de la información, análisis de fuentes y consideraciones de consecuencias. Sin embargo, el dominio de estas aplicadas a conceptos químicos para analizar procesos tecnológicos sigue siendo aún más limitado, mostrando una disposición crítica, pero carente de herramientas científicas para validar o refutarla información. Montoya (2022) explica que para alcanzar un pensamiento crítico implica articular conocimientos disciplinares, valores éticos y comprensión social, lo cual aún se encuentra en procesos de construcción entre los participantes.

A partir de lo anterior, se puede afirmar que la tendencia general de los estudiantes se ubica en un nivel intermedio o justificativo de toma de decisiones, referido al alto acuerdo hacia los ítems iniciales, demostrando que la mayoría toman decisiones impulsivas o basadas en experiencias personales; sin embargo, buscan razones que respalden su decisión, con base en conocimiento previos o información relevante para ellos. Es por esto por lo que existe una transición de un nivel inicial hacia uno medio, con indicios incipientes de pensamiento crítico para la toma de decisiones informadas.

6.1.3. Análisis Fase 1

En la fase 1, la caracterización documental mediante el instrumento 1 evidenció una ambientalización del contenido (AC) ya que el PEI incorpora intencionalidades y metodologías como el ABP y reconoce la intervención en problemas socioambientales, aunque trata la dimensión ambiental como un eje transversal lo que se aproxima a una ambientalización del contenido inicial, pues no alcanza a reestructurar sistemáticamente los contenidos disciplinares desde la sustentabilidad (Parga. 2019).

En contraste con el plan de área y el organizador curricular muestra mayor integración desde el CTSA educativo y propósitos formativos hacia la sostenibilidad lo que se alinea con un AC intermedia, al articular dimensiones sociales, culturales y ambientales con los contenidos de Ciencias (Parga, 2019; Parga y Piñeros, 2018). Estos hallazgos configuran un marco curricular que reconoce la relevancia socio ambiental, pero presenta un desbalance entre lo denunciado institucionalmente “más transversal” y lo planificado didácticamente “más integrado” para la química de grado 11.

La fase 2, por medio del instrumento 2 “caracterización de toma de decisiones informadas de los estudiantes”, muestra en sus resultados una tendencia predominante entre el nivel inicial e intermedio esto ya que pasan de imaginarios culturales y respuestas emocionales a un reconocimiento parcial del impacto de la inteligencia artificial. Asimismo, presentan una dificultad para articular conceptos de química con implicaciones ambientales, a la vez sobresalen inicios de búsqueda de fuentes y consideración de consecuencias a largo plazo, propios de unas transiciones y patrones de razonamiento informal más justificados como lo establecen Sadler y Zeidler (2004) y Halpern (2013). En conjunto el grupo de estudiantes se ubica mayoritariamente en un nivel *intermedio justificativo* con indicios hacia un nivel mayor.

La triangulación de estas fases sugiere una coherencia en el diagnóstico: la AC aparece más transversal y menos estructural por lo cual el estudiante manifiesta dificultades para hacer una conexión de saberes disciplinares al dictaminar problemas socioambientales con relación a la IA. Igualmente, los documentos curriculares en los cuales se involucra el CTSA educativo evidencian condiciones para promover razonamientos por los cuales transiten desde una toma de decisión informada emocional hacia el nivel *justificado con evidencia*. En términos de formación ambiental y política curricular la literatura sugiere que mentalizar contenidos con enfoques situados e interdisciplinarios robustos es clave para que los estudiantes conecten la ciencia, los valores y la toma de decisiones (MEN, 2017; Quintero et al., 2022; Ezquerro y Gil, 2017).

En esta continuidad el déficit de articulación educación química- educación ambiental detectado en la fase 2 es consistente con las brechas de AC constatadas en la fase 1, lo que refuerza la necesidad de fortalecer la ambientación curricular a nivel microcurricular para que el alumno avance hacia TDI crítico reflexivas (Álvarez, 2024; Parga, 2022). Asimismo,

el uso de cuestiones sociocientíficas potencia el pensamiento crítico, la argumentación y la toma de decisiones informadas al considerar evidencias y consecuencias (Torres et al., 2023; Martínez, 2014) dado que el estudiante reconoce impactos, pero tiende a delegar responsabilidades y a fragmentar el saber disciplinar. Desde un reconocimiento global indica que contextualizar y ambientalizar contenidos de química alrededor de la inteligencia artificial y sus implicaciones es una vía directa para elevar la toma de decisiones desde lo *justificado* hacia lo *crítico reflexivo* (Parga y Piñeros, 2018; Halpern, 2013; Sadler y Zeidler, 2004).

Finalmente, en relación con el objetivo específico 1, que consideró la caracterización del nivel de TDI en estudiantes de 11° grado frente a las CSC del impacto ambiental por el uso de la inteligencia artificial, la convergencia de evidencias muestra que el grupo de estudiantes está en un nivel intermedio con componentes *emocionales* y *delegativos* aún fuertes con baja transferencia de conceptos químicos con la relación socioambiental. Esta caracterización no es independiente del marco curricular ya que se pueden evidenciar las fortalezas desde el enfoque CTSA educativo y los propósitos explícitos del área. Del mismo modo las insuficiencias de la dimensión ambiental como discurso general del PEI, sin que este reorganicé contenidos, metodologías, evaluaciones y gestión para que lo ambiental sea transversal en el currículo, explica en buena medida el perfil de TDI observado. Para ello y con una ambientalización microcurricular se quiso deshacer las barreras de los condicionantes curriculares y brindar criterios para la orientación del fortalecimiento del AC en química por medio de una unidad didáctica diseñada a partir de la controversia de la inteligencia artificial.

6.2.Resultados y análisis de la Fase 2. Diseño e implementación

En esta fase se diseñó una unidad didáctica “*Inteligencia Artificial ¿progreso o amenaza ambiental invisible?*” (Anexo 3), que se realizó con base en la ambientalización del contenido, involucrando así una controversia fundante en el cual la inteligencia artificial está impactando de cierta manera el medio ambiente.

6.2.1. Resultados y análisis de la Etapa 3. Unidad didáctica

La unidad didáctica se realizó en cuatro sesiones/actividades en las cuales se quiso evidenciar una progresión sobre la TDI. Primero, se enfocó en una introducción,

contextualización y divulgación de la IA para que los estudiantes, de manera consolidada, tuvieran un punto de partida para su TDI.

6.2.1.1. Sesión 1. Presentación del dilema: “¿La IA contamina?”

Esta sesión (Figura 36) se estructuró como clase magistral y tuvo una duración de una hora y treinta minutos: contó con ayudas visuales como diapositivas y videos. Esta primera actividad se realizó en tres momentos articulados: En el primero se presentó una contextualización de la inteligencia artificial; en el segundo, la pasaron dos videos y en el tercer momento, se hizo un panel tipo foro, el cual demandó responder a cuatro preguntas detonantes sobre la afectación de la inteligencia artificial, costos ecológicos y sustentabilidad ambiental. Esta actividad se realizó en parejas con el fin de tener apoyo ante la información presentada.

Figura 34

Actividad de panel



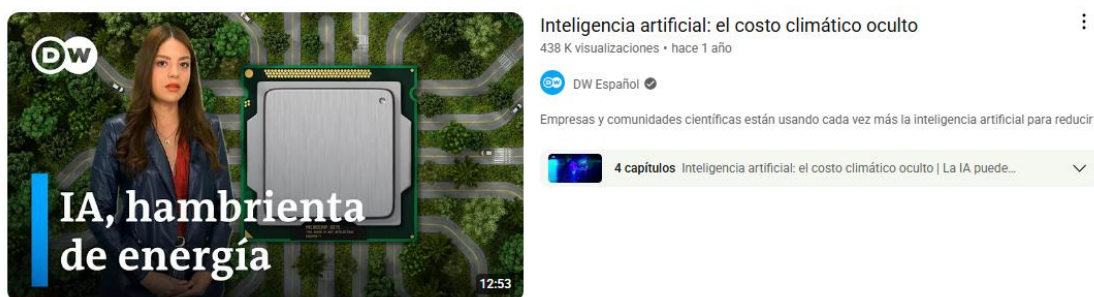
Fuente. Archivo propio

- **Momento 1.** Se enfocó en presentar la IA, con ayuda de una línea de tiempo desde 1843 hasta la irrupción de chat GPT en el 2022 y su actualización más reciente; asimismo, el posible impacto de la inteligencia artificial donde se expuso el sistema sociotécnico que la sostiene (datos algoritmos, infraestructura física, energía, materias primas y trabajo especializado). Se ilustró el impacto energético e hídrico con equivalencias de entrenamiento de modelos, asimismo, se presentaron argumentos en contra y a favor del a IA.
- **Momento 2.** Se enfocó en la proyección de dos vídeos seleccionados para: (i) ver una contextualización y visualización sobre el consumo de recursos, residuos electrónicos y tendencias éticas Figura 37 y (ii) una opinión sobre el posible consumo de agua de la

inteligencia artificial (Figura 38). Los vídeos funcionaron como anclajes visuales para activar conocimientos previos y preparar a los estudiantes para el momento número 3.

Figura 35

Video de Inteligencia artificial: el costo climático oculto



Nota. Tomado de DW Tecnología y mundo digital español (2024).

Figura 36

La IA no gasta agua



Nota. Tomado de Mundo en detalles (2025)

El uso intencional de ayudas visuales como “anclaje” ofrece recursos verificables para que el alumno transite de reacciones intuitivas a juicios justificados. La literatura muestra cómo los estudiantes combinan patrones racionalistas, emotivos e intuitivos, Los materiales audiovisuales ayudan a integrar y reequilibrar estos patrones durante la deliberación (Sadler y Zeidler, 2004).

Este acuerdo es coherente con la toma de decisiones informadas como proceso enseñable ya que como lo menciona Abarca (2015) “todas las personas necesitan aprender

las habilidades necesarias para tomar decisiones y tener, desde la infancia múltiples oportunidades para practicar la aplicación de estas habilidades” p. 23. En términos del contenido, los vídeos seleccionados introducen impactos materiales claves de la inteligencia artificial como residuos electrónicos uso intensivo electricidad y agua que hoy son objeto de análisis por organizaciones internacionales.

- **Momento 3.** Se realizó un foro en el cual se posicionaron cuatro preguntas claves (Figura 39). Los estudiantes conformaron parejas para sus respuestas. Este foro con preguntas claves permitió la emergencia de posiciones que oscilan entre la prudencia y la restricción, ya que muestran sensibilidad a los costos ecológicos y a la justicia ambiental. Algunos estudiantes fueron contra ponentes frente a otros, debido a sus respuestas tales como: “no usándola” frente a “usándola de manera más responsable solamente cuando sea necesario” y al asumir quién asume los costos ecológicos de la IA, respondieron “lo asumen principalmente los ecosistemas locales como humedales acuíferos y las comunidades”. Frente a términos sobre equidad, se registró: “sí, ya que no todos tienen las mismas oportunidades y privilegios”, y en términos territoriales: “por supuesto existen comunidades que no están en lugares favorables...”.

Estas expresiones denotan un desplazamiento es reacciones instintivas hacia propuestas justificadas y contextuales consistentes con los patrones descrito por Sadler y Zeidler (2004), en donde la intuición suele preceder y luego se apoya en razones y consideraciones morales.

Desde un punto de vista formativo el foro permitió evidenciar competencias de pensamiento crítico y toma de decisiones al plantear condiciones como las siguientes: “la uso cuando sea necesario”, “hoy reciclaje, eficiencia energética y consideración de comunidades afectadas”, activa precisamente esas competencias. Así se evidencia en conjunto un progreso hacia TDI ya que los estudiantes manifiestan unas metas y criterios sobre el impacto ambiental, priorizan usos socialmente justificados y asimismo generan alternativas viables como el reciclaje, la eficiencia, los límites de uso y valoran las consecuencias para los actores y los territorios.

Este patrón de razonamiento beneficia a la probabilidad de decisiones deseables, así la CSC hace que los estudiantes entrelacen razones, emociones y contextos al decidir (Sadler y Zeidler. 2004).

Figura 37

Respuestas de los estudiantes sobre la CSC de la inteligencia artificial.

¿La IA está al servicio de todos o solo de quienes pueden costearla? R: Si, porque de la IA es para la educación de todos ya que no todos cuentan con algún dispositivo para preguntar cosas o algunas personas no cuentan con los recursos suficientes para ello. R2: Muy pocos no tiene acceso a la IA ya que no tienen acceso a los dispositivos que muchos de nosotros tenemos para comunicarnos. R3: Actualmente la mayoría de personas cuentan con un acceso a la IA ya que el celular desde hace un tiempo se ha vuelto una herramienta primordial que tiene la mayoría, tal vez no todos tienen acceso a una computadora pero sí a una básica. R4: No está a disposición de todos ya que a ciertos países se les dificulta llegar a un punto acceso a dispositivos. R5: Si, pero en China, Corea del Sur y otros países no todos pueden acceder. R6: La IA no está al servicio de todos, ya que esta no puede ser utilizada por pueblos, comunidades marginadas que no cuentan con acceso y recursos a dispositivos tecnológicos. R7: Si, ya que existen IA gratuitas y al alcance de toda la comunidad. R8: No se, hay las gratis y pues de pago, lo único que se tendría que ver es si tiene celular o no.	¿Cómo equilibrar los beneficios de la IA con la sostenibilidad ambiental? • Equilibrar los beneficios de la IA y el medio ambiente es más sencillo de decir que de hacer, ya que no es usar la inteligencia artificial solo por utilizarla ya que cada pregunta va a afectar el medio ambiente en algún poder cambiar al ser humano... • La IA necesita de ciertos recursos que se extraen del medio ambiente por lo tanto duda que su efectividad sea la misma si no se usan los recursos que ya se están implementando. • Al diseñar sistemas de IA sostenible, utilizar energías renovables implementar prácticas de reciclaje y reutilización. • Utilizando de manera adecuada ese mismo beneficio pero regulando, este acceso para no seguir abriendo el medio ambiente ya que mediante este se ve consecuencias negativas. • No usarla. R: Usarla de manera más responsable, solamente cuando sea necesario.
¿Quiénes asumen los costos ecológicos del uso de IA (consumo de energía, residuos electrónicos)? Lo asumen principalmente los ecosistemas locales como homeocenos, circunferencias y las comunidades (ESC). Algunas empresas tienen que pagar por los gastos energéticos y las empresas individuales se pagan por sus residuos y las que recogen las consecuencias de esto es el medio ambiente. Lo que son las empresas ellas se encargan de los costos de la IA ya que eso consumen bastante energía y ellas son las que se tendrían que encargarse de todo eso y los costos. R1: Primordialmente y el costo más caro la parte de la energía ya que es el que más se ve afectado con todos estos consumos de energía al medio ambiente. R2: Los humanos y el planeta. R3: Las comunidades a las cuales se les explota estos recursos para la creación de fuentes de datos, además de que estas mismas comunidades pagan por los datos. R4: El planeta primordialmente y las comunidades las cuales son explotadas por estos recursos. R5: Los llegan a asumir las empresas, centros como escuelas y el entorno, como la fauna y flora.	¿Existen comunidades más afectadas que otras? Si existen comunidades más afectadas que otras por los recursos o cambios de estos. R1: Si, debido a que algunas personas tienen que pagar por el acceso a la IA como la salud de personas o países. R2: Si, ya que no todas las comunidades cuentan con los mismos recursos para saber sobre tener una buena y correcta educación. R3: Hay varias comunidades que están afectadas ya que están dentro en recursos por ejemplo económicos y así hacen que algunas personas tengan acceso de energía o cosas que están también. R4: Si, ya que algunas personas tienen los recursos de la comunidad más allegados. R5: Si, ya que no todas tienen las mismas oportunidades y privilegios. R6: Por supuesto, existen comunidades que no están en lugares favorables o de acceso, como cerca de las minas, o zonas contaminadas. R7: Si, ya que no todas las comunidades cuentan con los mismos recursos ecológicos.

Fuente. Archivo propio

6.2.1.2. Sesión 2. Estudios de caso

Esta sesión pretendió brindarles a los estudiantes tres casos diferentes (Anexo 3), que evidencian la importancia de los minerales litio, cobre y cobalto en el desarrollo de la inteligencia artificial. Esta sesión se dividió en dos momentos principales: el primer momento fue la lectura de los casos y un segundo momento permitió una exposición por grupos de cada caso.

- **Momento 1.** Los estudiantes recibieron aleatoriamente un artículo sobre el impacto de los minerales (litio, cobalto y cobre) para que realizarán una lectura y dimensionarán las implicaciones de la extracción de dichos minerales.
- **Momento 2.** Los estudiantes se dividieron en tres grupos con respecto a las tres lecturas; así se conformaron 9 estudiantes por grupo. Cada grupo tenía que realizar una exposición sobre su lectura enmarcando principalmente el impacto ambiental de la extracción de cada material y cómo esto podía afectar su cotidianidad. Los grupos decidieron aleatoriamente quién exponía y quien realizaba la cartelera (Figura 40).

Figura 38

Fotos de la lectura y exposición de cada caso/artículo



Grupo 1

Grupo 2



Grupo 3

Fuente. Archivo propio

Grupo 1. Litio. El primer grupo de estudiantes encargados de socializar el caso 1 “**Litio en el salar de Atacama (Chile): agua salmueras y una Cuenca frágil**” asumen un discurso de toma de decisiones informadas de carácter condicional, lo que se evidencia cuando afirman: “Al utilizarse agua dulce en la extracción de litio puede contaminar acuíferos o a la comunidad... esto puede envenenarlos”, reconocen condicionantes del entorno, presentan una conclusión definible que se conecta con datos y justificaciones y sobre todo introduce calificadores y contra argumentos que acotan el alcance de decisiones, siendo estos rasgos claves del razonamiento (Sadler y Zeidler, 2004; Halpern, 2013).

Los estudiantes solo aluden a una afirmación; ellos recopilan y analizan información para fortalecer las decisiones, a partir de la deliberación, el contraste de alternativas y afectaciones ambientales. Por esto el grupo evidencia afectaciones en su diario vivir y reconocen actores cercanos como familia y amigos que podrían llegar a verse afectados, “sino se llega a tener una buena seguridad en las máquinas de extracción, puede llegar a contaminar suelos... perjudicando a la comunidad” por lo que reconocen que este tipo de materiales no solo está presente en celulares, sino en los procesadores de la IA.

Grupo 2. Cobalto. El discurso del grupo 2 frente al estudio de caso “**Cobalto en Kolwezi-Luala (RCD): agua, metales y salud pública**” se configura cómo decisión condicional y situada ya que formulan una recomendación anclada en evidencias que remiten a su contexto inmediato y en criterios explícitos cuando mencionan que “este... [Cobalto]

tiene que pasar por muchos procesos para llegar a nuestras vidas...estos pueden generar muchas consecuencias”. Cuando exponen el proceso de extracción del cobalto “se utiliza ácido sulfúrico que descompone el cobalto en subcomponentes, que hace que llegue a nuestro celular...”; reconocen escenarios que incorpora otras sustancias para dicha extracción; asimismo al mencionar: “esta extracción tiene relación con la IA y es que al llegar a ser un medio que utilizamos con el avance que viene hacer la IA también se puede llegar a demandar este producto [cobalto]... lo que genera un mayor impacto ambiental... generando un deterioro en el eje ambiental”. Reconocen y entrelazan rasgos característicos del razonamiento informal.

Cuando concluyen que “el cobalto puede llegar a dañar el medio ambiente si se utiliza mucha cantidad”, reconocen el posible daño que causa, aunque se denota una limitación del argumento.

Grupo 3. Cobre. El grupo 3 encargado de la socialización de “*Cobre y el derrame del río Sonora (México): lecciones para la infraestructura crítica*”, presenta un discurso que se articula alrededor de una pregunta de trasfondo la cual hace relevancia a la implicación social y ambiental para justificar la expansión y la operación de los centros de datos de la inteligencia artificial dada su exigencias y materiales. En términos de la CSC los estudiantes comprometan valores, intereses de actores diversos y contextos específicos como la energía y el agua; hacen explícitos criterios y claridad en la presentación.

Sobre el cobre el equipo reconoce correctamente su papel en infraestructura de los centros de datos en afirmaciones como: “Cuando la IA despegó... así alto, pues era necesario el cobre para el cableado como para los componentes que lleva la generación de una IA o servidores”. Esta argumentación mezcla dos planos: el primero sobre el uso de cobre en equipos y el segundo en la extracción de metales en cadena de suministro. Asimismo, hacen una exclamación que plantea: “algunos solidos o metales... afectan la fertilidad de la tierra”, aquí, hacen una precisión que permite reconocer el vínculo de la IA y la justicia ambiental.

Un tópico significativo es el agua y cuando ellos reconocen: “gasta mucha agua para enfriar los componentes de la IA, se denota un argumento poco relevante ya que no hay diferenciación entre el uso *versus* el consumo. Así, reconocen alternativas de mitigación como agua no potable o reciclada.

En esta sesión se evidenció un tránsito real de los estudiantes desde respuestas principales intuitivas como “me parece” hacia decisiones justificadas, identificando actores, distinguiendo impactos ambientales y comenzando a ser calificadores y contra argumentos como “bajo la condición de...”. Este salto es coherente con el razonamiento informal en contextos de CSC y con la idea de que la toma de decisiones se aprende en el contexto de los problemas reales y no memorizándolos (Sadler y Zeidler, 2004; Abarca, 2015).

Por otro lado, hay un fundamento claro en el pensamiento crítico ya que el comparar alternativas y poner en tela de juicio los riesgos y los beneficios sin dejar de resaltar las brechas disciplinares, la mayoría de los estudiantes ubica hasta esta sesión, un nivel medio con avances en quienes conectan la evidencia y los contextos de forma más clara (Halpern, 2013; Carvajal y Valencia, 2016).

6.2.1.3. Sesión 3. Experimento: reacciones de desplazamiento

Esta sesión se basó en un laboratorio realizado por los estudiantes de grado undécimo. Se centró en una reacción de desplazamiento entre el sulfato de cobre (CuSO_4) y aluminio (Al) en presencia de sal de cocina o cloruro de sodio (NaCl) y su reacción con impactos ambientales asociados a la extracción/recuperación del cobre. Esta sesión se estructuró en 3 momentos.

- **Momento 1.** La sesión inició con una explicación orientada a situar a los estudiantes en los fundamentos teóricos y el propósito de la práctica; se mencionó como la reacción de desplazamiento (redox), entre iones de Cu^{2+} en solución de sulfato de cobre (CuSO_4) y aluminio metálico. Destacó como el aluminio reduce al cobre a estado metálico (Cu^0) mientras el mismo (aluminio) se oxida (Al^{3+}) produciendo sulfato de aluminio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$). Asimismo, se mencionó como la sal de cocina actúa como agente que incrementa la fuerza iónica y favorece la remoción parcial de la capa pasiva de óxido de aluminio. Para poder generar esta remoción se identificó que se tenía que alterar la variable de temperatura de la solución, haciendo que esta incrementara y así su velocidad de reacción fuera aún más rápida.

Momento 2. Para la ejecución de este laboratorio, se solicitó a los estudiantes que conformaron grupos de cuatro integrantes, y siguieran una guía de laboratorio (Anexo 3). Cada equipo preparó la solución de CuSO_4 con agua a temperatura de 60°C . Adicionaron

a la par cloruro de sodio o sal de cocina. Finalmente, los estudiantes agregaron el aluminio a dicha solución.

Durante la reacción, los estudiantes documentaron por medio de videos y registros de la experiencia (Figura 41), la reacción desde el momento inicial o cero, donde se había adicionado el aluminio hasta la aparición de un precipitado rojizo, identificando así el cobre metálico. Observaron el cambio de coloración de la solución de un azul intenso a un color pálido.

Al terminar la reacción de la solución con el aluminio, los estudiantes transfirieron a recipientes rotulados para su control de disposición de residuos. La práctica culminó con el aseo del puesto de trabajo, el lavado del material empleado y la verificación de superficies limpias.

Figura 39

Practica de laboratorio reacción de desplazamiento.





Fuente. Archivo propio

Momento 3. Concluida la intervención experimental escolar, los estudiantes realizaron un informe de la práctica (Figura 40) a la cual se tenía que responder ¿Cómo esta reacción, con precipitación de cobre, puede afectar al medio ambiente?

A partir de las afirmaciones de los estudiantes se aprecia un patrón discursivo en donde todos reconocen el “peligro” del cobre sobre el agua y el suelo y exhortan a “no desechar”. Aunque estas afirmaciones pueden ser coherentes con lo que se ha venido trabajando, aún carecen de una estructura argumentativa, evidencias empíricas del propio experimento, ya que al decir “el cobre puede contaminar” se reconoce como respuestas declarativas generales con una baja densidad explicativa y ausencias de criterios de verificación. Este predominio de enunciados generales sugiere un razonamiento informal de tipo *motivo e intuitivo* más que *racional* (Sadler y Zeidler, 2004), útil como punto de partida ético pero insuficiente para la toma de decisiones informadas en contextos socio científicos.

Figura 40.

Informe de laboratorio por grupos

permita justificar dicha magnitud. También se observa ausencia en los anclajes normativos y procedimentales ya que ninguna afirmación menciona criterios o estándares y no traduce la preocupación en acciones verificables; este escape de lo normativo es típico del razonamiento que se mantiene en un plano declarativo y no aterriza en reglas, protocolos y evidencias (Vilá et al., 2024; Parga, 2022).

El discurso de los estudiantes se queda en el “que” y no trasciende al “cómo cuándo dónde y en qué condiciones”, quedándose en afirmaciones coherentes en su orientación ética pero débiles para sostener una decisión informada.

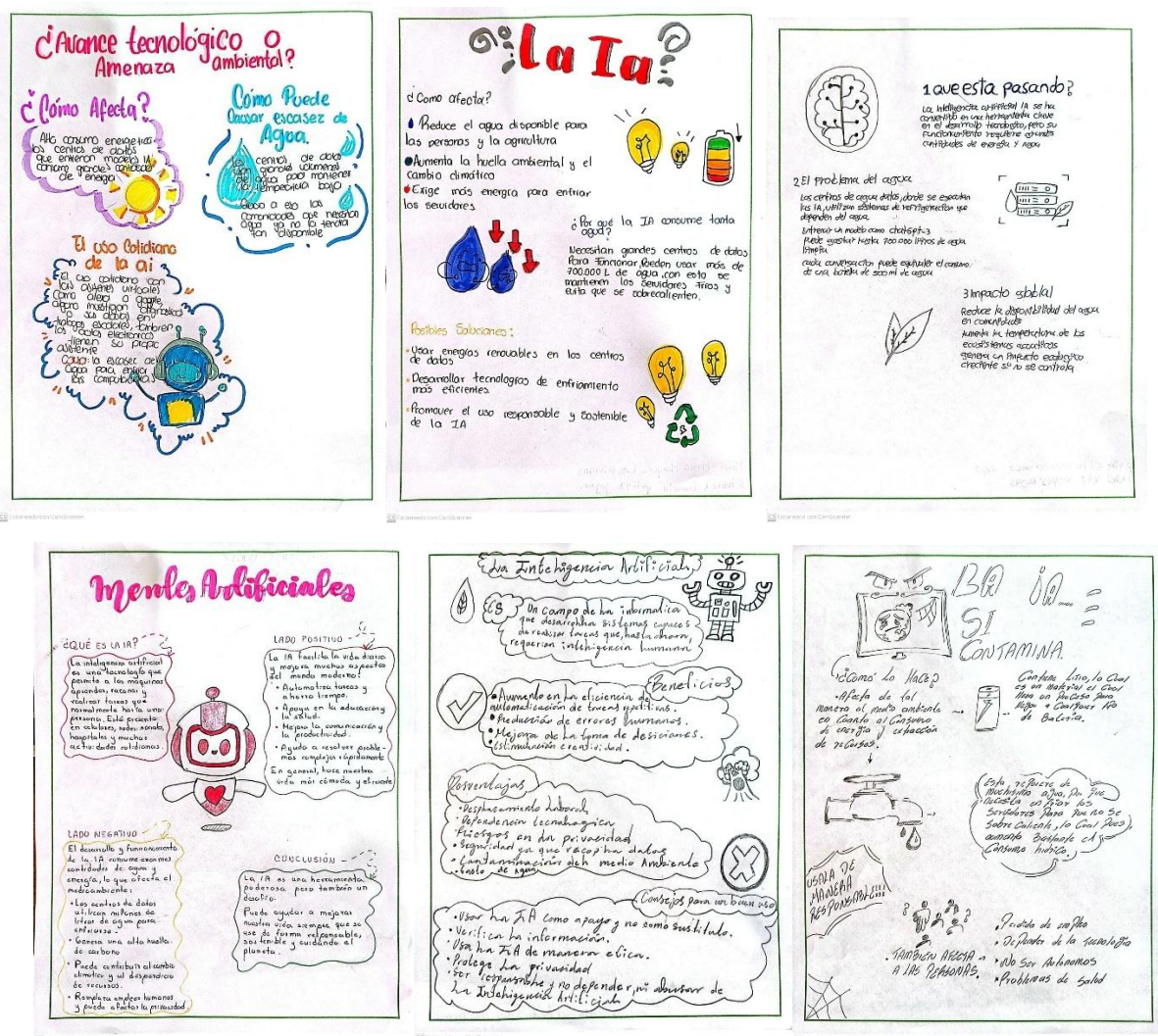
6.2.1.4. Sesión 4. Construcción de una infografía: IA y medioambiente.

Esta última sesión se centró en la lectura del artículo titulado *¿Podrían la IA causar una escasez global de agua?* Los estudiantes conformaron parejas y realizaron una infografía centrada en el título de la lectura. Esta sesión se dirigió de la siguiente manera:

- **Momento 1.** Se enfocó en la lectura individual del artículo y en el análisis y relación con las anteriores lecturas.
- **Momento 2.** En grupos de dos, los estudiantes realizaron una infografía (Figura. 41) con relación a la lectura y a su opinión. Para eso se centraron en lo siguiente: la inteligencia artificial podría causar escasez de agua y si esta contamina o no en medio ambiente.

Figura 41.

Infografías de los estudiantes



Fuente. Archivo propio

A partir de las infografías planteadas por los estudiantes, se evidencia que el argumento se centra en la intensidad de recursos de la IA, como la energía eléctrica y el agua, con énfasis en el enfriamiento de centros de datos y fue poco relevante en los impactos sociales y en la extracción de materiales.

Si bien, el nivel de evidencia es predominantemente cualitativo, varias infografías afirman que la inteligencia artificial “reduce el agua disponible”, “aumenta la huella ambiental” o “exige más energía”. Algunas otras cuantifican estos valores y describen que “pueden usarse más de 700.000 L de agua para entrenar un modelo... mantener los servidores

fríos”; estas afirmaciones corren el riesgo de usarse como generalidades universales y no como afirmaciones con fundamento o contexto. La toma de decisiones informada exige en cambio explicar incertidumbres y condiciones de validez (Vilá et. al, 2024; Halpern, 2013).

Varias infografías incluyen una propuesta de solución cómo “energías renovables, enfriamiento más eficiente y uso responsable”; estas propuestas se relacionan con generalidades y no se vinculan con criterios de decisión. También algunos estudiantes tienen a confundir la IA con TIC ya que enuncian “privacidad de redes sociales o asistentes virtuales” aunque son sustitutos o sinónimos de la IA, estas herramientas virtuales no codifican información ni dejan a un lado el *machine learning*.

Los estudiantes aciertan de manera que la IA sí puede generar impactos ambientales por su demanda energética exigiendo un uso responsable. Sin embargo, se hace visible la carencia de información explicativa y cuantitativa, así como criterios que permitan decidir entre alternativas.

6.2.2. Análisis Fase 2

En la fase 2 alineada con el objetivo específico dos, se implementó una unidad didáctica ambientalizada en clave con una CSC para favorecer la toma de decisiones informadas (TDI) sobre el impacto ambiental del uso de la IA. La unidad didáctica es el instrumento de intervención en la propuesta microcurricular para posicionar la TDI como meta formativa y la AC como vía para recontextualizar los saberes (conceptos, terminologías y procesos) químicos con problema socioambientales reales. Esta se configura de cuatro sesiones:

- **Sesión 1** (¿la IA contamina), el dilema activo una transición observable desde respuestas intuitivas del tipo “me parece” hacia decisiones con justificación básica, los estudiantes empezaron a distinguir impactos ambientales y realizar afirmaciones con calificadores como “bajo la condición de...”. Esta evolución es consistente con el razonamiento informal con los contextos de CSC y con la idea de que la TDI se aprende en torno a problemas reales y controversiales, como lo es el uso de la IA y no como proceso de memorización y repetición (Sadler y Zeidler, 2004; Abarca, 2015; Halpern, 2013), por ello la sesión cumplió su respectiva función como “potenciador” para pasar del reconocimiento general del problema a la construcción de criterios para decidir.

- **La sesión 2** (Estudio de caso sobre litio, cobalto y cobre), profundizó este avance al situar la discusión en cadenas de suministro y efectos locales (lugares geográficos puntuales). En el caso del litio emergieron decisiones condicionales como “sino hay control... puede contaminar acuíferos comunidades” con calificadores y contraargumentos rasgos centrales de la TDI (Sadler y Zeidler, 2004; Halpern, 2013). Para el cobre, el grupo vinculó de forma explícita infraestructura de centro de datos con energía, aunque allí se vio una confusión entre uso y consumo de “agua” se hicieron visibles alternativas de mitigación como “reutilizar” o “agua no potable”. En conjunto, la sesión consolidó un nivel intermedio-justificado de TDI y relacionó procesos químicos como extracción, toxicidad, metales con decisiones ciudadanas.
- **La sesión 3** (Experimento: reacciones de desplazamiento) es la práctica de laboratorio que aportó de manera idónea en el abordaje de conceptos como redox, estequiometría, reacciones de desplazamiento y metales. En los informes presentados los estudiantes mostraron un patrón discursivo declarativo donde se reconoció el “peligro” del cobre en este caso y se recomendó “no desechar” pero sin criterios verificables; estas afirmaciones, aunque relacionadas con el objetivo de la sesión se aleja de la intención con respecto a la toma de decisiones, ya que solo relacionan el cobre como desecho y no como elemento fundamental para la IA. Esta brecha revela la necesidad de anclar el razonamiento de protocolo y estándares esto para elevar TDI desde lo declarativo hacia lo crítico-reflexivo (Halpern, 2013; Parga, 2022).
- **La sesión 4:** infografía sobre la IA y el agua, funcionó como síntesis. Aquí la mayor parte del grupo enfatizó sobre la “intensidad de recursos” de la IA y en el consumo de agua “gasta hasta > 700.000 L” esto asociado al entrenamiento de modelos o al enfriamiento de los servidores. Sin embargo, muchas infografías enunciaron generalidades sin una condición de validez ni un manejo de incertidumbre algo que la TDI demanda. Asimismo, muchas propusieron soluciones genéricas como “enfriamiento eficiente o uso responsable” sin criterios de procedimientos para decidir (Halpern, 2013; Vilá et al., 2024; Li et al., 2023).

Como síntesis, la fase dos evidencia una progresión coherente con la literatura; una transición entre respuestas intuitivas hacia un nivel más justificativo e inicio hacia un nivel

crítico-reflexivo, cuando los estudiantes conectan evidencias, actores y consecuencias del uso de la IA siendo compatible con el razonamiento del CSC y las controversias para fortalecer el pensamiento crítico, la argumentación y la toma de decisiones informadas (Torres et al., 2023; Halpern, 2013; Sadler y Zeidler, 2004). Asimismo, el marco del proyecto se relaciona con la intencionalidad de la unidad para deshacer barreras curriculares para fortalecer la AC en química alrededor de la inteligencia artificial; siendo la unidad didáctica una herramienta efectiva para ambientalizar el contenido, al diseñarla a partir de problemas socioambientales de la IA y comprender como la química puede aportar a estos, sin ser la única opción.

6.3. Resultados y análisis de la Fase 3. Evaluación y análisis

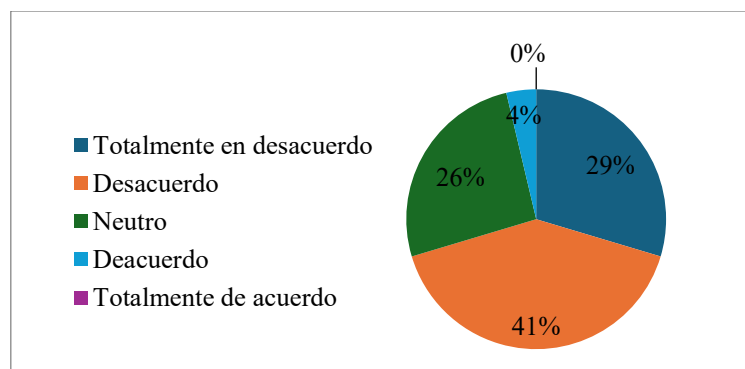
Esta fase resulta de la caracterización de la toma de decisiones informadas de los estudiantes de grado undécimo (11°) del colegio I.M.E. Instituto Técnico Industrial de Facatativá. Asimismo de la valoración de la propuesta microcurricular (unidad didáctica)

6.3.1. Resultados y análisis de la Etapa 4. Nivel de TDI de los estudiantes

Esta etapa resultó de la implementación del instrumento tipo Likert, (Anexo 2. Aquí se quería evidenciar el nivel logrado de TDI de los estudiantes de 11ª grado del Instituto Técnico Industrial de Facatativá. Cada afirmación se presenta con su par de congruencia para su validación.

Figura 42

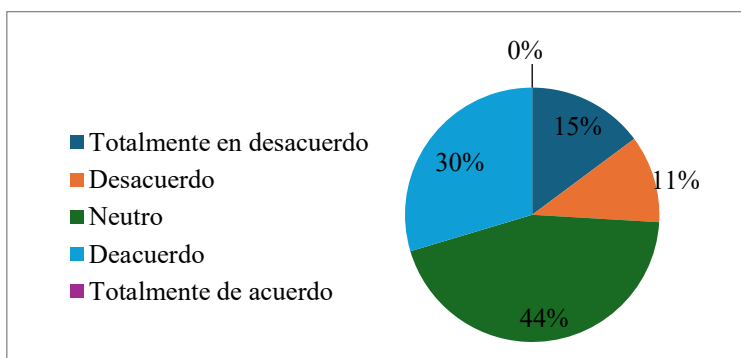
Ítem 1: “Cuando escucho hablar sobre inteligencia artificial (IA), mi primera reacción es pensar en películas de ciencia ficción”



Nota. Elaboración propia. Editado mediante Excel.

Figura 43

Ítem 2: “Mi comprensión inicial de la IA proviene más de la cultura popular que de información técnica o académica”

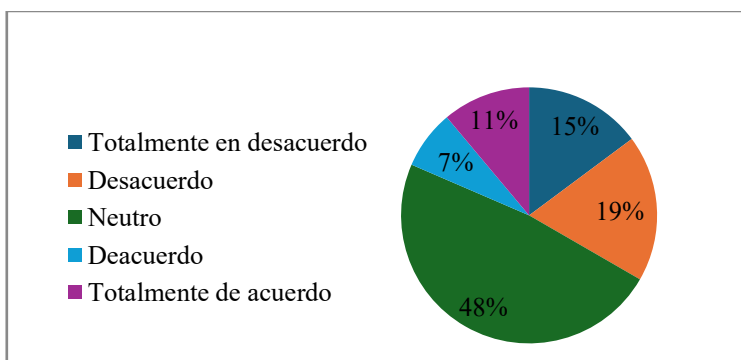


Nota. Elaboración propia. Editado mediante Excel.

Par 1–2. En el ítem 1 Figura 42, muestra como predomina el desacuerdo total (70,4%) frente a la idea de asociar la IA con “películas de ciencia ficción”; en el ítem 2 (Figura 43), hay más indecisión (neutralidad 44,4%) y un 29,6% de acuerdo con que su comprensión inicial proviene de la cultura popular. El par resulta parcialmente coherente ya que muchos estudiantes rechazan el estereotipo de *sci-fi*, pero muchos no descartan que la cultura popular influya en su comprensión.

Figura 44

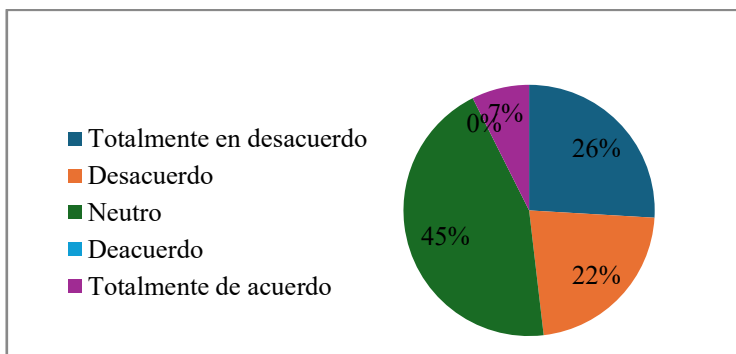
Ítem 3: “Si una noticia sobre un problema ambiental de la IA me genera preocupación, me basta con ese sentimiento para formarme una opinión”



Nota. Elaboración propia. Editado mediante Excel.

Figura 45

Ítem 4: “No necesito buscar datos o hechos adicionales si un problema ambiental de la IA ya me ha afectado emocionalmente”

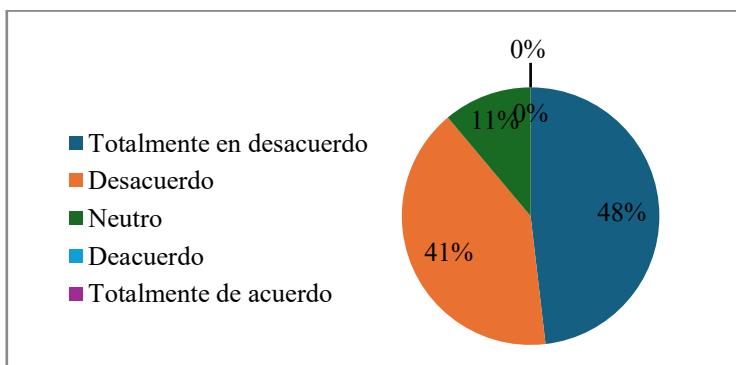


Nota. Elaboración propia. Editado mediante Excel.

Par 3–4. En el ítem 3 Figura 44, prevalece la neutralidad (48,1%) ante “formarse opinión solo por preocupación ambiental”, mientras que en el ítem 4 (Figura 45) los estudiantes rechazan la idea de no buscar datos adicionales (48,1% de desacuerdo; acuerdo 7,4%). Se evidencia intención de contrastar información, aunque aún hay indecisión mostrando el par procede a ser parcialmente coherente:

Figura 46

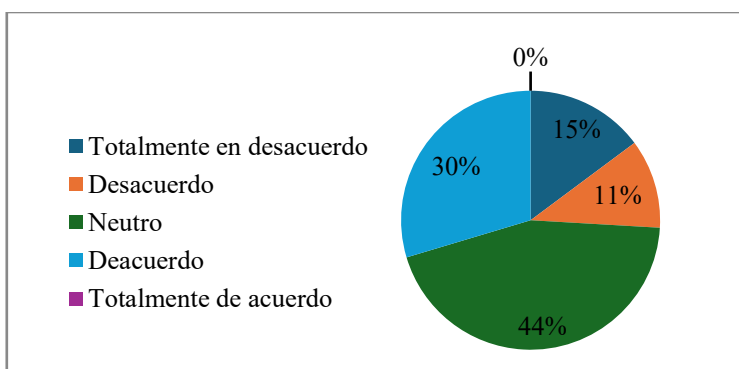
Ítem 5: “Prefiero no pensar mucho en los problemas ambientales que causa la tecnología, ya que me generan ansiedad”



Nota. Elaboración propia. Editado mediante Excel.

Figura 47

Ítem 6: “Evito informarme sobre los efectos negativos de la tecnología porque prefiero no sentirme abrumado”

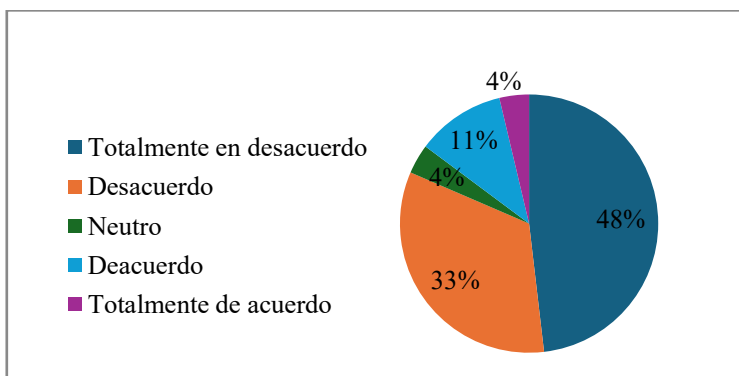


Nota. Elaboración propia. Editado mediante Excel.

Par 5–6. En el ítem 5 Figura 46, los estudiantes rechazan ampliamente evitar pensar en los problemas (88,9% de desacuerdo). En el ítem 6, sin embargo, hay más ambivalencia respecto a “evitar informarse para no abrumarse” (neutralidad 44,4%; acuerdo 29,6%). En general no evitan pensar, pero una fracción sí evita informarse.

Figura 48

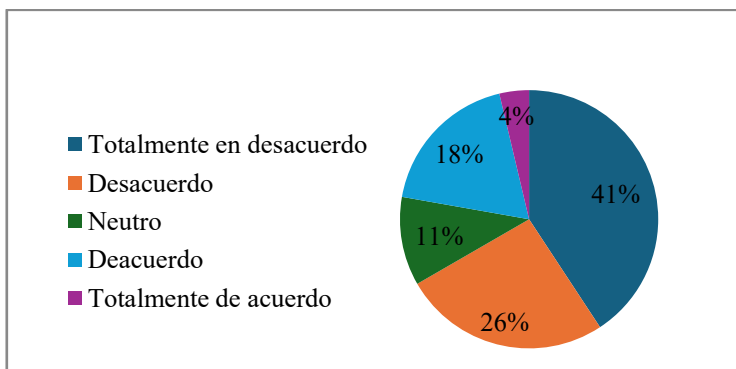
Ítem 7: “Creo que los expertos o el gobierno son los únicos que deben tomar decisiones sobre el uso de la IA y sus consecuencias”



Nota. Elaboración propia. Editado mediante Excel.

Figura 49

Ítem 8: “Considero que la responsabilidad de regular la IA y sus consecuencias es exclusiva de las figuras de autoridad (científicos, políticos)”

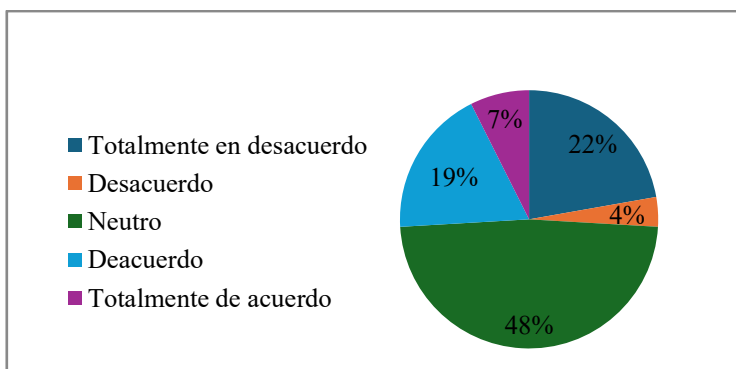


Nota. Elaboración propia. Editado mediante Excel.

Par 7–8. Los ítems 7 y 8 Figura 48 y 49, muestran desacuerdo mayoritario (81% y 67% respectivamente) pues los estudiantes no delegan la responsabilidad únicamente en autoridades.

Figura 50

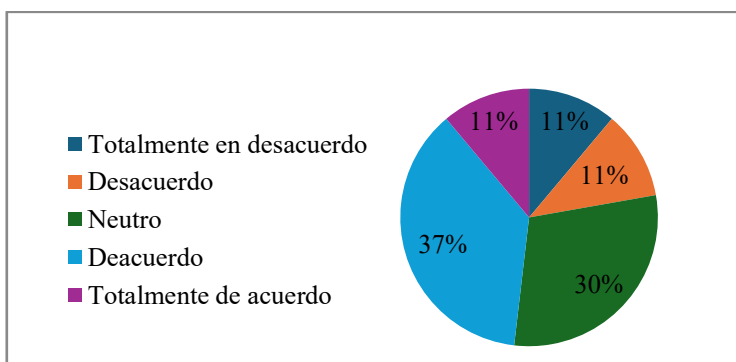
Ítem 9: “Sé que la inteligencia artificial consume energía, pero no tengo claro cómo eso afecta el medio ambiente”



Nota. Elaboración propia. Editado mediante Excel.

Figura 51

Ítem 10: “Aunque conozco un efecto de la IA (el consumo de energía), me falta información para entender completamente su impacto ambiental”

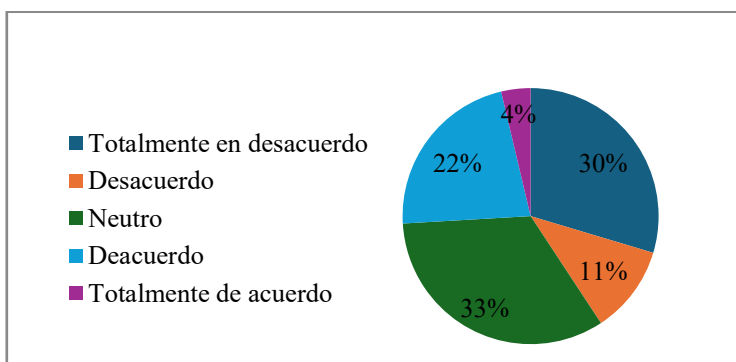


Nota. Elaboración propia. Editado mediante Excel.

Par 9–10. En el ítem 9 Figura 50, predomina la neutralidad (48%) respecto a “sé que la IA consume energía, pero no entiendo su impacto”, y en el ítem 10 Figura 51, hay 48% con respecto a estar más acuerdo con “me falta información para entender completamente su impacto”. Los estudiantes reconocen que falta comprensión detallada sobre el impacto energético-ambiental.

Figura 52

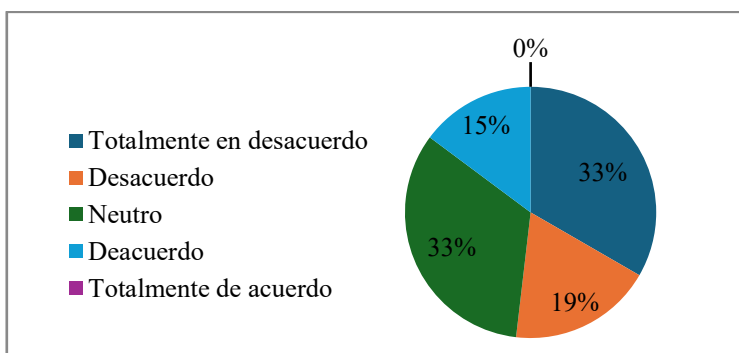
Ítem 11: “Entiendo que la extracción de minerales (litio, cobalto) para la IA tiene un impacto, pero creo que es un costo necesario para el progreso”



Nota. Elaboración propia. Editado mediante Excel.

Figura 53

Ítem 12: “El impacto ambiental de la minería de minerales es un sacrificio aceptable a cambio del avance tecnológico”

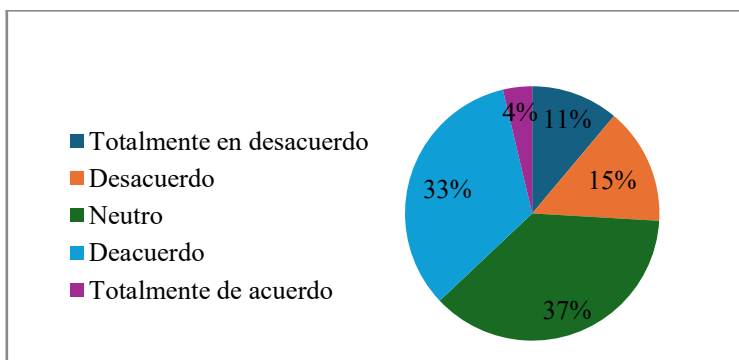


Nota. Elaboración propia. Editado mediante Excel.

Par 11–12. En el ítem 11 y 12 Figura 52 y 53, los estudiantes rechazan las formulaciones de “costo/sacrificio aceptable” con respecto a que la minería es necesaria para el progreso tecnológico (desacuerdo 40,7% en 11 y 51,9% en 12; neutralidad 33,3% en ambos). Prima una postura crítica frente al *trade-off* ambiental.

Figura 54

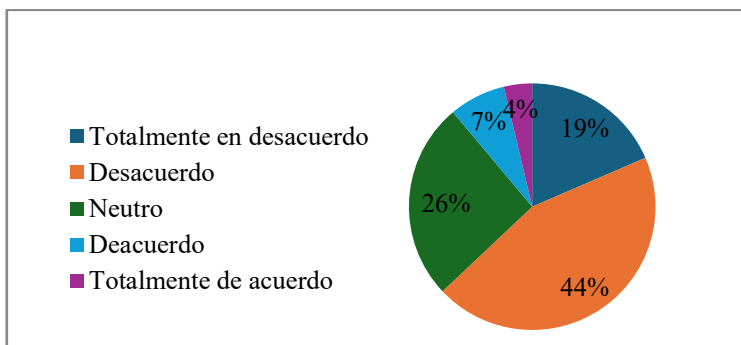
Ítem 13: “Puedo mencionar algunos impactos ambientales de la IA, pero no sé cómo la química interviene en esos procesos”



Nota. Elaboración propia. Editado mediante Excel.

Figura 55

Ítem 14: “Mi conocimiento de la química no me permite comprender el rol de los procesos químicos en la contaminación del agua por la IA”

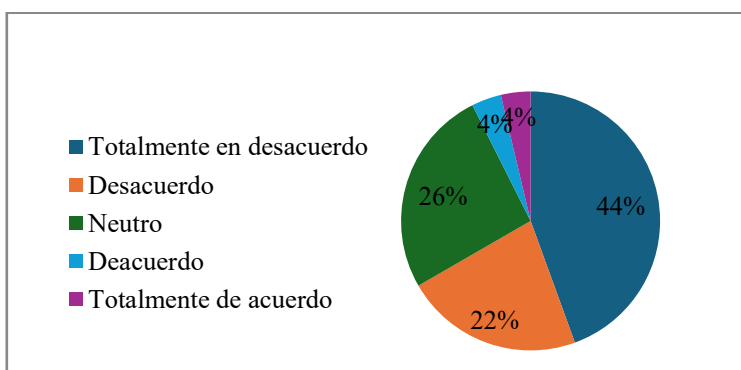


Nota. Elaboración propia. Editado mediante Excel.

Par 13–14. En el ítem 13 Figura 54, existe una similitud entre acuerdo (37,0%) y neutralidad (37,0%) ante “mencionar impactos, pero no saber el rol de la química”, mientras que en el ítem 14 Figura 55, se rechaza que su conocimiento de química no permita comprender procesos (63,0% de desacuerdo). En uno, varios admiten no ver el rol de la química; en el otro muchos afirman que sí cuentan con una base química suficiente o aceptable.

Figura 56

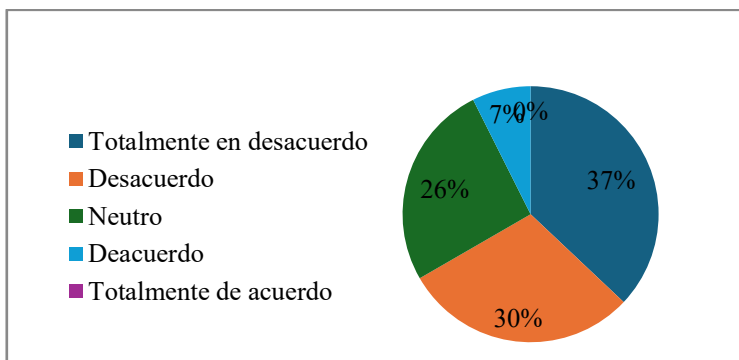
Ítem 15: “Creo que la solución a los problemas ambientales de la IA es responsabilidad de las grandes empresas o de los científicos, no mía”



Nota. Elaboración propia. Editado mediante Excel.

Figura 57

Ítem 16: “No creo que mi rol como ciudadano incluya la responsabilidad de buscar soluciones para los problemas ambientales de la IA”

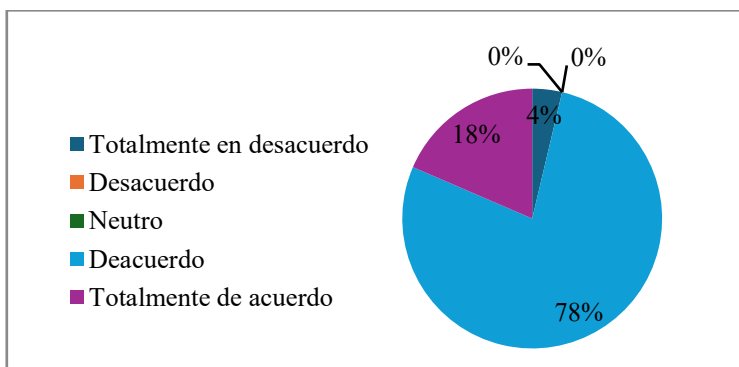


Nota. Elaboración propia. Editado mediante Excel.

Par 15–16. En ítem 15 Figura 56, se rechaza que la solución sea solo de empresas o científicos (66,7% de desacuerdo). Asimismo, en el ítem 16 Figura 57, los estudiantes rechazan que el rol ciudadano no incluya buscar soluciones (66,7% de desacuerdo) reconociendo la corresponsabilidad ciudadana que hay para el medio ambiente.

Figura 58

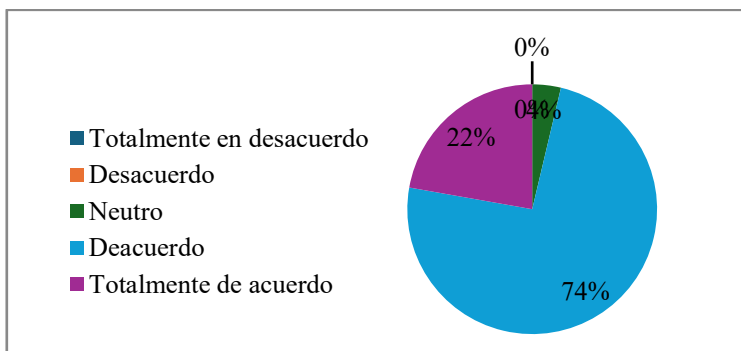
Ítem 17: “Cuando me enfrento a una cuestión social vista desde el punto científico, busco activamente diversas fuentes de información y analizo sus argumentos”



Nota. Elaboración propia. Editado mediante Excel.

Figura 59

Ítem 18: "No me conformo con una sola fuente de información; evalúo críticamente diferentes puntos de vista antes de opinar"

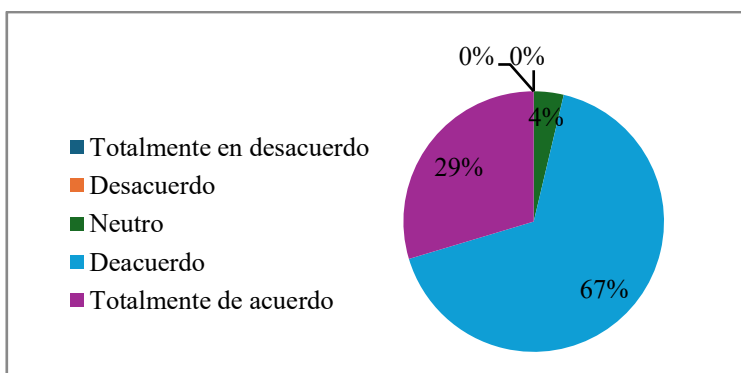


Nota. Elaboración propia. Editado mediante Excel.

Par 17–18. Ambos ítems 17 y 18 Figura 58 y 59, muestra que los estudiantes buscan diversas fuentes y evalúan críticamente presentado así una fuerte práctica de indagación crítica.

Figura 60

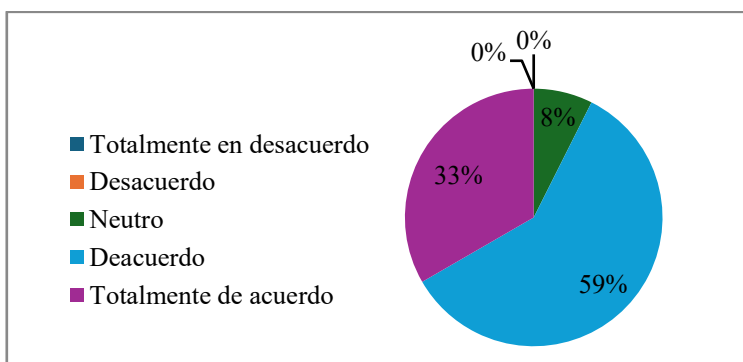
Ítem 19: "Soy capaz de explicar cómo procesos químicos específicos (ej., minería de litio) están directamente relacionados con el impacto ambiental de la IA"



Nota. Elaboración propia. Editado mediante Excel.

Figura 61

Ítem 20: “Puedo establecer una conexión directa entre los conceptos de química que he aprendido y el impacto ambiental de tecnologías como la IA”

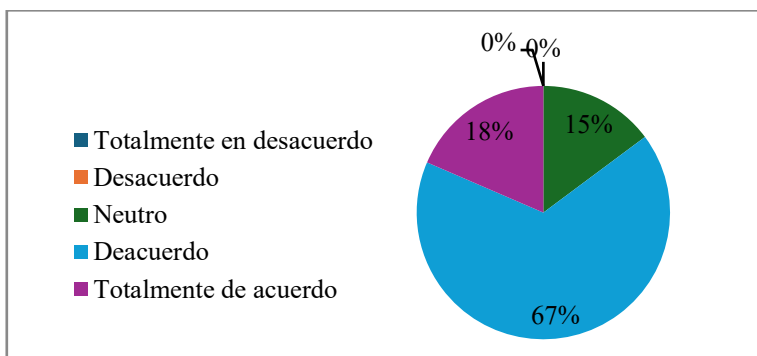


Nota. Elaboración propia. Editado mediante Excel.

Par 19–20. Se observa como el ítem 19 y 20 Figura 60 y 61, muestra un acuerdo muy alto al conectar procesos químicos específicos con el impacto ambiental de la IA (96% y 92%, respectivamente). Construyendo un buen puente entre la química y las problemáticas tecnológicas-ambientales.

Figura 62

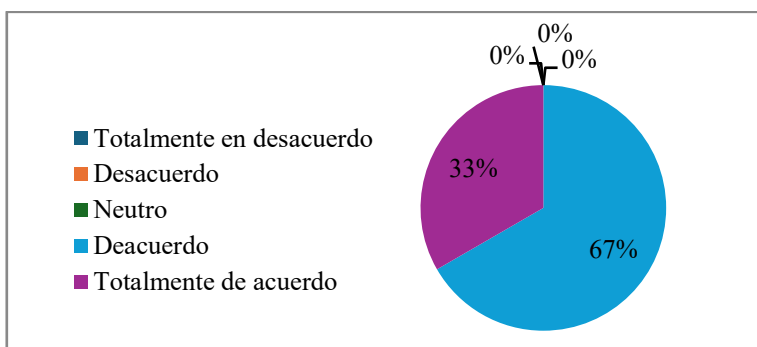
Ítem 21: "Al tomar una decisión sobre el uso de la IA, considero no solo los beneficios, sino también las consecuencias a largo plazo para el medio ambiente y la sociedad"



Nota. Elaboración propia. Editado mediante Excel.

Figura 63

Ítem 22: “No me limito a considerar los beneficios; también analizo las consecuencias a largo plazo para el medio ambiente y la sociedad”

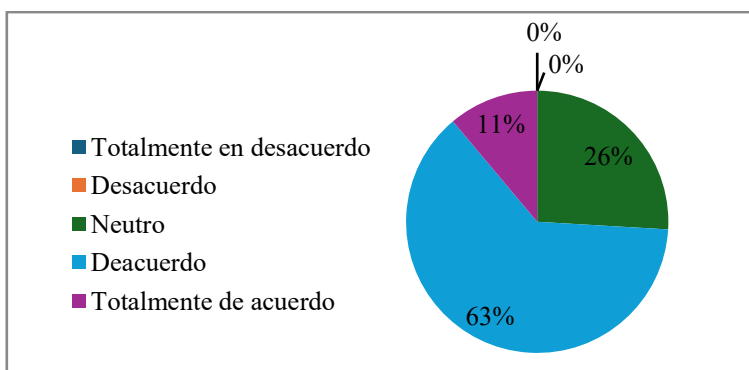


Nota. Elaboración propia. Editado mediante Excel.

Par 21–22. Los estudiantes consideran consecuencias a largo plazo como problemas ambientales y sociales mostrando un acuerdo generalizado (85% y 100%) dando a entender que los estudiantes tienen una visión de largo plazo muy consolidada.

Figura 64

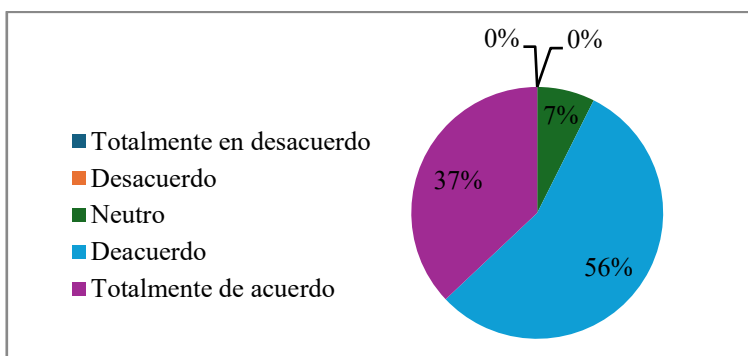
Ítem 23: “Utilizo mis conocimientos de química para evaluar críticamente la información sobre los procesos industriales y ambientales asociados a la tecnología”



Nota. Elaboración propia. Editado mediante Excel.

Figura 65

Ítem 24: “Puedo aplicar lo que sé de química para juzgar si la información que encuentro sobre los procesos industriales de la tecnología es correcta o no”



Nota. Elaboración propia. Editado mediante Excel.

Par 23–24. Los ítems 23 y 24 Figura 64 y 65, muestra como los estudiantes usan conocimientos de química para evaluar críticamente procesos industriales y la información asociada arroja un acuerdo elevado (74,1% y 92,6%). Así los estudiantes asumen a la química como un medio de información para juzgar la calidad de esta misma.

6.3.1.1. Análisis Etapa 4

Con los resultados de este instrumento se constató una progresión cualitativa en la toma de decisiones informadas ya que en la Etapa 2 se muestra una tendencia hacia el nivel intuitivo-emocional con tendencias a delegar responsabilidades a expertos; asimismo, se comprendía un razonamiento justificativo en varios casos dejando un rastro de lo crítico-reflexivo, considerando consecuencias que articulan los saberes científicos y las éticas sobre el impacto ambiental de la IA (Halpern, 2013; Sadler y Zeidler, 2004)

Esta evolución se observa en el contraste de los instrumentos aplicados y es coherente con la unidad didáctica ambientalizada basada en una cuestión socio científica que consideró el impacto ambiental del uso de la inteligencia artificial, diseñada precisamente para realizar una transición de toma de decisiones informadas. Esta transición se ve reflejada ya que los estudiantes pasaron de opiniones sostenidas en impresiones o creencias a decisiones argumentadas con evidencia, haciendo una conexión con contenidos en química y sustentabilidad.

6.3.2. Resultados y análisis de la Etapa 5 y Fase 3

En la etapa 5 se evaluó el diseño microcurricular a partir del enfoque de cuestiones socio científicas mediante una matriz de criterios y presupuestos de Parga (2019). Esta metodología sitúa el propio diseño como instrumento de evaluación ya que la matriz permite estimar el grado de incorporación de principios, categorías y dimensiones de la ambientalización del contenido en la unidad didáctica.

La matriz establecida por Parga (2019), Tabla 2. Criterios y dimensiones de la ambientalización del contenido en ciencias, organiza el análisis en categorías que incluyen los contenidos de enseñanza, los principios de sustentabilidad, enfoques holísticos y complejos, asimismo, la interdisciplinaridad e incertidumbres como la orientación del conocimiento didáctico del contenido.

Bajo este referente el diseño microcurricular o unidad didáctica, centrado en el impacto ambiental de la inteligencia artificial cumple dos funciones primordiales: La primera, quiso ambientalizar los contenidos para la enseñanza de la química con problemas reales y controversiales; la segunda, corresponde al propio diseño que opera como un ambientizador, dado que sus decisiones didácticas se contrastan temáticamente con las categorías del AC, pues según parga (2022) “la AC puede movilizar en los estudiantes el interés por los temas ambientales” (p.126).

Con relación las cuestiones sociocientíficas y toma de decisiones informadas, la implementación de CSC favorece el pensamiento crítico, argumentación y tome decisiones informadas, esto justifica su uso como principio organizador del diseño y por lo tanto de la misma matriz, por ello la articulación de los saberes disciplinares con problemas socioambientales de la IA satisfacen los criterios de contextualización complejidad y gradualidad del AC.

En coherencia con el contenido curricular en química y el AC, se identificó desde los documentos institucionales, en el primer caso el PEI, una AC con un nivel inicial y el organizador y plan de área se centran en un nivel intermedio, el diseño micro curricular buscó superar estas brechas y fortalecer el área disciplinar entre conceptos químicos y la dimensión socioambiental.

En síntesis y bajo los criterios de Parga (2019) la propuesta fue una matriz de criterio de ambientalización, ya que organiza y transforma el contenido al fundamentarlas desde

categorías como la sustentabilidad, la complejidad, el CDC y el diálogo de saberes. Asimismo, traduce dichos criterios en decisiones didácticas concretas propias del CSC y finalmente, ofrece una transición entre una AC de contenido más transversal hacia una más integrada y crítica en química.

7. CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES

Esta investigación buscó analizar cómo la ambientalización del contenido puede ayudar al nivel de toma de decisiones informadas de los estudiantes de 11° grado del I.M.E. Instituto Técnico Industrial de Facatativá a partir del abordaje de una cuestión sociocientífica enfocada en el daño medioambiental producido por la inteligencia artificial. En este contexto y luego del análisis de resultados producto de la implementación se concluye lo siguiente:

7.1. Con respecto al Objetivo específico 1

Con respecto al objetivo específico 1, caracterizar el nivel de toma de decisiones informadas, permitió reconocer una atención clara entre el discurso institucional sobre educación ambiental y lo que realmente logran los estudiantes en términos de TDI. Por un lado, el análisis documental, ya sea de los documentos institucionales o del plan de área de Ciencias evidenció avances hacia una ambientación del contenido de nivel intermedio especialmente cuando se integran enfoques como CTSA, proyectos ambientales y el uso de las metodologías de aprendizaje basado en problemas, posibilitando trabajar las problemáticas socioambientales de manera más explícita en el aula

No obstante, el contrastar este marco institucional con los resultados del documento de caracterización de toma de decisiones informadas se observó, que la mayoría de los estudiantes se ubiquen entre un nivel-intuitivo emocional e intermedio-justificativo.

Generando una comprensión de la IA fuertemente mediada por la cultura popular más que por referentes científicos o técnicos, asimismo, tenían una tendencia a opinar desde la emoción, la preocupación o la ansiedad sin una búsqueda sistemática de información ni contraste de fuentes. Por consiguiente, presentaban dificultades para articular conceptos de química con los impactos socioambientales de la inteligencia artificial, lo que evidencia una fragmentación entre el saber disciplinar y las realidades contemporáneas.

En general, estos hallazgos muestran que, aunque la institución ha avanzado en términos de discurso y lineamientos hacia la ambientalización del contenido, este proceso no

se había articulado de una manera eficaz en la formación de los estudiantes, en términos de toma de decisiones informadas frente a dilemas como el impacto ambiental de la inteligencia artificial. Esta brecha entre el nivel de ambientalización de los documentos y el nivel de razonamiento de los estudiantes justificó la necesidad de una propuesta micro curricular más situada, concreta y orientada explícitamente a la toma de decisiones informadas

7.2. Con respecto al Objetivo específico 2

La implementación de una propuesta microcurricular ambientalizada para fomentar la toma de decisiones informadas, se estructuró bajo la integración de un dilema inicial “¿la IA contamina?” evidenció que la ambientalización del contenido en química cuando se organiza en torno a una CSC pertinente es una vía efectiva para favorecer la TDI.

Las cuatro sesiones que estructuraron la propuesta permitieron una progresión deliberada:

Para la primera sesión, el uso de una línea de tiempo, vídeos y un foro permitió desplazar gradualmente la visión de la IA como simple recurso de ciencia ficción hacia la comprensión de un soporte material es decir centros de datos, consumo energético y el uso de agua y minería. El panel evidencio que los estudiantes empezaron a formular decisiones condicionadas considerando criterios como el uso responsable de los costos ecológicos y las desigualdades territoriales.

En la segunda sesión, se contextualizó la IA en cadenas de extracción de recursos naturales, haciendo visible las afectaciones ecosistemas y comunidades. Aquí, los estudiantes articularon mejor los términos como actores, territorios y consecuencias construyendo argumentos que incorporan ideas como la justicia ambiental, riesgos, sacrificios y los límites del proceso tecnológico.

Para la tercera sesión, se hizo un acercamiento a los estudiantes a procesos químicos concretos relacionados con cobre, permitiendo observar en el laboratorio la recuperación de un metal y su potencial impacto si se dispone inadecuadamente. Aunque los informes se mantuvieran en una gran medida en un plano declarativo, la práctica reforzó el vínculo entre el conceptos químicos y problemas ambientales condición necesaria para una TDI más fundamentada.

En la cuarta sesión, los estudiantes integraron información previa y conceptos nuevos para comunicar de una forma más sintética la huella hídrica y energética de la inteligencia artificial, así como posibles alternativas de mitigación. Esta actividad exige seleccionar información, jerarquizarla y tomar posición lo que refuerza habilidades argumentativas y de comunicación asociadas a la TDI

En general la unidad didáctica actuó como un ambientizador curricular reorganizó los contenidos de química en función de una controversia actual, reafirmó la interna disciplinaria y trabajo explícitamente con la incertidumbre, los conflictos de valores y las tensiones entre desarrollo tecnológico y sustentabilidad ambiental. Esto se alinea con los planteamientos de Parga (2019), sobre la mentalización del contenido como estrategia para articular educación química educación ambiental y formación ciudadana.

7.3.Con respecto al Objetivo específico 3

La comparación final entre los resultados iniciales del cuestionario de caracterización de nivel de toma de decisiones junto al análisis cualitativa de las actividades de los estudiantes, permiten afirmar que la implementación de la unidad didáctica favorece un desplazamiento cualitativo en los niveles de TDI del grupo participante.

En la tapa posterior a la investigación se observaron cambios significativos tales como, la disminución de forma clara de la asociación de la inteligencia artificial exclusivamente con ciencia ficción, permitiendo una comprensión más realista y compleja donde se reconoce sus implicaciones materiales y ambientales. De manera más amplia se redujo la tendencia a pensar en el sacrificio necesario o el costo aceptable de la minería para el progreso tecnológico; los estudiantes mostraron una postura más crítica frente a estos trade-offs, cuestionando que el avance de la IA justifique de manera automática los daños ambientales. Asimismo, creció la capacidad para vincular conceptos de química con el impacto ambiental de la IA, y para usar este conocimiento como criterio al evaluar información sobre tecnologías digitales.

Al final de las intervenciones, los estudiantes muestran una consulta diversa con relación a fuentes de investigación, ayudando a evaluar críticamente sus argumentos, por ende, establecieron conexiones entre la química y los problemas derivados de la IA, utilizando estos saberes al momento de formarse una opinión. Esto indica que el grupo avanzó desde un predominio del nivel intuitivo-emocional hacia un nivel intermedio-

justificativo robusto con unos visos claros de razonamiento crítico-reflexivo en varios estudiantes.

Al evaluar el diseño microcurricular confirma, que la ambientalización del contenido en química movilizaba mediante una CSC pertinente (Parga, 2019) y una secuencia didáctica situada en el contexto, es un camino para fortalecer la TDI en estudiantes, especialmente en los grados avanzados de bachillerato como grado 11, en donde, sus decisiones afectarán su vida cotidiana, su vida educativa y su vida social. Por ello, la toma de decisiones informadas hará resonar su vida ante cualquier dilema presentado en la sociedad. El estudio, de corte cualitativo e inscrito en un paradigma sociocrítico transformó una brecha entre la ciencia escolar y las problemáticas actuales como una oportunidad de aprendizaje con sentido ciudadano.

No obstante, es importante reconocer algunas limitaciones del estudio, esto se debe a que el trabajo se realizó con un solo grupo de estudiantes de una institución específica en un periodo de tiempo acotado, y se apoyó en gran medida en instrumentos de auto reporte. Para ello se recomienda que futuras investigaciones pudieran ampliar la muestra a otros contextos escolares extender la duración de las intervenciones, e incluir otros instrumentos como entrevistas en profundidad, tareas de desempeño auténtico y análisis de argumentación escrita más extensas que permitan seguir afinando la comprensión de cómo se transforma la toma de decisiones informadas en contextos de enseñanza ambientalizada.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abarca Molina, A. (2015). La toma de decisiones: un proceso de aprendizaje. *Revista Educación*, 3(1), 23–32. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/educacion/article/view/18667>
- Alier, M., García-Peñalvo, F., y Camba, J. D. (2024). Generative artificial intelligence in Education: From deceptive to disruptive. *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*, 8(5), 5. <https://doi.org/10.9781/ijimai.2024.02.011>
- Álvarez, B. H. (2024). Educación química y educación en cambio climático. Análisis desde la ambientalización del contenido. *Trabajo de grado*. Repositorio Universidad Pedagógica Nacional, <http://hdl.handle.net/20.500.12209/19979>
- Antonopoulos, I., Robu, V., Couraud, B., Kirli, D., Norbu, S., Kiprakis, A., Flynn, D., Elizondo-Gonzalez, S., y Wattam, S. (2020). *Artificial intelligence and machine learning approaches to energy demand-side response: A systematic review*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 130, 109899. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109899>
- Bernate, J., y Guativa, J. a. V. (2020). Desafíos y tendencias del siglo XXI en la educación superior. *Revista de ciencias sociales*, 26, número extra-2, 141-154. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7599937>
- Blanco Bejarano, J. J. (14 de febrero de 2024). *La Evolución de la Inteligencia Artificial: Cómo ha Avanzado a lo largo del Tiempo*. <https://universo-ia.com/como-ha-evolucionado-la-inteligencia-artificial/>
- Cámara Colombiana de Informática y Telecomunicaciones. (2022, April 5). *El Marco Ético para la Inteligencia Artificial en Colombia: una oportunidad para implementar proyectos de IA que beneficien a toda la ciudadanía*. Cámara Colombiana de Informática y Telecomunicaciones, CCIT. <https://www.ccit.org.co/articulos-tictac/el-marco-etico-para-la-inteligencia-artificial-en-colombia-una-oportunidad-para-implementar-proyectos-de-ia-que-beneficien-a-toda-la-ciudadania/>
- Carvajal Chalarca, G. I., y Valencia González, G. C. (2016). Toma de decisiones en el aula escolar. *Plumilla Educativa*, 17(1), pp. 69-89. <https://doi.org/10.30554/plumillaedu.17.1750.2016>
- Castillo, M. J. B., y Merchán, N. Y. T. (2009). Caracterización de habilidades de pensamiento crítico en estudiantes de educación media a través del test HCTAES. *Zona próxima: revista del Instituto de Idiomas de la Universidad del Norte (Barranquilla, Colombia)*, (11), 66-85.
- Castro González P. A, Carrión Pérez, D. C. (2014). Propuesta de un Diseño Curricular desde las Cuestiones Sociocientíficas. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (Extra). <https://doi.org/10.17227/01203916.3190>

- Christensen, DV, Dittmann, R., Linares-Barranco, B., Sebastian, A., Le Gallo, M., Redaelli, A., ... y Pryds, N. (2022). Hoja de ruta 2022 sobre computación e ingeniería neuromórficas. *Neuromorphic Computing and Engineering*, 2 (2), 022501. Murtaza Consejo Nacional de Política Económica y Social Republica de Colombia (CONPES) 3975. (2019). Política Nacional para la Transformación Digital e Inteligencia Artificial. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3975.pdf>
- Corvalán, J. G. (2018). Inteligencia artificial: retos, desafíos y oportunidades – Prometea: la primera inteligencia artificial de Latinoamérica al servicio de la Justicia. *Revista De Investigações Constitucionais*, 5(1), 295. <https://doi.org/10.5380/rinc.v5i1.55334>
- Coya, M. (2001). La ambientalización de la Universidad. [Tesis doctoral. Universidad de Santiago de Compostela]. <https://www.cervantesvirtual.com/nd/ark:/59851/bmc1n808>
- Delgado de Frutos, N., Campo-Carrasco, L., Sainz de la Maza, M. y Extabe-Urbieto, J.M. (2024). Aplicación de la Inteligencia Artificial (IA) en Educación: Los beneficios y limitaciones de la IA percibidos por el profesorado de educación primaria, educación secundaria y educación superior. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 27(1), 207-224.
- Dempere, J., Modugu, K., Hesham, A., y Ramasamy, L. K. (2023). The impact of ChatGPT on higher education. *Frontiers in Education*, Vol. 8, p. 1-13. <https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1206936>
- Domenico Camastra, F., y González Vallejo, R. (2025). Inteligencia artificial, sostenibilidad e impacto ambiental. Un estudio narrativo y bibliométrico. *Región Científica*, Vol. 4 Núm. 1, 17. <https://doi.org/10.58763/rc2025355>
- Erazo, Y. F. C., y Gómez, D. A. R. (2020). Las cuestiones sociocientíficas (CSC) como estrategia para el desarrollo de habilidades del pensamiento crítico con estudiantes de la licenciatura en ciencias naturales y educación ambiental de la universidad del Cauca. *Revista Electrónica Educyt*, 1(2), <https://die.udistrital.edu.co/revistas/index.php/educyt/article/view/56>
- Escobar Vilá, Andrea, Sánchez, Diego, Escandón, Juan Camilo, y Rios, Belky. (2023). Toma de decisiones en la educación: el llamado a la acción de la evidencia. *Análisis Político*, 36(107), 35-52. Epub February 13, 2024. <https://doi.org/10.15446/anpol.v36n107.112543>
- Ewim, D. R. E., Ninduwezuor-Ehiobu, N., Orikpete, O. F., Egbokhaebho, B. A., Fawole, A. A., y Onunka, C. (2023). Impact of data centers on climate Change: A review of Energy Efficient Strategies. *The Journal of Engineering and Exact Sciences*, 9(6), 16397–01e. <https://doi.org/10.18540/jcecvl9iss6pp16397-01e>
- Ezquerro Quintana, G., y Gil Mateos, J. (2017). Los procesos de ambientalización en las universidades: el recuento necesario para emprender nuevos caminos. *Alternativas*, 18(2), 11–25. <https://doi.org/10.23878/alternativas.v18i2.182>

- Fundación Latinoamericana. (2024). Inteligencia artificial, impacto ambiental negativo – Fundal – *Fundación Latinoamericana*. <https://fundal.org/inteligencia-artificial-impacto-ambiental-negativo/>
- García Vallinas, E. (1997). La toma de decisiones en el aula de Educación Primaria y sus implicaciones para el profesor y para los alumnos. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 1(0).
- García, M. (2020). Perfiles y características de la toma de decisiones en estudiantes de secundaria. *RELIEVE - Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa*, 26(1). <https://revistaseug.ugr.es/index.php/RELIEVE/article/view/21421>
- Garza, J. F. D., Zurita, J. D. A., y Villarreal, J. C. M. (2024). Análisis bibliométrico de la Inteligencia Artificial como herramienta en la enseñanza en la Educación Superior. *LATAM Revista Latinoamericana De Ciencias Sociales y Humanidades*, 5(6). <https://doi.org/10.56712/latam.v5i6.2997>
- Garzón, N. A. (2022). Diseño y validación de un instrumento que indaga sobre la incidencia de la historia y la filosofía de la química en las concepciones de enseñanza y aprendizaje de la química de profesores en formación inicial. *Trabajo de grado*. Repositorio Universidad Pedagógica Nacional, <http://hdl.handle.net/20.500.12209/18318>
- Halpern, D. F. (2013). *Thought and Knowledge: An Introduction to Critical Thinking* (5.^a ed.). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. https://ia801301.us.archive.org/9/items/Thought_and_Knowledge_An_Introduction_to_Critical_Thinking_by_Diane_F._Halpern/Thought_and_Knowledge_An_Introduction_to_Critical_Thinking_by_Diane_F._Halpern.pdf
- Hernández -Sampieri, R. y Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Editorial Mc Graw Hill Education, 5, 714 p.
- Herrera, R. (2013). De la crisis a la ambientalización curricular. La trayectoria de la sustentabilidad. *Revista Electrónica Visión Educativa IUNAES*, 7(15), 46-55. <https://1library.co/document/ky64jn7q-revista-electronica-vision-educativaiunaes.html>
- Hidalgo, C. (2021). Factores metodológicos para la ambientalización curricular universitaria. *Revista Contemporânea de Educação*, 16(35), 181-209 <https://revistas.ufrj.br/index.php/rce/article/view/42758/pdf>
- Holguín Loor, R. G., Navarrete Mora, S. V., y Delgado Párraga, J. G. (2024). Integración de la Inteligencia Artificial en la Educación Universitaria: *Avances, Desafíos y Perspectivas*. *Dominio De Las Ciencias*, 10(3), 1677–1696. <https://doi.org/10.23857/dc.v10i3.4002>
- Holmes, W., Hui, Z., Miao, F., y Ronghuai, H. (2021). *Inteligencia artificial y educación: Guía para las personas a cargo de formular políticas*. UNESCO Publishing.
- Huertas, E. A. (2020). Una relación conceptual entre filosofía e inteligencia artificial: ¿Deberían tener empatía los robots asistenciales? *Trabajo de grado*. Repositorio Universidad Pedagógica Nacional, <http://hdl.handle.net/20.500.12209/12531>

- Izquierdo, M. (2004). Un nuevo enfoque de la enseñanza de la química: contextualizar y modelizar. *The journal of the Argentine chemical Society*, 115- 136.
- Jiménez Gutiérrez, Y. P., y Cristancho Chinome, J. R. (2021). *ambientalización curricular: una exploración en la consciencia ambiental. Ingeniería Investigación y Desarrollo*, 20(2), 109–123. <https://doi.org/10.19053/1900771X.v20.n2.2020.13392>
- Kabudi, T., Pappas, I., y Olsen, D. H. (2021). AI-enabled adaptive learning systems: A systematic mapping of the literature. *Computers and education: Artificial intelligence*, 2, 100017.
- Kitzmann, D. I. S. (2007). Ambientalização de espaços educativos: aproximações conceituais e metodológicas. *REMEA - Revista Eletrônica Do Mestrado Em Educação Ambiental*, 18. <https://doi.org/10.14295/remea.v18i0.3588>
- Krippendorff, K. (1990). *Metodología de análisis de contenido. Teoría y práctica*. Paidós comunicación.
- Lacolla, L. (2024). Enseñanza de las Ciencias en contexto: reflexiones y ejemplos de Enseñanza de Química con enfoque Química-Tecnología-Sociedad (QTS). *Educación Química*, 35(1), 135–147. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2024.1.85824>
- Li, P., Yang, J., Islam, M. A., y Ren, S. (2023, April 6). Making AI Less “Thirsty”: Uncovering and addressing the secret water footprint of AI models. *Computer Science*, <https://doi.org/10.48550/arXiv.2304.03271>
- Lin, S., Liu, S., y Hsu, Y. (2024). Comprehensive Exploration of Science Education Research within Socioscientific Contexts in Taiwan: Examining Curriculum Reform, Research Status, Reflections and Implications. In *Contemporary trends and issues in science education* (pp. 333–354). https://doi.org/10.1007/978-3-031-63382-9_18
- López Aymes, G. (2012). Pensamiento crítico en el aula. *Docencia e Investigación*. 37(22), 41-60. <https://uogestiondelaprendizaje.wordpress.com/wp-content/uploads/2015/03/5-pensamiento-critico-en-el-aula.pdf>
- Martínez, L.F. (2014). Cuestiones sociocientíficas en la formación de profesores de ciencias: aportes y desafíos. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (36), 77-94. <https://doi.org/10.17227/01213814.36ted77.94>
- Martínez-Aznar, J., Sevillano, G. C., y Sánchez-León, N. (2022). Alfabetización ambiental y crisis ecosocial: diseño y validación de un cuestionario para 4º de ESO. *Revista De Investigación En Educación*, 20(2), 257–273. <https://doi.org/10.35869/reined.v20i2.4229>
- Martín Castillo, L. (2016). Resultados del programa Rectores Líderes Transformadores en el desarrollo de competencias de los participantes de las instituciones educativas departamentales (IED) de Cundinamarca. <http://hdl.handle.net/1992/13701>
- Martínez, L.F. y Parga, D.L. (2013). *Discurso ético y ambiental sobre cuestiones sociocientíficas: aportes para la formación del profesorado*. Editorial Universidad Pedagógica Nacional, <http://hdl.handle.net/20.500.12209/3433>

- Matarredona, J. S. (2013). Contribución de las cuestiones sociocientíficas al desarrollo del pensamiento crítico (I): Introducción. *Revistas. Universidad de Cádiz*. 10(1), 1-10, <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/2791>
- McConnell, M. C. (1982). Teaching about science, technology and society at the secondary school level in the United States: an education dilemma for the 1980s. *Studies in Science Education*, 9, p.1-32.
- Merchán, N. Y. T. (2011). El abordaje de situaciones contextuales para la solución de problemas y la toma de decisiones. *Zona próxima*, 14, 126-141. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6398324>
- Merchán, N. Y. T. (2011). Influencia de las disposiciones en el desarrollo del pensamiento crítico y el aprendizaje de las Ciencias Naturales. *Educación Em Revista*, 41, 247–259. <https://doi.org/10.1590/s0104-40602011000300016>
- Merchán, N. Y. T., Benavides, E. Y. P., y Valderrama, D. A. (2023). Abordaje de Cuestiones Socio-científicas en Colombia: Revisión Sistemática 2010-2020. *Zona Próxima*, 39, 5–33. <https://doi.org/10.14482/zp.39.611.456>
- Ministerio de Educación Nacional (MEN). (2017). *Derechos básicos de aprendizaje*. Bogotá: MEN. <http://colombiaaprende.edu.co/html/micrositios/1752/articles>
- Ministerio de Educación Nacional (MEN) (2024). *Informe de gestión 2024*. https://www.mineducacion.gov.co/1780/articles-385377_recurso_29.pdf
- Molano Niño Alba Carolina, Herrera Romero Juan Francisco. LA FORMACIÓN AMBIENTAL EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR: UNA REVISIÓN NECESARIA. Luna Azul [Internet]. 2014 Dec [ccited 2025 Oct 02; (3(39 186-206. Available from: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-24742014000200012&lng=en.
- Montoya Ocampo, L. (2022). Las cuestiones socio-científicas (CSC) y sus aportes a la educación en ciencias naturales en Colombia: un estado del arte. Trabajo de grado [maestría]. Repositorio Universidad de Antioquia. <http://hdl.handle.net/10495/25365>
- Morron, M. (2023, March 6). *La ética y privacidad en la educación impulsada por la Inteligencia Artificial*. <https://es.linkedin.com/pulse/la-%C3%A9tica-y-privacidad-en-educaci%C3%B3n-impulsada-por-miriam-morron>
- Narvaez, D., y Rest, J. (1995). Los cuatro componentes del acto moral. *Conducta moral y desarrollo moral: una introducción*, 1 (1), 385-400.
- Ospina Rave, B.E., Sandoval, JD, Aristizábal Botero, C.A. y Ramírez Gómez, M.C. (2005). La escala de Likert en la valoración de los conocimientos y las actitudes de los profesionales de enfermería en el cuidado de la salud. Antioquia, 2003. *Investigación y Educación en Enfermería*, XXIII (1), 14-29.
- Parga, D. L. (2019). Conhecimento didático do conteúdo ambientalizado na formação inicial do professor de química na Colômbia. *Tesis doctoral*. Repositorio Universidad Estadual Paulista, <http://hdl.handle.net/11449/190931>

- Parga, D. L. (2022). Del CTSA educativo a la ambientalización del contenido y la formación ciudadana ambiental. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad - CTS*, 17(51), 117-140. <https://ojs.revistacts.net/index.php/CTS/article/view/322>
- 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. En 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. Editorial Universidad Pedagógica Nacional. <http://hdl.handle.net/20.500.12209/19575>
- Parga, D. L., y 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
- Pérez, Aridio, Céspedes, Carlos, Almonte, Isidro, Sotomayor Ramírez, David, Cruz, Cesar Edmundo, y Núñez, Pedro Antonio. (2012). Evaluación de la calidad del suelo explotado para la minería después de diferentes sistemas de manejo. *Terra Latinoamericana*, 30(3), 201-211. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792012000300201&lng=es&tlng=es.
- Piaget, J. (1972). Intellectual Evolution from Adolescence to Adulthood. *Human Development*, 15(1), 1–12. <https://doi.org/10.1159/000271225>
- Pinta, C. D. (2024). Ambientalización curricular para la alfabetización científica ambiental de un grupo de estudiantes de décimo grado. *Trabajo de grado* (maestría en docencia de la química). Repositorio Universidad Pedagógica Nacional, <http://hdl.handle.net/20.500.12209/20948>.
- Pinzón, D. A. (2022). Ambientalización de los contenidos digitales de química y educación ambiental de los grados 6 a 11 en la plataforma Colombia Aprende. *Trabajo de grado* (maestría en docencia de la química). Repositorio Universidad Pedagógica Nacional, <http://hdl.handle.net/20.500.12209/18296>
- Piñeros, G. Y. (2015). *Caracterización de los contenidos curriculares contextualizados para la enseñanza de la Química. Trabajo de grado* (maestría en docencia de la química). Repositorio Universidad Pedagógica Nacional. <http://hdl.handle.net/20.500.12209/268>.
- Quintero, L. X., Sotelo, M. E. y Riaño, O. F. (2022). Ambientalización curricular para la ciudadanía y sustentabilidad ambiental. Análisis de criterios desde la Licenciatura en Química. *Trabajo de grado* (licenciatura en química). *Trabajo de grado* (licenciatura en química). Repositorio Universidad Pedagógica Nacional, <http://hdl.handle.net/20.500.12209/17869>.
- Ramírez, A. I. (2019). Futuro sonoro. Aproximación teórica emergente transdisciplinar al futuro de la música a partir de la aplicación de inteligencia artificial evolutiva hacia nuevos campos sonoros de creación abierta en el marco de las ciencias de la

- complejidad. *Trabajo de grado* (licenciatura en música). Repositorio Universidad Pedagógica Nacional, <http://hdl.handle.net/20.500.12209/9490>
- Rest, J.R., y Narvez, D. (Eds.). (1994). *Moral Development in the Professions: Psychology and Applied Ethics* (1st ed.). Psychology Press. <https://doi.org/10.4324/9781410601162>
- Rodríguez, J. (11 de octubre de 2024). El consumo mundial de electricidad de los centros de datos se duplicará en 2026, según un informe de la AIE. <https://ielektro.es/2024/10/11/consumo-mundial-electricidad-centros-datos-duplicara-en-2026-segun-un-informe-de-la-aie/#:~:text=El%20informe%20anual%20sobre%20electricidad,el%20peor%20de%20los%20casos.>
- Rojas, Ó. a. V., y Pineda, A. a. L. (2016). De la educación ambiental hacia la configuración de redes de sostenibilidad en Colombia. *Perfiles Educativos*, 38(151), 175–187. <https://doi.org/10.22201/iisue.24486167e.2016.151.54923>
- Ros, A. C. (2006). Retos del currículum de química en la educación secundaria. La selección y contextualización de los contenidos de química en los currículos de Inglaterra, Portugal, Francia y España. *Educación Química*, 17(4e), 195-208.
- Russell, S., y Norvig, P. (2021). *Artificial intelligence: A modern approach* (4th ed.). Pearson. http://lib.ysu.am/disciplines_bk/efdd4d1d4c2087fe1cbe03d9ced67f34.pdf
- Sandín Esteban, Mª. (2003). *Investigación cualitativa en Educación. Fundamentos y Tradiciones*. McGrawHill.
- Sadler, T. D., y Zeidler, D. L. (2004). Patterns of informal reasoning in the context of socioscientific decision making. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(1), 112–138. <https://doi.org/10.1002/tea.20042>
- Sánchez, Z. L. (2024). Aproximaciones a la inteligencia artificial como herramienta educativa para el abordaje de la contaminación con estudiantes de grado 11 del colegio Cafam. *Trabajo de grado* (licenciatura en biología). Repositorio Universidad Pedagógica Nacional, <http://hdl.handle.net/20.500.12209/20531>
- Solbes, Jordi. (2019). Cuestiones socio-científicas y pensamiento crítico: Una propuesta para cuestionar las pseudociencias. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (46), 81-99. <https://doi.org/10.17227/ted.num46-10541>
- Strubell, E., Ganesh, A. y McCallum, A. (abril de 2020). Consideraciones energéticas y políticas para la investigación moderna en aprendizaje profundo. En *Actas de la conferencia AAAI sobre inteligencia artificial* (Vol. 34, No. 09, págs. 13693-13696).
- Torres M. Nidia Y., Pedreros B. Eliana Y., Y Valderrama, Daniel A. (2023). Abordaje de cuestiones sociocientíficas en Colombia: Una revisión sistemática 2010-2020. *Zona Próxima*, (39), 5-33. <https://doi.org/10.14482/zp.39.611.456>
- Torres Nabel, LC, Beltrán Ibarra, Á., Martínez Favela, FC, & Aguayo Álvarez, Z. (2009). Análisis curricular del bachillerato general por competencias de la Universidad de Guadalajara: Un enfoque desde la teoría de redes. *Investigación y Postgrado*, 24 (3), 115-140.

- United Nations Environment Programme. (2024). *La IA plantea problemas ambientales. Esto es lo que el mundo puede hacer al respecto*. UNEP. <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/la-ia-plantea-problemas-ambientales-esto-es-lo-que-el-mundo-puede>
- United Nations Environment Programme, y International Science Council (2024). *Navigating New Horizons: A global foresight report on planetary health and human wellbeing*. <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/45890>
- Van Wynsberghe, A. (2021). Sustainable AI: AI for sustainability and the sustainability of AI. *AI and Ethics*, 1(3), 213–218. <https://link.springer.com/article/10.1007/s43681-021-00043-6>
- Vargas-Murillo, D., Pari-Bedoya, J. A., y Guevara-Soto, C. (2023). Challenges and opportunities of AI-assisted learning: A systematic literature review on the impact of ChatGPT usage in higher education. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 22(3), 45–62. <https://ijlter.org/index.php/ijlter/article/view/7921/pdf>
- Vilá, A. E., Sánchez, D., Escandón, J. C., y Rios, B. (2024). Toma de decisiones en la educación: el llamado a la acción de la evidencia. *Análisis Político*, 36(107), 35–52. <https://doi.org/10.15446/anpol.v36n107.112543>
- Vitola-Quintero, M., Ballestas-Campo, N., Pérez-Cerro, J., y Forbes-Santiago, R. (2024). Implicaciones Éticas, Sociales y Ambientales de la Inteligencia Artificial para el Desarrollo Sostenible: Una Revisión de la Literatura. *Revista Científica Anfibios*, 7(1), 72-81. <https://doi.org/10.37979/afb.2024v7n1.148>
- Vilches, Amparo, y Gil Pérez, Daniel. (2011). Papel de la Química y su enseñanza en la construcción de un futuro sostenible. *Educación química*, 22(2), 90-102. <https://www.scielo.org.mx/pdf/eq/v22n2/v22n2a3.pdf>
- Wamba, S. F., Bawack, R. E., Guthrie, C., Queiroz, M. M., y Carillo, K. D. A. (2020). Are we preparing for a good AI society? A bibliometric review and research agenda. *Technological Forecasting and Social Change*, 164, 120482. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120482>
- Wales, C. E., y Nardi, A. (1984). Successful decision-making. *Morgantown, WV: Center for Guided Design*. https://files.ascd.org/staticfiles/ascd/pdf/journals/ed_lead/el_198605_wales.pdf

9. Anexos

Anexo 1 Instrumento 1. Caracterización de contenido

Instrumento 1. CARACTERIZACIÓN DE DOCUMENTOS INSTITUCIONALES

El principal objetivo de esta prueba es Identificar y analizar los elementos fundamentales presentes en documentos institucionales para evaluar su coherencia, pertinencia y alineación con los propósitos educativos y normativos.

Nombre del documento: _____

Institución a la que pertenece: _____

Año de elaboración o última actualización: _____

Autor(es) o responsables de la redacción: _____

Tipo de documento (PEI, plan de área, proyecto, reglamento, etc.):

Nivel educativo al que aplica (preescolar, básica, media, superior): _____

Indicaciones

Este documento tiene un carácter de diagnóstico sobre un documento institucional. Para las siguientes preguntas, indique con una X, en la opción que más se ajuste frente a lo planteado allí. Marque una sola opción según la escala:

Escala.

- 1 = No cumple
- 2 = Cumple insatisfactoriamente
- 3 = Cumple parcialmente
- 4 = Cumple adecuadamente
- 5 = Cumple satisfactoriamente

Categorías	N.º	Ítem	Valoración				
			1	2	3	4	5
Identificación general	1	El documento presenta nombre, año de elaboración/actualización y responsables					
	2	Refleja las características de la institución (nivel educativo, población, ubicación)					

	3	El documento evidencia revisiones periódicas y vigencia actual					
	4	El lenguaje es claro y comprensible para la comunidad educativa					
	5	El documento responde a las necesidades y particularidades de la institución					
Marco normativo	6	El documento incluye leyes, decretos y lineamientos del MEN aplicables					
	7	¿Existe correspondencia entre los referentes legales y las políticas institucionales					
	8	¿Están claramente definidas y articuladas a la normativa educativa?					
	9	¿Se describen de forma explícita y coherente con la práctica educativa?					
	10	¿Se evidencia un marco filosófico alineado con las necesidades sociales y normativas?					
Dimensión pedagógica	11	El documento explicita el modelo pedagógico adoptado por la institución					
	12	¿La organización curricular se articula con el contexto sociocultural de los estudiantes?					
	16	¿Se incluyen competencias básicas, ciudadanas y laborales en la propuesta educativa?					
	14	¿Se presentan estrategias y criterios de evaluación claros y aplicables?					
	15	¿Se promueven prácticas pedagógicas innovadoras y contextualizadas?					
Dimensión administrativa	16	El documento presenta la organización institucional y funciones claramente definidas					
	17	¿Los cargos y funciones están bien distribuidos y documentados?					
	18	¿Se evidencian procesos claros de planeación, seguimiento y evaluación?					
	19	¿Se mencionan y describen los recursos de infraestructura y tecnología disponibles?					
	20	¿Se reconocen estrategias para la formación y gestión del personal docente y administrativo?					
Dimensión socioambiental	21	El documento contempla políticas para poblaciones con discapacidad, género y diversidad cultural					
	22	¿Se plantean estrategias de igualdad de oportunidades en el acceso y permanencia escolar?					
	23	¿Se considera el contexto rural/urbano y la diversidad de los estudiantes?					
	24	¿Se incluyen proyectos o estrategias de educación ambiental y sostenibilidad?					
	25	El documento articula valores éticos con prácticas de cuidado ambiental y social					

Dimensión comunitaria	21	¿Se establecen mecanismos de participación de los estudiantes en decisiones institucionales?						
	22	El documento define estrategias claras para la vinculación de padres y docentes						
	23	¿Existen canales formales de comunicación entre institución y comunidad?						
	24	El documento plantea acciones o proyectos con impacto en la comunidad externa						
	25	¿Se incluyen convenios o articulaciones con entidades externas para el fortalecimiento institucional?						

Observaciones adicionales

Referencias bibliográficas

- Campos Nava, M., y Ramírez Díaz, M. H. (2019). Diseño de un instrumento para caracterizar el conocimiento didáctico del contenido en profesores de física sobre un tópico específico. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 14(2), 340–359. <https://doi.org/10.14483/23464712.13900>
- Galeano Marín María E, (). Estrategias de investigación social cualitativa El giro en la mirada. *Capítulo 4, Investigación documental: la construcción de conocimiento desde la cultura material*.

Anexo 2 Instrumento 2. Toma de decisiones frente a dilemas ambientales-tecnológicos

Instrumento 2. Toma de decisiones frente a dilemas ambientales-tecnológicos

El principal objetivo de esta prueba es identificar el nivel de toma de decisiones de los estudiantes, ante situaciones que involucren problemas ambientales y tecnológicos.

Nombre: _____

Grado: _____

Indicaciones

Estimado estudiante, agradecemos ante todo, su apoyo en las respuesta del presente instrumento. Este solo tiene carácter de diagnóstico, sus datos son confidenciales y serán usados solo para esta investigación.

Para las siguientes afirmaciones, indique con una X, en la opción que más se ajuste a su forma de pensar y experiencias vividas, frente a lo planteado allí. Marque una sola opción según la escala:

Escala. 1 = Totalmente en desacuerdo; 2 = En desacuerdo; 3 = Ni de acuerdo ni en desacuerdo; 4 = De acuerdo; 5 = Totalmente de acuerdo.

N.º	Ítem	Valoración				
		1	2	3	4	5
Intuitivo o Emocional	1	Cuando escucho hablar sobre inteligencia artificial (IA), mi primera reacción es pensar en películas de ciencia ficción.				
	2	Mi comprensión inicial de la IA proviene más de la cultura popular que de información técnica o académica.				
	3	Si una noticia sobre un problema ambiental de la IA me genera preocupación, me basta con ese sentimiento para formarme una opinión.				
	4	No necesito buscar datos o hechos adicionales si un problema ambiental de la IA ya me ha afectado emocionalmente.				
	5	Prefiero no pensar mucho en los problemas ambientales que causa la tecnología, ya que me generan ansiedad.				
	6	Evito informarme sobre los efectos negativos de la tecnología porque prefiero no sentirme abrumado				
	7	Creo que los expertos o el gobierno son los únicos que deben tomar decisiones sobre el uso de la IA y sus consecuencias.				
	8	Considero que la responsabilidad de regular la IA y sus consecuencias es exclusiva de las figuras de autoridad (científicos, políticos).				
Intermedio o Justificativo	9	Sé que la inteligencia artificial consume energía, pero no tengo claro cómo eso afecta el medio ambiente.				
	10	Aunque conozco un efecto de la IA (el consumo de energía), me falta información para entender completamente su impacto ambiental.				

	11	Entiendo que la extracción de minerales (litio, cobalto) para la IA tiene un impacto, pero creo que es un costo necesario para el progreso.					
	12	El impacto ambiental de la minería de minerales es un sacrificio aceptable a cambio del avance tecnológico.					
	13	Puedo mencionar algunos impactos ambientales de la IA, pero no sé cómo la química interviene en esos procesos.					
	14	Mi conocimiento de la química no me permite comprender el rol de los procesos químicos en la contaminación del agua por la IA.					
	15	Creo que la solución a los problemas ambientales de la IA es responsabilidad de las grandes empresas o de los científicos, no mía.					
	16	No creo que mi rol como ciudadano incluya la responsabilidad de buscar soluciones para los problemas ambientales de la IA.					
Crítico-reflexivo	17	Cuando me enfrento a una cuestión social vista desde el punto científico, busco activamente diversas fuentes de información y analizo sus argumentos.					
	18	No me conformo con una sola fuente de información; evalúo críticamente diferentes puntos de vista antes de opinar.					
	19	Soy capaz de explicar cómo procesos químicos específicos (ej., minería de litio) están directamente relacionados con el impacto ambiental de la IA.					
	20	Puedo establecer una conexión directa entre los conceptos de química que he aprendido y el impacto ambiental de tecnologías como la IA.					
	21	Al tomar una decisión sobre el uso de la IA, considero no solo los beneficios, sino también las consecuencias a largo plazo para el medio ambiente y la sociedad.					
	22	No me limito a considerar los beneficios; también analizo las consecuencias a largo plazo para el medio ambiente y la sociedad.					
	23	Utilizo mis conocimientos de química para evaluar críticamente la información sobre los procesos industriales y ambientales asociados a la tecnología.					
	24	Puedo aplicar lo que sé de química para juzgar si la información que encuentro sobre los procesos industriales de la tecnología es correcta o no.					

Referencias bibliográficas

- Abarca Molina, A. (2015). La toma de decisiones: un proceso de aprendizaje. *Revista Educación*, 3(1), 23–32.
- Carvajal Chalarca, G. I., y Valencia González, G. C. (2016). Toma de decisiones en el aula escolar. *Plumilla Educativa*, 17(1), pp. 69-89. <https://doi.org/10.30554/plumillaedu.17.1750.2016>
- Escobar-Pérez, J., y Cuervo-Martínez, Á. (2008). Validez de contenido y juicio de expertos: una aproximación a su utilización. *Avances en medición*, 6(1), 27-36.
- García Vallinas, E. (1997). La toma de decisiones en el aula de Educación Primaria y sus implicaciones para el profesor y para los alumnos. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 1(0).
- García, M. (2020). Perfiles y características de la toma de decisiones en estudiantes de secundaria. *RELIEVE - Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa*, 26(1). <https://revistaseug.ugr.es/index.php/RELIEVE/article/view/21421>
- Halpern, D. F. (2003). *Thought and Knowledge: An Introduction to Critical Thinking* (5.^a ed.). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. https://ia801301.us.archive.org/9/items/Thought_and_Knowledge_An_Introduction_to_Critical_Thinking_by_Diane_F._Halpern/Thought_and_Knowledge_An_Introduction_to_Critical_Thinking_by_Diane_F._Halpern.pdf
- Sadler, T. D., y Zeidler, D. L. (2004). Patterns of informal reasoning in the context of socioscientific decision making. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(1), 112–138. <https://doi.org/10.1002/tea.20042>

Instrumento 2. Unidad Didáctica

INTELIGENCIA ARTIFICIAL

*¿Progreso o amenaza ambiental
invisible?*

Guía para profesores

TABLA DE CONTENIDO

1. Introducción	2
2. Objetivo general	3
2.1. Objetivos específicos	3
3. Actividades	3
3.1. Fase 2: Actividades para los estudiantes	3
Sesión 2:	3
Sesión 3: Estudios de casos	5
Sesión 4: Experimento: reacciones redox simuladas.....	9
Sesión 5: Construcción de una infografía: IA y medioambiente.	12
4. Conclusiones.....	15
5. Glosario	15
6. Referencias bibliográficas	16



1. Introducción

La presente unidad didáctica denominada “Inteligencia artificial: ¿progreso o amenaza ambiental invisible?” se orienta a enseñar a los estudiantes de grado once del Instituto Técnico Industrial de Facatativá sobre el impacto ambiental derivado del uso y entrenamiento de la inteligencia artificial (IA), con el fin de fortalecer su capacidad de toma de decisiones informadas frente a dilemas ambientales y tecnológicos.

El proceso se desarrollará durante cinco sesiones de dos horas en el mes de septiembre de 2025, estructuradas en actividades secuenciales que incluyen: una prueba de entrada o diagnóstico para identificar los saberes previos; la presentación de un dilema ambiental-tecnológico; un estudio de caso donde se analicen evidencias y posturas; un experimento/laboratorio para vivenciar el impacto energético de los sistemas digitales; la construcción de una infografía a partir de una noticia; y finalmente, una prueba de salida o evaluación que permita valorar los avances en la toma de decisiones.

Desde una perspectiva ética, Terrones (2022) advierte que el desarrollo de la IA no debe limitarse a un enfoque de privacidad o sesgo, sino que debe incluir el reconocimiento de su huella ambiental y del ecosistema como actor relevante (Piedra, 2024). Estudios recientes señalan que el entrenamiento de modelos de IA a gran escala demanda un consumo energético elevado, que se traduce en altas emisiones de carbono y uso intensivo de agua, alcanzando hasta 700.000 litros en algunos centros de datos (Li et al., 2023).

En el ámbito educativo, la IA ofrece posibilidades de transformación al optimizar procesos de retroalimentación, evaluación y personalización del aprendizaje (Choez, 2024). Ávalos (2024) encontró que su implementación en retroalimentación académica disminuyó los tiempos de calificación y aumentó la satisfacción estudiantil, mientras que Castillo (2023) evidenció que tanto docentes como estudiantes emplean herramientas generativas como apoyo didáctico, reconociendo la necesidad de una reflexión crítica y regulaciones éticas.

En consecuencia, esta unidad no solo busca que los estudiantes comprendan el impacto ambiental real de la inteligencia artificial, sino también que aprendan a evaluar información, argumentar y tomar decisiones responsables frente al uso ético y sustentable de esta tecnología en la sociedad contemporánea.



2. Objetivo general

Fortalecer la toma de decisiones informadas (TDI) en estudiantes de grado undécimo del Instituto Técnico Industrial de Facatativá (ITIF) frente al impacto ambiental de la inteligencia artificial, a través de un enfoque basado en el análisis de cuestiones socio-científicas abordadas desde la educación química.

2.1. Objetivos específicos

- Fortalecer conocimientos sobre los procesos químicos implicados en la producción de tecnologías asociadas a la IA (minería, refrigeración, energía).
- Desarrollar actividades experimentales y argumentativas que conecten saberes químicos con problemáticas ambientales en donde subyace la inteligencia artificial.

3. Actividades

3.1. Fase 2: Actividades para los estudiantes

Sesión 2. Presentación del dilema: "¿La IA contamina?"

Actividad destinada (2 hora)	Durante la segunda sesión se dará una charla informativa por parte del docente sobre temas como el uso de la inteligencia artificial y su impacto ambiental.
Objetivo	Analizar los dilemas y problemas ambientales que surgen del uso y abuso de la inteligencia artificial, a través de la contextualización de estos desafíos, para fomentar el análisis y la toma de decisión en los estudiantes.
Contenido	Los temas específicos abordados se centrarán en la perspectiva ambiental de la IA, incluyendo: • Alto consumo energético de los centros de datos. • Contaminación de fuentes hídricas a causa de los procesos de refrigeración. • Impacto en el suelo y contaminación derivada de la extracción de minerales (litio, cobalto, tierras raras) para la fabricación de componentes de la IA.
Recurso	• Un video corto, sobre el impacto ambiental de la IA. • Una presentación (diapositivas) donde se evidencia a profundidad el dilema ambiental.
Evaluación	Se realizará una evaluación formativa a partir de la participación de los estudiantes en la discusión posterior al video y a la presentación. Observará su capacidad para plantear preguntas,



Momento 1

Diapositivas informativas (Doble click).

conectar el contenido con sus conocimientos previos y expresar opiniones iniciales sobre los dilemas presentados.

EL DILEMA AMBIENTAL DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

¿La IA contamina o no?

Momento 2.

- **Título del video:** Inteligencia artificial: el costo climático oculto.



Inteligencia artificial: el costo climático oculto
426 K visualizaciones · hace 1 año
DW Español
Empresas y comunidades científicas están usando cada vez más la inteligencia artificial para reducir ...
4 capítulos Inteligencia artificial: el costo climático oculto | La IA puede...

- Enlace del video: <https://www.youtube.com/watch?v=L0lGt6jf2aY>



La IA No Gasta Agua
93 k vistas · hace 5 meses
Mundo en Detalle
La inteligencia artificial es útil, todos la usamos, pero últimamente con las imágenes generadas por inteligencia artificial ...



Sesión 3. Estudios de casos

Actividad destinada (2 hora)	Durante la tercera sesión, el docente presentará la importancia de los minerales (Litio, Cobre y Cobalto) en relación con el desarrollo de la inteligencia artificial, se explicará brevemente el objetivo de la actividad. Se dividirán los estudiantes en 3 grupos, cada grupo recibirá un estudio de caso, estos durante la sesión de clase organizarán su información para preparar una exposición ya sea en cartulinas, diapositivas o esquemas en el tablero.
Objetivo	Analizar el impacto ambiental derivado de la extracción de litio, cobalto y cobre generando así una reflexión sobre la relación entre el uso cotidiano de dispositivos tecnológicos e inteligencia artificial.
Contenido	• Metales, minerales y su importancia en la tecnología. • Proceso de extracción de minerales. • Impacto ambiental, huella hídrica subsidencia del suelo y salinización. • Dilemas entre el desarrollo tecnológico y sostenibilidad ambiental.
Recurso	• Textos en donde se presentará el estudio de caso.
Evaluación	Los estudiantes tendrán que realizar un trabajo en el cual expongan el impacto ambiental de la extracción de dichos minerales y como esto puede afectar su cotidianidad.





LITIO EN EL SALAR DE ATACAMA (CHILE): AGUA, SALMUERAS Y UNA CUENCA FRÁGIL



¿Sabes qué tienes en tus manos?

Cuando usas tu celular, tu computadora o tu mayor aliada la inteligencia artificial. ¿Te has preguntado de dónde vienen los materiales que hacen posible que funcionen?

El **litio**, es un mineral clave en las baterías que dan vida a nuestros dispositivos, a la inteligencia artificial y a los centros de datos. Este tiene una historia fascinante... y muy compleja.

En Chile, bajo su superficie blanca y brillante se esconde un tesoro, uno de los desiertos más áridos del mundo, el Salar de Atacama, “gracias a sus particulares condiciones climáticas, permiten la explotación del mineral con los menores costos a nivel mundial; esta es la razón por la cual Chile es el mayor productor de litio del mundo en la actualidad” (Mosquera et al., 2022, p. 8), con enormes lagos de salmuera (agua con una alta concentración de sal) que contienen el litio que todos usamos

Te preguntarás, ¿cómo llega el litio a tu batería?

La extracción de litio en el Salar de Atacama se realiza principalmente bombeando salmuera desde acuíferos salinos subterráneos hacia estanques de evaporación. La radiación solar concentra el litio y otros solutos, que luego pasan a etapas químicas como la carbonatación. Existe también una tecnología en exploración, la Extracción Directa de Litio (DLE), que promete reducir los tiempos y el impacto de la evaporación. Sin embargo, la DLE demanda más energía y agua dulce para el lavado y la regeneración de sorbentes (Montoya, 2024).

¿Cómo puede afectar esto al ambiente?

La extracción de litio, aunque necesaria para la tecnología moderna, tiene impactos significativos en el frágil ecosistema del Salar de Atacama. La evidencia resalta tres líneas principales de impacto. La primera es la huella hídrica, ya que el bombeo de salmuera puede alterar el gradiente entre los acuíferos salinos y los cuerpos de agua dulce (Vera et al., 2023), a su vez también afecta a los humedales y a los bofedales, impactando a los ecosistemas y a las comunidades locales.

La segunda es la subsidencia, con imágenes satelitales que muestran hundimientos de 1-2 cm por año en zonas de alta actividad, lo cual se atribuye a una extracción que excede la recarga natural y a posibles cambios en la permeabilidad del acuífero (Cambero, 2024).

La tercera es la salinización de suelos, que puede ocurrir debido a derrames o retornos mal gestionados de salmuera concentrada. En esquemas DLE, las corrientes residuales requieren un tratamiento riguroso para evitar la acumulación de sales, boratos y trazas metálicas (Vera et al., 2023).

El litio extraído en el Salar de Atacama no solo termina en tu teléfono, sino también en las baterías de los sistemas de alimentación ininterrumpida (UPS) que protegen los servidores de los centros de datos. A medida que la inteligencia artificial se expande, la demanda de estos centros y su necesidad de respaldo energético, impulsada por baterías de iones de litio, aumenta de manera acelerada.





COBRE Y EL DERRAME DEL RÍO SONORA (MÉXICO): LECCIONES PARA LA INFRAESTRUCTURA CRÍTICA

¿Sabes qué tienes en tus manos?

Cada vez que navegas por internet, usas una aplicación en la nube o disfrutas de la inteligencia artificial, se genera una cantidad enorme de datos que viajan a través de una compleja red de servidores y cables (Hoppe y Moess, 2024). En el corazón de esa infraestructura, hay un material insustituible: el **cobre**.

Este metal esencial para la tecnología moderna nos lleva a un incidente ambiental que nos sirve de lección: el derrame del Río Sonora en México. Un evento que nos enseña sobre la fragilidad de las infraestructuras y la importancia de la responsabilidad en la gestión de recursos.

Te preguntarán, ¿cómo puede afectar esto al ambiente?

En agosto de 2014, la mina Buenavista del Cobre liberó cerca de 40 millones de litros de una solución ácida de sulfato de cobre en los ríos Bacanuchi y Sonora. Este desastre ecológico, afectó a más de 190 km de cauce, demostró las graves consecuencias de una infraestructura inadecuada (Murphy, 2015). A una década del evento, aún persisten reclamos por la presencia de metales en el agua y los sedimentos, y por una remediación incompleta (Associated Press, 2023).

La solución ácida, con un pH muy bajo, solubilizó metales del lecho del río, movilizando arsénico, plomo, mercurio y cobre. Posteriormente, la lluvia depositó estos contaminantes en los suelos agrícolas, creando riesgos para el

riego y la salud de las decenas de miles de personas afectadas (Shailer, 2014; Shailer, 2023).

El cobre en tu vida digital

El cobre es un componente fundamental de los centros de datos, que son el motor de la inteligencia artificial. Se encuentra en el cableado de potencia, los conectores, los sistemas de enfriamiento y las bobinas de ventiladores y bombas. El auge de la IA ha disparado la demanda de cobre, ya que los servidores de alta potencia requieren una cantidad significativa de este metal, tensionando la oferta global (Saefong, 2025; Kotrba, 2025)

Este crecimiento tecnológico nos obliga a reflexionar sobre el nexo entre la infraestructura digital y el medio ambiente. El enfriamiento de los centros de datos, por ejemplo, consume grandes volúmenes de agua. Esto refuerza la necesidad de contar con diseños adaptables y transparentes en la gestión de recursos.

Las lecciones del caso del Río Sonora nos recuerdan la importancia de una ingeniería de contención adecuada, la implementación de planes de emergencia y el monitoreo en tiempo real, así como la transparencia con las comunidades. Estos aprendizajes son cruciales no solo para la minería, sino también para la infraestructura digital que sustenta nuestra vida moderna.





ESTUDIO DE CASO



COBALTO EN KOLWEZI–LUALABA (RDC): AGUA, METALES Y SALUD PÚBLICA

¿Sabes qué tienes en tus manos?

Cuando usas tu celular, tu cámara o tu dispositivo portátil, ¿te has preguntado de dónde provienen los materiales que los hacen funcionar? El **cobalto**, un mineral clave en las baterías que dan vida a nuestros dispositivos y a los servicios que utilizamos en línea.

Este mineral nos lleva a una región del Congo (RDC) en África, la provincia de Lualaba. Allí, el cobalto se extrae principalmente como subproducto de la minería de cobre, en operaciones industriales y también de forma artesanal (Umpula y Van Woudenberg, 2024). Su extracción nos conecta con un ecosistema alejado, pero fundamental para nuestra vida digital.

Te preguntarás, ¿cómo llega el cobalto a tu batería?

El cobalto congoleño se obtiene mediante un proceso que utiliza la lixiviación ácida, un método en el que se usa ácido sulfúrico para separar el mineral (Nkulu et al., 2018). A esto le sigue la extracción por solventes y la electrodeposición, lo que genera efluentes ácidos y relaves. Sin la contención adecuada, estos residuos pueden terminar en ríos y aguas subterráneas, transportando metales y afectando el entorno (RAID, 2024).

¿Cómo puede afectar esto al ambiente?

La minería de cobalto tiene impactos significativos en el agua y los suelos de las comunidades cercanas (Muimba-Kankolongo et al., 2021). La evidencia resalta tres líneas principales de impacto.

La primera es la contaminación pluri-metálica, según la RAID (2024) la presencia de metales como cobalto, cobre, plomo y arsénico en ríos, humedales y aguas subterráneas cerca de las minas.

La segunda son las vías de contaminación, que se producen por el drenaje ácido de mina (DAM) desde los pozos y los relaves. Los derrames de soluciones ácidas y los polvos de las zonas de acopio también contribuyen, depositando metales en suelos agrícolas y patios domésticos (RAID, 2024). La acidificación del agua facilita que estos metales se movilicen y lleguen a los usos domésticos y de riego.

El tercer impacto tiene que ver con la salud pública. Investigaciones periodísticas y académicas han reportado afecciones dermatológicas y reproductivas que son compatibles con la exposición a efluentes ácidos y metales. Un informe reciente describe un aumento en problemas ginecológicos y evidencia de agua acidificada en las comunidades cercanas (Swash, 2024).

El cobalto extraído en el Congo se encuentra en las baterías de iones de litio de tus dispositivos móviles, particularmente en químicas ricas en cobalto como LCO y NMC, muy comunes en teléfonos, cámaras y portátiles. A medida que la inteligencia artificial se expande, aumenta la necesidad de dispositivos móviles, lo que mantiene la alta demanda de este mineral (Cobalt Institute, 2024).



Sesión 4. Experimento: reacciones redox simuladas

Actividad destinada (2 hora)	Durante la cuarta sección se realizará un laboratorio sobre desplazamiento simple, en el cual se observará la reacción entre una solución de sulfato de cobre (CuSO_4) y aluminio metálico (Al). Los estudiantes identificarán visualmente la formación de cobre metálico y la disolución parcial del aluminio, comprendiendo el proceso como una reacción redox.
Objetivo	Comprender el concepto de reacciones de desplazamiento por medio de un laboratorio, identificando los procesos de oxidación y reducción en el desplazamiento del cobre por el aluminio.
Contenido	• Definición de reacciones redox. • Reacciones de desplazamiento simple. • Serie de reactividad de los metales. • Oxidación del aluminio y reducción del cobre.
Recurso	Especificaciones en el apartado: Laboratorio Reacciones redox (p. 14).
Evaluación	Los estudiantes deberán realizar un informe escrito del laboratorio.



REACCIONES REDOX: desplazamiento de cobre (Cu) por aluminio (Al)

Preguntas iniciales

- ¿De qué manera podrías representar experimentalmente la obtención de cobre a partir de la reacción de desplazamiento con aluminio?
- ¿En qué condiciones este tipo de reacción de desplazamiento ocurre de manera natural en el ambiente?

Objetivo

- Analizar la reactividad del aluminio
- Conocer la reactividad (propiedades químicas) de los elementos inorgánicos de las familias 3 a la 12 de la tabla periódica.

Introducción

Las reacciones de desplazamiento simple son un tipo de reacciones redox en el cual un elemento más reactivo sustituye a otro por medio de una reacción. Simultáneamente, durante el desplazamiento ocurre una reacción de oxidación y reducción, ya que el metal se de sus electrones mientras otros los gana.

En el caso del aluminio en contacto con una solución de sulfato de cobre, hoy el aluminio es excluido al perder electrones y formar iones Al^{3+} , mientras que los iones Cu^{2+} se reducen al ganar electrones y pasando a cobre metálico Cu. Esto genera cambios visibles como la formación de una solución rojiza y la variación de una solución inicial lo que permite identificar el carácter redox de la reacción (Brown et al., 2014)

Este tipo de reacciones son relevantes en la enseñanza de la química y así mismo en la aplicación industrial como la metalurgia y la purificación de metales (Zumdahl y Zumdahl, 2019).

Materiales y reactivos

- Tira de aluminio
- solución de sulfato de cobre (CuSO_4) 0,5M.
- Vaso de precipitado 250mL
- Agitador de vidrio
- Elementos de protección personal individual (PPI).
- Papel lija

Procedimiento

1. Preparar el aluminio:
 - 1.1. Corta un trozo pequeño de papel aluminio o lata.
 - 1.2. Lija la superficie para retirar el recubrimiento o la capa de óxido.
2. Preparar la solución:
 - 2.1. Vierte 100 mL de la solución de CuSO_4 en el vaso de precipitados.
3. Iniciar la reacción:
 - 3.1. Introduce el aluminio en la solución y agita suavemente.
 - 3.2. Observa cómo la superficie del aluminio empieza a recubrirse de un depósito



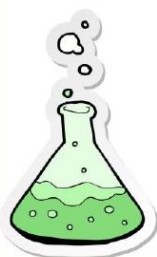
Laboratorio



- rojizo (cobre metálico) y se libera gas hidrógeno.
4. Registrar observaciones:
 - 4.1. Cambios de color en la solución (de azul a más clara).
 - 4.2. Formación de cobre metálico.
 - 4.3. Aparición de burbujas.
 5. Finalizar y limpiar:
 - 5.1. Retira el aluminio con cuidado.
 - 5.2. Lava el material con abundante agua.
 - 5.3. Neutraliza la solución si es necesario antes de desecharla según protocolo de residuos de la institución.

Preguntas de conocimiento

- ¿Por qué el aluminio puede desplazar al cobre de la solución?
- ¿Cómo se relaciona esta reacción con la obtención de metales para la industria de la IA?
- ¿Qué impactos ambientales tiene la minería de cobre?
- ¿Crees que el reciclaje de metales puede reducir estos impactos? ¿Por qué?
- ¿Realizar este laboratorio, genera algún impacto ambiental, de qué forma?



Sesión 5: Construcción de una infografía: IA y medioambiente.

Actividad destinada (2 horas)	Los estudiantes elaborarán una infografía a partir de un texto informativo sobre la relación entre la inteligencia artificial (IA) y el medio ambiente.
Objetivo	Desarrollar la capacidad de comprensión y síntesis de textos informativos sobre el impacto ambiental de la inteligencia artificial.
Contenido	• Concepto de la IA y su relación con la vida cotidiana. • Propuestas y alternativas sostenibles para reducir el impacto ambiental de la inteligencia artificial
Recurso	• Texto informativo sobre “IA y medio ambiente”. • Marcadores, lápices, colores, cartulina o hoja blanca
Evaluación	Producto final (infografía), esta debe ser clara, organizada y sobre todo debe contener su opinión sobre el tema.



EMISIONES
DE CARBONO



EXTRACCIÓN DE
MINERALES



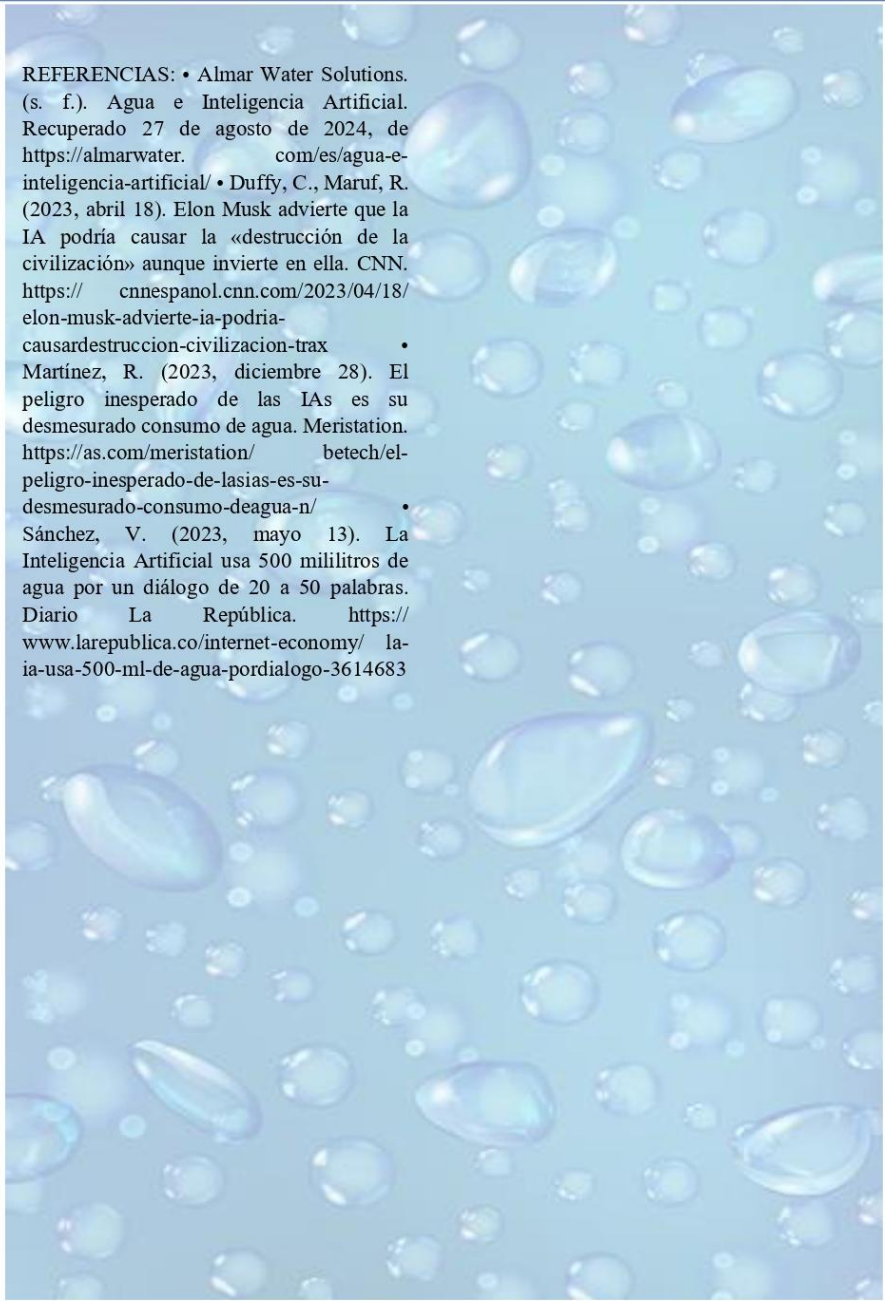
CONTAMINACIÓN DE
LOS RECURSOS
HÍDRICOS



¿PODRÍA LA IA CAUSAR UNA ESCASEZ GLOBAL DE AGUA?

“La inteligencia artificial podría llevar a la destrucción de la civilización...”, así empezó su discurso Elon Musk para Fox News en abril de 2023. Esto podría ocurrir si no existe un control sobre la energía y los recursos renovables que se emplean para su desarrollo (Duffy & Maruf, 2023). El consumo desmedido agua en el desarrollo de IA es un peligro ecológico que no podemos ignorar. Dado que las IA generan mucho calor durante su funcionamiento, los centros de datos que las alojan necesitan sistemas de refrigeración para mantener las temperaturas de los servidores bajo control. Estos sistemas utilizan agua porque es un medio excelente para absorber y transferir calor, circulando a través de radiadores o sistemas de enfriamiento líquido. Sin embargo, no se utiliza cualquier tipo de agua; en su lugar, se usa agua desmineralizada o desionizada, que ha sido purificada para eliminar impurezas y minerales que podrían causar corrosión o acumulación de depósitos en los sistemas y tuberías. Un estudio realizado en la Universidad de Colorado Riverside y la Universidad de Texas Arlington reveló que se pueden consumir hasta 700.000 litros de agua limpia al entrenar un modelo de IA como chat GPT-3. Este consumo de agua es equivalente al necesario para refrigerar un reactor nuclear. Se estima que ChatGPT consume una botella de 500 ml de agua por cada conversación de 20 a 50 preguntas y respuestas. A pesar de que una botella de 500 ml puede parecer una cantidad insignificante, el consumo total de agua de la inferencia (proceso de aprendizaje) de los modelos de IA sigue siendo muy grande. Dada la cantidad de usuarios que utilizan estos servicios, este consumo puede aumentar dependiendo del momento y el lugar en que se utilice (Sánchez, 2023). Este problema ha ido creciendo con el pasar del tiempo.

Según el informe del Departamento de Desarrollo Sostenible de Microsoft, el uso de agua por parte de la compañía desde el 2022 ha aumentado en un 33%, con un total de 6.435.200.032 litros, cantidad equivalente a llenar 2.500 piscinas olímpicas. Se trata de un aumento drástico, teniendo en cuenta que entre los años 2020 y 2021 el consumo de agua de la compañía solo subió un 14%. El ingente consumo de agua no es el único problema en sí; también hay que tener en cuenta que, en muchos casos, se trata de agua apta para el consumo, un bien que por desgracia cada vez es más escaso. Además, parte de esta agua termina evaporándose en el proceso de refrigeración, por lo que un reciclaje al 100% no es posible. Desde 2021, Google está buscando alternativas al consumo de agua potable en sus centros de procesamiento de datos. Algunas de las opciones barajadas son utilizar agua reciclada, aguas residuales e incluso agua del mar. Otros métodos más amigables con el medio ambiente para enfriar los centros de datos son construirlos en latitudes muy frías, o desarrollar infraestructuras que necesiten menos agua para su refrigeración (Martínez, 2023). Buscar estas alternativas también han incluido a la IA. Almar Water Solutions ha comenzado a desarrollar modelos que predicen el comportamiento de las cuencas hidrográficas y el ciclo del agua, lo que permite un mejor conocimiento del problema, así como buscar alternativas para el abastecimiento. Estos modelos pueden obtener información sobre el consumo de agua individual y global, así como ofrecer consejos para la conservación y protección del líquido vital (Almar Water Solutions, s. f.)



REFERENCIAS: • Almar Water Solutions. (s. f.). Agua e Inteligencia Artificial. Recuperado 27 de agosto de 2024, de <https://almarwater.com/es/agua-e-inteligencia-artificial/> • Duffy, C., Maruf, R. (2023, abril 18). Elon Musk advierte que la IA podría causar la «destrucción de la civilización» aunque invierte en ella. CNN. <https://cnnespanol.cnn.com/2023/04/18/elon-musk-advierte-ia-podria-causardestruccion-civilizacion-trax> • Martínez, R. (2023, diciembre 28). El peligro inesperado de las IAs es su desmesurado consumo de agua. Meristation. <https://as.com/meristation/betech/el-peligro-inesperado-de-lasias-es-su-desmesurado-consumo-deagua-n/> • Sánchez, V. (2023, mayo 13). La Inteligencia Artificial usa 500 mililitros de agua por un diálogo de 20 a 50 palabras. Diario La República. <https://www.larepublica.co/internet-economy/la-ia-usa-500-ml-de-agua-pordialogo-3614683>

Nota: Tomado de Chimarro (2024)

4. Conclusiones

Al concluir esta unidad didáctica, los estudiantes reconocerán que la inteligencia artificial si bien representa una poderosa herramienta tecnológica también conlleva costos ambientales y significativos donde serán conscientes del consumo energético asociado al almacenamiento digital y que estos pueden generar impactos ecológicos importantes. Por otro lado los avances de la IA hoy en el ámbito educativo demuestran su potencia transformadora para mejorar la retroalimentación y el aprendizaje personalizado siempre y cuando se integren los Marcos éticos claros y una reflexión crítica sobre su aplicación, Dicha dualidad entre el impacto ambiental y el beneficio educativo, hace que los estudiantes de manera curiosa, ejerzan un pensamiento responsable donde la información científica y ética fundamenta la toma de decisiones en contextos reales.

Asimismo, se busca que los estudiantes cultiven una actitud de pesquisa frente a las tecnologías emergentes valorando la importancia de su regulación éticas hoy frente la equidad y la sustentabilidad.

5. Glosario

Bofedal: Ecosistema altoandino húmedo compuesto por vegetación herbácea y musgosa que se desarrolla en suelos saturados de agua. Son importantes reservorios de biodiversidad y cumplen funciones de regulación hídrica en zonas de montaña.

Efluentes ácidos: Aguas residuales con un pH bajo (ácidas) que generalmente provienen de actividades mineras o industriales. Contienen metales pesados y otras sustancias contaminantes que afectan suelos, aguas y ecosistemas.

Ingeniería de contención: Conjunto de técnicas y estructuras diseñadas para controlar, aislar o reducir la dispersión de contaminantes en el suelo, agua o aire. Ejemplos incluyen barreras físicas, revestimientos o sistemas de encapsulamiento.

Lixiviación: Proceso mediante el cual el agua u otro disolvente arrastra sustancias solubles presentes en suelos, rocas o residuos, transportándolas hacia capas más profundas o cuerpos de agua. En minería, se utiliza también como técnica para extraer metales a partir de minerales.

Remediación incompleta: Proceso de restauración ambiental que no logra eliminar o neutralizar totalmente los contaminantes presentes en un suelo, agua o ecosistema afectado. Como resultado, persisten riesgos o impactos ambientales y de salud.

6. Referencias bibliográficas

- Associated Press. (2023). New report gives Mexicans hope for Long-Awaited mine cleanup. *Voice of America*. <https://www.voanews.com/a/new-report-gives-mexicans-hope-for-long-awaited-cleanup-mine-cleanup-/7289748.html>
- Avalos Guijarro, A. de L. Ángeles. (2024). Impacto de la inteligencia artificial en la evaluación y retroalimentación educativa. *Revista Retos Para La investigación*, 3(1), 19–32. <https://doi.org/10.62465/rri.v3n1.2024.72>
- Brown, T. L., LeMay, H. E., Bursten, B. E., & Murphy, C. (2014). Química: La ciencia central (12.^a ed.). Pearson Educación.
- Camero Fabian. (2024). Lithium mining is slowly sinking Chile's Atacama salt flat, study shows. *Reuters*. https://www.reuters.com/sustainability/land-use-biodiversity/lithium-mining-is-slowly-sinking-chiles-atacama-salt-flat-study-shows-2024-08-22/?utm_source=chatgpt.com
- Castillo Herrera, M. E. (2023). Impacto de la inteligencia artificial en el proceso de enseñanza y aprendizaje en la educación secundaria: Impact of artificial intelligence on the teaching and learning process in secondary education. *LATAM Revista Latinoamericana De Ciencias Sociales Y Humanidades*, 4(6), 515 – 530. <https://doi.org/10.56712/latam.v4i6.1459>
- Chimarro, J. (2024). ¿ Podría la IA causar una escasez global de agua?. *PRAXIS*, (4), 19-20. <http://200.12.169.96/index.php/PRAXIS/article/view/636/670>
- Choez Calderón, C. J., & Miranda Bajaan, R. S. (2024). El rol de la inteligencia artificial en la educación inclusiva: Oportunidades y retos para la enseñanza personalizada.: The role of artificial intelligence in inclusive education: Opportunities and challenges for personalized teaching. *Revista Científica Multidisciplinar G-Nerando*, 5(2), Pág. 997 –. <https://doi.org/10.60100/rcmg.v5i2.303>
- Hoppe, J., Laursen, Moess, Christian. (2024). AI Siphons copper supplies needed for green transition. *WSJ*. https://www.wsj.com/articles/ai-siphons-copper-supplies-needed-for-green-transition-8fef79e6?utm_source=chatgpt.com
- Kotrba, Adam. (2025). The U.S. has enough copper to meet surging demand from AI data centers. But securing that supply depends on a robust, all-of-the-above strategy.

- Li, P., Yang, J., Islam, M. A., & Ren, S. (2023, April 6). Making AI Less “Thirsty”: Uncovering and addressing the secret water footprint of AI models. *Computer Science*, <https://doi.org/10.48550/arXiv.2304.03271>
- Montoya Barinia. (2024). Extracción Directa de Litio: el “Santo Grial” de la minería. Climate Tracker. <https://climatetrackerlatam.org/historias/extraccion-directa-de-litio-con-reinyeccion-de-salmueras-el-cuestionado-santo-grial-de-la-mineria/>
- Mosquera Mariano, Murúa César, Luns Gastón. (2022). El triángulo del litio en Argentina, Bolivia y Chile: una comparación de modelos de explotación en escenarios alternativos. <https://cladea.org/wp-content/uploads/2022/01/364Cesar-Murua-Mariano-Mosquera-and-Gaston-Luna-El-triangulo-del-litio-en-Argentina-Bolivia-y-Chile.pdf>
- Muimba-Kankolongo, A., Nkulu, C. B. L., Mwitwa, J., Kampemba, F. M., Nabuyanda, M. M., Haufroid, V., Smolders, E., & Nemery, B. (2021). Contamination of water and food crops by trace elements in the African Copperbelt: A collaborative cross-border study in Zambia and the Democratic Republic of Congo. *Environmental Advances*, 6, 100103. <https://doi.org/10.1016/j.envadv.2021.100103>
- Murphy Arthur. (2015). Information-Seeking in an Environmental Catastrophe: The Case of the Río Sonora Copper Sulfate Acid Spill. *Natural hazards center*. https://hazards.colorado.edu/quick-response-report/information-seeking-in-an-environmental-catastrophe-the-case-of-the-rio-sonora-copper-sulfate-acid-spill?utm_source=chatgpt.com
- Nkulu, C. B. L., Casas, L., Haufroid, V., De Putter, T., Saenen, N. D., Kayembe-Kitenge, T., Obadia, P. M., Mukoma, D. K. W., Ilunga, J. L., Nawrot, T. S., Numbi, O. L., Smolders, E., & Nemery, B. (2018). Sustainability of artisanal mining of cobalt in DR Congo. *Nature Sustainability*, 1(9), 495–504. <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0139-4>

- Piedra Alegría, J. (2024). Repensando la privacidad en la Ética de la IA. Perspectivas desde el feminismo y de la teoría decolonial . EUNOMÍA. Revista En Cultura De La Legalidad, (27), 201-216. <https://doi.org/10.20318/eunomia.2024.9007>
- RAID. (2024). Beneath the Green A critical look at the environmental and human costs of industrial cobalt mining in DRC. https://raid-uk.org/wp-content/uploads/2024/03/Report-Beneath-the-Green-DRC-Pollution-March-2024.pdf?utm_source=chatgpt.com
- Saefong, Myra, P.(2025). How Trump’s threat of 50% tariffs on copper could hurt America’s AI ambitions. *MarketWatch*. https://www.marketwatch.com/story/how-trumps-50-copper-tariffs-threat-could-hurt-americas-ai-ambitions-379a20ed?utm_source=chatgpt.com
- Shailer Daniel. (2014). ‘They’re waiting till we die of cancer’: 10 years on, Mexico’s worst mining disaster still poisons lives. *The Guardian*. https://www.theguardian.com/global-development/article/2024/jul/24/theyre-waiting-till-we-die-of-cancer-10-years-on-mexicos-worst-mining-disaster-still-poisons-lives?utm_source=chatgpt.com.
- Shailer Daniel. (2023). 9 years after mine spill in northern Mexico, new report gives locals hope for long-awaited cleanup. *APNEWS*. <https://apnews.com/article/copper-mine-sonora-mexico-spill-pollution-eff24daec766d4944ed2e990355ea43a>
- Swash, Rosie. (2024). ‘Staggering’ rise in women with reproductive health issues near DRC cobalt mines – study. *The Guardian*. http://theguardian.com/global-development/2024/mar/28/staggering-rise-in-women-with-reproductive-health-issues-near-drc-cobalt-mines-study?utm_source=chatgpt.com
- Terrones Rodríguez, A. L. (2022). Inteligencia artificial sostenible y evaluación ética constructiva. <http://hdl.handle.net/10261/305853>
- Umpula, Emmanuel., Van Woudenberg, Anneke. (2024). New report exposes the environmental and human costs of DRC’s cobalt boom. https://raid-uk.org/report-environmental-pollution-human-costs-drc-cobalt-demand-industrial-mines-green-energy-evs-2024/?utm_source=chatgpt.com

- Vera, M. L., Torres, W. R., Galli, C. I., Chagnes, A., & Flexer, V. (2023). Environmental impact of direct lithium extraction from brines. *Nature Reviews Earth & Environment*, 4(3), 149–165. <https://doi.org/10.1038/s43017-022-00387-5>
- Zumdahl, S. S., & Zumdahl, S. A. (2019). Chemistry (10th ed.). Cengage Learning.

Anexo 4: Prueba de Alfa de Cronbach

		ITEM																								SUMA		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24			
E	E1	1	1	4	2	3	3	3	1	1	4	5	2	3	4	3	2	1	3	2	3	3	4	64				
	E2	2	4	4	5	2	1	3	2	4	5	3	2	4	4	1	1	4	3	2	2	1	4	2	70			
	E3	1	4	5	1	1	4	1	1	4	4	4	3	2	4	1	1	4	3	3	1	3	5	4	65			
	E4	2	1	2	2	2	3	2	3	5		5													27			
	E5	3	1	3	3	2	4	3	2	1	1	2	2	3	2	2	2	3	3	2	3	5	1	3	4	60		
	E6	3	5	2	4	1	1	2	2	5	5	3	1	2	3	3	1	5	2	5	5	4	2	3	5	74		
	E7	2	4	3	1	1	1	1	2	2	4	1	1	4	3	1	2	5	1	3	3	3	4	3	2	57		
	E8	1	3	4	3	1	3	2	3	5	5	2	2	4	3	4	1	3	2	3	3	2	4	3	2	68		
	E9	1	4	3	3	3	4	2	2	4	5	3	4	2	1	1	1	4	3	3	4	3	4	3	3	72		
	E10	3	3	4	1	1	3	1	3	4	4	4	2	4	3	1	1	3	3	2	2	3	1	1	2	59		
	E11	1	4	3	2	2	2	2	2	4	4															26		
	E12	3	4	4	2	2	3	1	3	4	5	3	3	4	4	1	1	4	3	3	4	2	4	3	2	72		
	E13	2	3	1	2	1	1	1	2	5	3	2	1	3	1	1	1	4	2	3	3	3	2	3	2	54		
	E14	2	3	2	1	1	1	4	3	4	4	3	3	4	4	3	3	2	3	3	2	2	3	3	2	64		
	E15	1	3	2	1	1	1	1	1	2	3	3	2	3	3	2	2	5	3	1	2	2	3	2	4	53		
	E16	5	5	2	1	3	5	2	5	4	4	4	3	3	5	5	3	1	4	1	5	5	5	1	5	3	85	
	E17	2	4	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	1	3	2	1	1	4	2	3	4	3	3	4	3	60	
	E18	3	3	3	3	1	1	1	3	3	4	4	1	1	3	3	3	2	4	3	3	4	4	3	3	3	65	
	E19	1	3	2	2	1	1	2	2	1	3	2	2	2	2	2	2	2	4	1	3	3	4	2	3	3	53	
	E20	2	4	2	2	2	1	3	3	3	4	3	3	4	3	2	3	2	4	3	3	3	4	3	3	4	65	
	E21	1	4	3	1	1	1	1	3	2	3	2	3	1	3	2	3	5	1	4	1	3	3	5	1	4	5	65
	E22	1	3	2	2	3	3	3	3	2	4	2	3	2	3	2	3	2	3	4	1	3	3	5	4	2	63	
	E23	4	4	3	3	2	1	1	2	2	5	4	1	4	2	1	3	4	2	2	3	4	2	4	3	3	68	
	E24	1	3	1	1	1	1	2	1	2	5	2	1	5	2	1	2	5	1	1	2	2	5	2	5	4	54	
E25	3	4	2	1	1	1	1	2	4	5															23			
E26	1	3	3	3	1	1	1	1	4	4	4	1	1	1	2	2	2	4	4	2	2	4	4	3	3	60		
E27	2	2	2	2	2	1	1	1	4	3	3	2	2	3	1	1	3	2	3	3	3	3	3	3	55			
Varianza		1.1	0.8	0.9	1.1	0.5	1.6	0.7	0.9	1.4	1	0.9	0.7	1	0.9	1.2	0.4	0.5	0.9	1.1	1.1	0.8	1.7	0.7	0.9	197.95		
Totalmente en desacuerdo	F	11	2	2	8	14	15	13	6	2	1	2	9	1	1	11	13	0	6	3	1	0	6	1	0	128		
	N	8	0	12	9	9	2	9	11	6	1	7	7	5	8	6	9	0	8	7	7	4	4	4	6	149		
	R	6	10	8	7	4	6	4	8	3	5	11	8	6	10	5	2	8	8	11	9	10	6	13	9	177		
	C	1	13	4	1	0	3	1	1	12	10	4	0	10	3	1	0	12	2	1	4	7	6	5	6	107		
	U	1	2	1	1	0	1	0	1	4	9	1	0	2	2	1	0	4	0	2	3	3	2	1	3	44		
Totalmente de acuerdo		27	27	27	26	27	27	27	27	26	25	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	605		

$$\alpha = \frac{K}{K-1} \left(\frac{\sum_{i=1}^K \sigma_{Y_i}^2}{\sigma_X^2} \right)$$

k	Número de ítems del instrumento	24
σ^2_i	Sumatoria de las varianzas de los ítems	22,936
σ^2_X	Varianza total del instrumento	197,951
α	Coefficiente de confiabilidad de cuestionario	0.923

Anexo 5 Validación de contenido por expertos

VALIDEZ DE CONTENIDO POR JUICIO DE EXPERTOS

El propósito de este instrumento es solicitar su colaboración para la validación del contenido de la unidad didáctica **“Inteligencia artificial: ¿progreso o amenaza ambiental invisible?”**. Este instrumento tiene como finalidad fortalecer la toma de decisiones informadas (TDI) en estudiantes de grado undécimo.

Enseguida encontrará la rúbrica de evaluación con la cual podrá evaluar cada sesión del diseño de la unidad didáctica, en una escala de 1 a 4.

La unidad didáctica, se configura de seis sesiones. Agradezco, se indique si hay insuficiencia o exceso de estas dentro de las categorías; o si, dentro de ellas hay ambigüedad, doble sentido o no es congruente con el nivel de toma de decisiones que se pretende medir.

Finalmente, se dispone de un apartado para consignar observaciones generales sobre la pertinencia, coherencia y claridad del instrumento, en relación con el propósito de la unidad didáctica.

FORMATO PARA EL EXPERTO EVALUADOR

Respetada docente Diana Carrión, agradezco su aceptación para evaluar el **instrumento 2. Unidad didáctica “Inteligencia artificial: ¿Progreso o amenaza ambiental invisible?”** que hace parte de la investigación “Impacto ambiental del uso de la inteligencia artificial: ambientalizador microcurricular en la enseñanza de la química de grado once”, trabajo adelantado en la Licenciatura en Química de la UPN.

Su evaluación es de gran relevancia para lograr la validez de contenido. Agradecemos su valiosa colaboración.

NOMBRES Y APELLIDOS: ~~DIANA CATALINA CARRIÓN PÉREZ~~

FORMACIÓN ACADÉMICA (PREGRADO Y POSGRADO CONCLUIDOS): LIC QUÍMICA, ESPECIALISTA EN GERENCIA EDUCATIVA, MAGÍSTER EN DOCENCIA DE LA QUÍMICA.

ÁREAS DE EXPERIENCIA PROFESIONAL: Diseño Curricular, CTSA

TIEMPO: 8 años

CARGO ACTUAL: Docente

INSTITUCIÓN DONDE LABORA: Universidad Pedagógica Nacional

Objetivo de la evaluación del experto: Evaluar el contenido de la unidad didáctica (UD) considerando el propósito de esta y lo diseñado.

Objetivo de la UD: Fortalecer la toma de decisiones informadas (TDI) en estudiantes de grado undécimo del Instituto Técnico Industrial de Facatativá (ITIF) frente al impacto ambiental de la inteligencia artificial, a través de un enfoque basado en el análisis de cuestiones socio-científicas abordadas desde la educación química.

Tabla 1: Rubrica de validez por juicio de expertos

CATEGORIA	CATEGORIA	CATEGORIA
SUFICIENCIA Los ítems que pertenecen a una misma dimensión bastan para obtener la medición de esta.	1. No cumple con el criterio	Las actividades no son suficientes para medir la dimensión
	2. Bajo Nivel	Las actividades miden algún aspecto de la dimensión, pero no corresponden con la dimensión total
	3. Moderado nivel	Se deben incrementar algunas actividades para evaluar la dimensión completamente.
	4. Alto nivel	Las actividades son suficientes
CLARIDAD El ítem se comprende fácilmente, es decir, su sintáctica y semántica son adecuadas.	1. No cumple con el criterio	Las actividades no son claras
	2. Bajo Nivel	Las actividades no son claras. Se requiere bastantes modificaciones o una modificación muy grande en el uso de las palabras de acuerdo con su significado o por la ordenación de las mismas.

	3. Moderado nivel	Se requiere una modificación muy específica de algunos de los términos del diseño de la UD.
	4. Alto nivel	Las actividades son claras, tienen semántica y sintaxis adecuada.
COHERENCIA El ítem tiene relación lógica con la dimensión o indicador que está midiendo.	1. No cumple con el criterio	Las actividades no tienen relación lógica con la dimensión.
	2. Bajo Nivel	Las actividades tienen una relación tangencial con la dimensión.
	3. Moderado nivel	Las actividades tienen una relación moderada con la dimensión que está midiendo.
	4. Alto nivel	Las actividades se encuentran completamente relacionado con la dimensión que está midiendo.
RELEVANCIA El ítem es esencial o importante, es decir debe ser incluido	1. No cumple con el criterio	Las actividades pueden ser eliminado sin que se vea afectada la medición de la dimensión.
	2. Bajo Nivel	Las actividades tienen alguna relevancia, pero otras pueden estar incluyendo lo que mide éste.
	3. Moderado nivel	Las actividades son relativamente importantes.
	4. Alto nivel	Las actividades son muy relevantes y debes ser incluidas.

Nota: Adaptado de Escobar y Cuervo (2008, p. 35).

SESIÓN / ACTIVIDAD	COHERENCIA	RELEVANCIA	CLARIDAD
Sesión 1: Diagnóstico inicial: "Toma de decisiones frente a dilemas ambientales - tecnológicos"	4	4	3, la primera pregunta abierta es muy amplia, puede que los estudiantes contesten a mitad de la pregunta.
Sesión 2: Presentación del dilema: "¿La IA contamina?"	3, Si se presenta el video es importante mencionar su contenido durante la sesión, lo cual no se evidencia en la presentación	4	4

SESIÓN / ACTIVIDAD	COHERENCIA	RELEVANCIA	CLARIDAD
Sesión 3: Estudios de casos	4	4	3 Es importante especificar la dinámica de las exposiciones, si es solo exponer el caso presentado o a partir de esto especificar y proponer una postura al respecto.
Sesión 4: Experimento: reacciones redox simuladas	4	4	4
Sesión 5: Construcción de una infografía: IA y medioambiente	4	4	4
Sesión 6: Evaluación comparativa "Toma de decisiones frente a dilemas ambientales-tecnológicos"	4	4	4

Observaciones generales y Suficiencia de ítems dentro de las categorías

Considero que sería interesante que los estudiantes se acercaran al uso de la IA en alguna de las sesiones, pues se está pidiendo que generen una postura alejados de la realidad del uso de la IA, por lo tanto, sería un ejercicio interesante a desarrollar y de esta forma conocer las implicaciones de su uso y proponer una postura desde la experiencia.

Referencias bibliográficas

Escobar-Pérez, J., y Cuervo-Martínez, Á. (2008). Validez de contenido y juicio de expertos: una aproximación a su utilización. *Avances en medición*, 6(1), 27-36

VALIDEZ DE CONTENIDO POR JUICIO DE EXPERTOS

El propósito de este instrumento es solicitar su colaboración para la validación del contenido de la unidad didáctica **“Inteligencia artificial: ¿progreso o amenaza ambiental invisible?”**. Este instrumento tiene como finalidad fortalecer la toma de decisiones informadas (TDI) en estudiantes de grado undécimo.

Enseguida encontrará la rúbrica de evaluación con la cual podrá evaluar cada sesión del diseño de la unidad didáctica, en una escala de 1 a 4.

La unidad didáctica, se configura de seis sesiones. Agradezco, se indique si hay insuficiencia o exceso de estas dentro de las categorías; o si, dentro de ellas hay ambigüedad, doble sentido o no es congruente con el nivel de toma de decisiones que se pretende medir.

Finalmente, se dispone de un apartado para consignar observaciones generales sobre la pertinencia, coherencia y claridad del instrumento, en relación con el propósito de la unidad didáctica.

FORMATO PARA EL EXPERTO EVALUADOR

Respetada docente Blanca Rodríguez, agradezco su aceptación para evaluar el instrumento 2. Unidad didáctica “Inteligencia artificial: ¿Progreso o amenaza ambiental invisible?” que hace parte de la investigación “Impacto ambiental del uso de la inteligencia artificial: ambientalizador microcurricular en la enseñanza de la química de grado once”, trabajo adelantado en la Licenciatura en Química de la UPN.

Su evaluación es de gran relevancia para lograr la validez de contenido. Agradecemos su valiosa colaboración.

NOMBRES Y APELLIDOS: Blanca Rodríguez

FORMACIÓN ACADÉMICA (PREGRADO Y POSGRADO CONCLUIDOS): LIC QUIMICA, ING ALIMENTOS, Mg MODELOS ENSEÑANZA PROBLEMICA, DOCTORA EN EDUCACIÓN

ÁREAS DE EXPERIENCIA PROFESIONAL: Enseñanza de la Química – formación de profesores

TIEMPO: 20 años CARGO ACTUAL: coordinadora – catedrática

INSTITUCIÓN DONDE LABORA: IED CEDID GUILLERMO CANO - UPN

Objetivo de la evaluación del experto: Evaluar el contenido de la unidad didáctica (UD) considerando el propósito de esta y lo diseñado.

Objetivo de la UD: Fortalecer la toma de decisiones informadas (TDI) en estudiantes de grado undécimo del Instituto Técnico Industrial de Facativá (ITIF) frente al impacto ambiental de la inteligencia artificial, a través de un enfoque basado en el análisis de cuestiones socio-científicas abordadas desde la educación química.

Tabla 1: Rubrica de validez por juicio de expertos

CATEGORIA	CATEGORIA	CATEGORIA
SUFICIENCIA Los ítems que pertenecen a una misma dimensión bastan para obtener la medición de esta.	1. No cumple con el criterio	Las actividades no son suficientes para medir la dimensión
	2. Bajo Nivel	Las actividades miden algún aspecto de la dimensión, pero no corresponden con la dimensión total
	3. Moderado nivel	Se deben incrementar algunas actividades para evaluar la dimensión completamente.
	4. Alto nivel	Las actividades son suficientes
CLARIDAD El ítem se comprende fácilmente, es decir, su	1. No cumple con el criterio	Las actividades no son claras
	2. Bajo Nivel	Las actividades no son claras. Se requiere bastantes modificaciones o una modificación muy

sintáctica y semántica son adecuadas.		grande en el uso de las palabras de acuerdo con su significado o por la ordenación de <u>las mismas</u> .
	3. Moderado nivel	Se requiere una modificación muy específica de algunos de los términos del diseño de la UD.
	4. Alto nivel	Las actividades son claras, tienen semántica y sintaxis adecuada.
COHERENCIA El ítem tiene relación lógica con la dimensión o indicador que está midiendo.	1. No cumple con el criterio	Las actividades no tienen relación lógica con la dimensión.
	2. Bajo Nivel	Las actividades tienen una relación tangencial con la dimensión.
	3. Moderado nivel	Las actividades tienen una relación moderada con la dimensión que está midiendo.
	4. Alto nivel	Las actividades se encuentran completamente relacionado con la dimensión que está midiendo.
RELEVANCIA El ítem es esencial o importante, es decir debe ser incluido	1. No cumple con el criterio	Las actividades pueden ser eliminado sin que se vea afectada la medición de la dimensión.
	2. Bajo Nivel	Las actividades tienen alguna relevancia, pero otras pueden estar incluyendo lo que mide éste.
	3. Moderado nivel	Las actividades son relativamente importantes.
	4. Alto nivel	Las actividades son muy relevantes y debes ser incluidas.

Nota: Adaptado de Escobar y Cuervo (2008, p. 35).

SESIÓN / ACTIVIDAD	COHERENCIA	RELEVANCIA	CLARIDAD
Sesión 1: Diagnóstico inicial: "Toma de decisiones frente a dilemas ambientales - tecnológicos"	4	4	3
Sesión 2: Presentación del dilema: "¿La IA contamina?"	4	4	3
Sesión 3: Estudios de casos	4	4	4
Sesión 4: Experimento: reacciones redox simuladas	3	4	3

SESIÓN / ACTIVIDAD	COHERENCIA	RELEVANCIA	CLARIDAD
Sesión 5: Construcción de una infografía: IA y medioambiente	4	4	4
Sesión 6: Evaluación comparativa "Toma de decisiones frente a dilemas ambientales-tecnológicos"	4	4	3

Observaciones generales y Suficiencia de ítems dentro de las categorías

S.1. Los ítems se alinean con TDI pero la guía de análisis y la métrica (Kappa) no son adecuados para progreso, se recomienda homologar la redacción utilizada en la unidad didáctica y la prueba de entrada Likert

S.2. el dilema es adecuado, el video me parece largo y confuso o tocaría presentar otra versión desde otros actores.

S.4. PERTINENTE

S.5 Es viable experimentalmente, pero en el contexto de "sustentabilidad ambiental" se debe incluir condiciones de seguridad, manejo de residuos y cálculos estequiométricos básicos.

S. 6. Coco cierre cuantitativo es pertinente, sin embargo, falta evaluación de desempeño (argumentado)

En cuanto a los objetivos están alineados a TDI sin embargo, explicitar criterios de decisión (ambientales, sociales, éticos, económicos, etc. y ponderarlos para que se alinea al tipo de instrumento y el estudiante pueda decidir con transparencia.

En la fase 1, incluir instrucciones de evaluación (codificación) y plan analítico, por ej a de Cronbach, evitando Kappa como métrica de mejora.

La fase 2. Añadir guía de discusión de actores para que se justifique la parte controversial y se elaboren las mismas en términos de evidencia o contra argumentos, es decir que se evidencia que hay debate.

En los casos, que son muy pertinentes, evidenciar la TDI en cuanto al impacto del agua, suelo, aire, salud, trabajo.

Revisar una inconsistencia en la documentación: la introducción menciona cinco sesiones de trabajo, pero el diseño realmente abarca seis sesiones (contando la evaluación inicial y la final). Esto podría generar confusión sobre la duración total de la implementación. Sería recomendable aclarar explícitamente el número de sesiones y cómo se distribuyen las actividades (por ejemplo, indicando que la sesión 1 y 6 son de evaluación diagnóstica y final respectivamente, de 1 hora cada una, y las sesiones 2 a 5 corresponden al desarrollo, de 2 horas cada una).

Finalmente, la estructura de la secuencia es muy pertinente, la temática es actual y significativa (los estudiantes fácilmente percibirán la relevancia de discutir sobre IA y medio ambiente en su vida cotidiana), y el orden de las actividades contribuye gradualmente a los resultados de aprendizaje esperados.

Referencias bibliográficas