



Identificando conocimientos previos: un primer paso para la comprensión del cambio climático






- Identifying Prior Knowledge: A First Step Toward Understanding Climate Change
- Identificando conhecimentos prévios: um primeiro passo para a compreensão das mudanças climáticas

Forma de citar este artículo:

Obando-Melo, V. P., López-Ríos, S. Y., Jiménez-Narváez, M. M., Barrios-Estrada, A. S. y Leonel, H. F. (2025). Identificando conocimientos previos: un primer paso para la comprensión del cambio climático. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (58), 69 - 87. <https://doi.org/10.17227/ted.num58-22128>

Resumen

La crisis climática requiere acciones inmediatas para mitigar sus efectos y promover prácticas sostenibles en todos los niveles educativos. Sin embargo, este fenómeno se aborda de manera parcial en los estándares básicos de ciencias naturales en Colombia, y es opcional en los proyectos ambientales escolares. Por esta razón, es crucial identificar los saberes previos de los estudiantes como un primer paso para comprender el sistema climático desde una perspectiva de aprendizaje significativo y crítico del fenómeno. Este artículo presenta los hallazgos relacionados con la indagación de conocimientos previos de estudiantes de secundaria en cinco categorías clave del sistema climático: tiempo atmosférico y clima, efecto invernadero y gases de efecto invernadero, balance del clima, causas naturales y antropogénicas y consecuencias. Mediante un análisis de contenido cualitativo, se identificaron patrones emergentes en las respuestas de los estudiantes y su correspondencia con las categorías propuestas. Los resultados muestran que los estudiantes reconocen el impacto de la intervención humana en el clima, pero presentan confusiones en conceptos como cambio climático, calentamiento global y efecto invernadero, además de un desconocimiento sobre aspectos del tiempo atmosférico y del clima; estos conceptos son clave para comprender el sistema climático y destacan la

Viviana Patricia Obando-Melo* 
Sonia Yaneth López-Ríos** 
María Mercedes Jiménez-Narváez** 
Ana Sabina Barrios-Estrada** 
Hugo Ferney Leonel** 

* Candidata a Doctora en Educación, docente de aula, IE la Paz, Antioquia, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, viviana.obando1@udea.edu.co

** Doctora en Enseñanza de las Ciencias, profesora titular, Facultad de Educación, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia sonia.lopez@udea.edu.co

*** Doctora en Educación, Profesora titular. Facultad de Educación, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia maria.jimenez@udea.edu.co

**** Doctora en Ciencias de la Educación, Profesora. Facultad de Educación. Universidad de Nariño, Pasto, Colombia anitabaes@gmail.com

***** Doctor en Ciencias Ambientales, Profesor asociado. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. hleonel2001@gmail.com

Artículo de Investigación

Fecha de recepción: 05/09/2024
Fecha de aprobación: 10/06/2025
Fecha de publicación: 01/07/2025



necesidad de continuar implementando estrategias pedagógicas y didácticas que favorezcan su comprensión para propiciar acciones de mitigación frente al cambio climático.

Palabras clave

educación; clima; enseñanza secundaria; conocimientos previos; aprendizaje significativo

Abstract

The climate crisis demands immediate action to mitigate its effects and promote sustainable practices across all levels of education. However, this phenomenon is only partially addressed in Colombia's national science education standards, and its inclusion in school environmental projects is optional. For this reason, identifying students' prior knowledge is a crucial first step in understanding the climate system from a meaningful and critical learning perspective. This article presents findings from an investigation into the prior knowledge of high school students across five key categories of the climate system: weather and climate, the greenhouse effect and greenhouse gases, climate balance, natural and anthropogenic causes, and consequences. Through qualitative content analysis, emerging patterns in student responses were identified and compared to the proposed categories. The results indicate that while students recognise the impact of human intervention on the climate, they show confusion regarding concepts such as climate change, global warming, and the greenhouse effect, along with a lack of knowledge about weather and climate fundamentals. These concepts are essential for understanding the climate system and highlight the need to continue implementing pedagogical and didactic strategies that foster comprehension and encourage mitigation actions in response to climate change.

Keywords

education; climate; high school education; prior knowledge; meaningful learning

Resumo

A crise climática exige ações imediatas para mitigar seus efeitos e promover práticas sustentáveis em todos os níveis de ensino. No entanto, esse fenômeno é abordado de forma parcial nos parâmetros curriculares de ciências naturais na Colômbia e é opcional nos projetos ambientais escolares. Por isso, é fundamental identificar os conhecimentos prévios dos estudantes como um primeiro passo para compreender o sistema climático sob uma perspectiva de aprendizagem significativa e crítica do fenômeno. Este artigo apresenta os resultados da investigação dos saberes prévios de estudantes do Ensino Médio em cinco categorias-chave do sistema climático: tempo atmosférico e clima, efeito estufa e gases de efeito estufa, balanço climático, causas naturais e antrópicas, e consequências. A partir de uma análise de conteúdo qualitativa, foram identificados padrões emergentes nas respostas dos estudantes e sua correspondência com as categorias propostas. Os resultados mostram que os estudantes reconhecem o impacto da intervenção humana no clima, mas apresentam confusões em conceitos como mudanças climáticas, aquecimento global e efeito estufa, além de desconhecimento sobre aspectos do tempo atmosférico e do clima. Esses conceitos são fundamentais para compreender o sistema climático e ressaltam a necessidade de continuar implementando estratégias pedagógicas e didáticas que favoreçam sua compreensão e estimulem ações de mitigação frente às mudanças climáticas.

Palavras-chave

educação; clima; ensino médio; conhecimentos prévios; aprendizagem significativa

Introducción

La crisis climática actual requiere acciones inmediatas de adaptación y mitigación. Los niños y jóvenes serán los más vulnerables debido a factores fisiológicos, sociales y económicos. En términos físicos y fisiológicos, ellos tienen menor capacidad para sobrevivir a condiciones climáticas extremas, además de enfrentar un mayor riesgo de contraer enfermedades agravadas por el cambio climático. También se ven afectados por interrupciones en su educación debido a eventos meteorológicos como inundaciones, sequías y olas de calor. En contextos de alta vulnerabilidad social y económica, el impacto climático tiende a profundizar las desigualdades, aumentar la pobreza y elevar las tasas de migración forzada. Como son los niños los que vivirán las consecuencias de las decisiones que se tomen hoy, es fundamental comprender sus mecanismos para impulsar prácticas sostenibles (UNICEF, 2024).

El entendimiento de este fenómeno representa un desafío escolar debido a su interdisciplinariedad, ya que los contenidos están dispersos entre diversas disciplinas y grados (Anyanwu *et al.*, 2015; You *et al.*, 2021). Esto ha generado desconocimiento sobre las bases científicas del Cambio Climático (CC), sus causas y consecuencias (Ladrera y Robredo, 2022).

En Colombia, el fenómeno no se incorpora formalmente en los Estándares Básicos de Competencias (Ministerio de Educación Nacional, 2004), los Derechos Básicos de Aprendizaje (Ministerio de Educación Nacional, 2016), ni en los Proyectos Ambientales Escolares (PRAE) (Ministerio de Educación Nacional y Ministerio de Medio Ambiente, 2003), quedando su enseñanza a la autonomía del docente (Calderón *et al.*, 2024).

El concepto de CC es familiar para los estudiantes y ha ingresado a su lenguaje cotidiano debido a su exposición en redes de información

verbal y visual. Los estudiantes ya poseen ideas sobre este fenómeno (Varela *et al.*, 2020). La comunicación visual del CC ha ganado fuerza en medios digitales y publicitarios. Aunque, según Nicholson (2005), esto aumenta la motivación por el tema, la información que circula no siempre tiene sustento científico (Ballantyne *et al.*, 2016; Nicholson, 2005; Varela *et al.*, 2020). Esto puede generar conceptos erróneos que minimizan la aceptación del fenómeno y reducen el apoyo a las acciones de mitigación (Cook, 2022). Además, la falta de comprensión y conocimiento sobre el CC se correlaciona con el desinterés en el fenómeno y la tendencia a desvincularse de la responsabilidad individual para contrarrestar sus efectos (Ballantyne *et al.*, 2016; García-Vinuesa *et al.*, 2022; Varela *et al.*, 2020).

Los conocimientos previos sobre una temática pueden ser construidos por el entorno cultural y estar influenciados por visiones del mundo, o ser heredados a través de amigos, familia y comunidad (Agosta y Cuetos, 2023). Identificar las ideas previas de los estudiantes sobre el fenómeno es esencial para reconfigurar los planes de estudio y diseñar materiales pedagógicos y didácticos que respondan a sus necesidades, favoreciendo un aprendizaje significativo, reflexivo y crítico (Moreira, 2005).

En este artículo se presentan los resultados de dos instituciones educativas donde se identificaron los conocimientos previos en torno a cinco categorías clave para la comprensión del sistema climático: 1) diferencia del tiempo atmosférico y clima, fundamental para entender la urgencia de actuar frente al cambio del clima (Cartwright *et al.*, 2021); 2) efecto invernadero y gases de efecto invernadero, que ayudan a comprender las causas naturales del calentamiento del planeta (Roychoudhury *et al.*, 2017); 3) balance del clima, con énfasis en el ciclo del carbono y las posibles acciones de mitigación a través de la fotosíntesis (You

et al., 2021); 4) causas antropogénicas que permiten identificar los factores humanos que han alterado el clima (Roychoudhury *et al.*, 2017); 5) consecuencias del fenómeno, para visualizar el peligro, riesgos o vulnerabilidad a la que se enfrentan distintas poblaciones (García *et al.*, 2022). Además, se analizó la relación entre conceptos que permiten una comprensión holística e integral del fenómeno. Estos hallazgos serán el insumo, en futuras investigaciones, para el diseño de estrategias pedagógicas y didácticas que contribuyan al aprendizaje significativo y crítico del sistema climático.

La pregunta de investigación que orientó el estudio fue: ¿Cuáles son las principales fortalezas y dificultades en los conocimientos previos de los estudiantes sobre el sistema clima?

Antecedentes

En la revisión de literatura, se identificó un aumento reciente de estudios sobre conocimientos previos, reflexiones, actitudes y modelos enfocados al CC, impulsados por el creciente flujo de información visual, de realidad auténtica y virtual sobre el fenómeno. Los medios de comunicación, como noticias, periódicos y películas, influyen en las percepciones de los estudiantes sobre el CC (Nicholson, 2005), sirviendo como punto de partida para el diálogo y la reflexión al hacer tangible la ciencia climática abstracta (Ballantyne *et al.*, 2016). Estudios recientes han identificado ideas previas de los estudiantes sobre CC, revelando confusión conceptual entre CC y efecto invernadero, así como desconocimiento de conceptos clave para comprender el sistema climático. La Tabla 1 describe los principales hallazgos de estos estudios en estudiantes de secundaria.

Tabla 1. Estudios relacionados con conocimientos previos asociados al CC en estudiantes de secundaria

| Autor/año | Lugar | Algunos resultados |
|-------------------------------------|-------------|--|
| Nicholson, (2005) | Reino Unido | El CC se relaciona con los eventos de tiempo atmosférico. No establecen conexión entre las actividades personales y el CC. |
| García, <i>et al.</i> (2012) | España | El Efecto Invernadero está relacionado con la contaminación y con la capa de ozono. Las causas: gases contaminantes, uso de vehículos. Aumentarán de fenómenos extremos, aumento del nivel del mar, agujero de la capa de ozono, vida amenazada. |
| Ballantynes, <i>et al.</i> (2016) | Suecia | Impactos: osos polares, deshielo, desastres naturales. Causas: CO ₂ , medios de transporte, industrialización. No asumen responsabilidad individual. |
| (Roychoudhury <i>et al.</i> , 2017) | EEUU | El CO ₂ incrementa el agujero de la capa de ozono. El calentamiento global es lo mismo que el CC. calentamiento global es el cambio de temperatura, pero no mencionan precipitación. Desconocimiento del sistema clima y sus interrelaciones con el ciclo del Carbono y sus componentes. |
| Varela, <i>et al.</i> (2020) | España | El CC es el incremento de la T°. Causas: contaminación, actividades humanas, lluvia ácida y destrucción de la capa de ozono, incremento del Efecto Invernadero. Reducir de uso de vehículo. No relacionan deforestación con CC. Relacionan CC con destrucción de la capa de ozono. No reconocen los mecanismos de CC. Mencionan reciclaje, pero sin conocimiento real. |

| Autor/año | Lugar | Algunos resultados |
|------------------------|-----------------|---|
| García, et al., (2022) | España e Italia | Conocimiento superficial del cc. No relacionan su comportamiento con el cc. Confunden amenazas de desastres como deterioro de la capa ozono. Reconocen las causas antropogénicas del cc, hay incoherencias con el origen natural. |
| Agosta y Cuetos (2023) | España | El cc es una amenaza para la población. El cc se da por causas antropogénicas y está ocurriendo ahora. El nivel más bajo de conocimiento está en el balance entre el sol y la tierra, seguido de consecuencias relacionados con GEI. Preocupación y ansiedad por la crisis climática. |

Fuente: elaboración propia.

Esta revisión permitió extraer la información sobre las concepciones del cc en diferentes contextos y países, destacando la necesidad de una educación climática más detallada y contextualizada que aborde los conocimientos conceptuales, aclare malentendidos, conecte los conocimientos con las acciones diarias y fomente una visión crítica y activa hacia la mitigación del cc.

Marco Teórico o Conceptual

Los conocimientos previos: los cimientos para el aprendizaje significativo

En su Teoría del Aprendizaje Significativo, David Ausubel destacó los conocimientos previos de los estudiantes como el principal insumo para incorporar nuevos aprendizajes (Sexton, 2020). Al integrarse la nueva información con la estructura cognitiva existente, se promueve un aprendizaje significativo y duradero, en contraste con el aprendizaje memorístico y a corto plazo. Identificar estos conocimientos previos permite a los profesores comparar sistemáticamente (reconciliación integradora) y contrastar (diferenciación progresiva) la nueva información con la anterior. Con esta base, el docente puede anticipar posibles dificultades conceptuales y fomentar un aprendizaje significativo, útil y relevante mediante la selección de materiales educativos adecuados y la creación de entornos que involucren activamente a los

estudiantes, siendo prácticos y alineados con los objetivos de aprendizaje.

De acuerdo con Ausubel, el conocimiento previo es la suma de todo el conocimiento adquirido, así como la organización de los hechos, conceptos y principios que componen ese conocimiento (Sexton, 2020). En consonancia con Ausubel, Prawat (1992) plantea que este se forma desde las experiencias individuales y sociales y, algunas son resistentes al cambio. Por lo tanto, identificar las concepciones previas de los estudiantes es una parte integral de la planificación de las clases para promover la participación, alentar a los estudiantes a expresar sus propias ideas y permitirles encontrar sentido a los contenidos, en tanto se identifican las potencialidades, necesidades y dificultades en el aprendizaje; así, los conocimientos previos pueden transformarse gradualmente buscando acercarse cada vez más al conocimiento científicamente aceptado (Pozo y Gómez, 2009).

Pozo y Gómez (2009) consideran que las concepciones previas tienen tres orígenes: sensorial, cultural y escolar. El sensorial proviene de la interacción directa con el mundo y son denominadas espontáneas, pues intentan dar significado a las actividades cotidianas basándose en reglas de causalidad. El cultural surge del entorno social y cultural, incluyendo creencias inducidas sobre hechos y fenómenos, llamadas representaciones sociales, donde los medios de comunicación juegan un papel crucial al difundir información, aunque

de manera no organizada. El escolar se construye con los aprendizajes obtenidos en la escuela e influye en los aprendizajes posteriores. Así, los conocimientos previos se obtienen de la interacción entre sentidos, lenguaje, cultura y tareas escolares, formando parte del sentido común, lo que dificulta su movilización.

Educación para el cambio climático: comprender el sistema clima

El CC es uno de los mayores riesgos para la humanidad. Las evidencias del fenómeno han sido difundidas desde 1998, generando preocupación mundial por su potencial destructivo, atribuido principalmente a las emisiones antrópicas de gases de efecto invernadero (GEI). Desde entonces, se han llevado a cabo las Conferencias de las Partes (COP) para diseñar y evaluar estrategias globales de descarbonización, formuladas en Kioto (1997) y París (2015). Una de estas estrategias es la promoción de la Educación para el Cambio Climático (ECC) en todas las etapas escolares (UNESCO, 2020).

La ECC se define como la adquisición de un conocimiento suficiente sobre los principios esenciales del funcionamiento del clima, fundamental para empoderar al alumnado en la toma de decisiones guiadas por el conocimiento científico (Selby y Kagawa, 2013). González y Meira (2020) sugieren inicialmente una educación sobre el sistema clima que aborde la alfabetización científica, ecológica y ambiental, y posteriormente una ECC que promueva el cambio hacia la adaptación, descarbonización y transición ecológica.



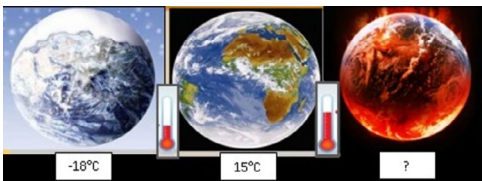
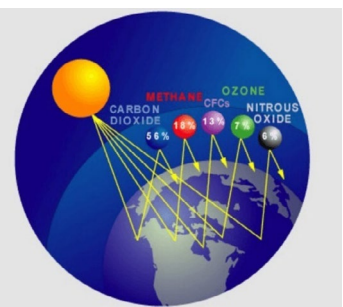
Metodología

Este estudio se enmarca en tradición cualitativa y adopta un enfoque de estudio de caso instrumental (Stake, 1999). La indagación de conocimientos previos se realizó en dos instituciones educativas oficiales de Colombia: el Liceo de la Universidad de Nariño (Pasto – Nariño), con 47 estudiantes (en adelante EU), y la Institución Educativa la Paz (Envigado – Antioquia), con 39 participantes (en adelante EP). Los participantes cursaban grado séptimo, con edades entre los 11 y 14 años. Tanto ellos como sus padres firmaron consentimientos informados para participar en la investigación.

Recolección de información

La recolección de información se llevó a cabo en dos momentos; en el primero se usaron imágenes de temáticas/problemáticas del CC centradas en las categorías (Tabla 2), para su selección se siguió la taxonomía de Perales y Jiménez (2002), con los criterios del grado de iconicidad y funcionalidad en la secuencia didáctica. Los estudiantes las interpretaron individualmente en una sesión de cincuenta minutos, detallando las palabras o conceptos que visualizaban. En el segundo momento, en equipos de tres estudiantes, se construyó un mapa conceptual con veinticinco conceptos relacionados con las categorías asociadas al CC. La actividad se desarrolló en dos sesiones de cincuenta minutos cada una (Tabla 2).

Tabla 2. Categorías, imágenes y temáticas usadas para identificación de conocimientos previos del fenómeno del cc

| Categorías | Imágenes seleccionadas | Clasificación de la imagen y descripción | Temáticas conectadas con cc | |
|--|--|---|---|---|
| Diferencia entre tiempo atmosférico y clima (Roychoudhury et al., 2017). |  <p>UN DÍA EN COLOMBIA</p> <p>7:00 AM 12:00 PM 5:00 PM</p> | <p>Dibujo figurativo. problematizador.</p> <p>Describe la variación en el tiempo atmosférico en un día.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Tiempo atmosférico. • temperatura. • humedad. • precipitación. • nubosidad. | |
| | <p>Estos climas están como raritos. (Medellin turístico, 2021)</p> |  | <p>Dibujo figurativo.</p> <p>• evocador.</p> <p>Describe la altitud como elemento del clima.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Clima. • Alimentación. • Vestuario. |
| | <p>La altitud y los pisos térmicos. (Henao, 2008)</p> |  | <p>Dibujo figurativo.</p> <p>• interpretación y problematización.</p> <p>Presenta el planeta en 3 situaciones: sin efecto invernadero, con efecto invernadero y con exceso de efecto invernadero.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Calor. • Vida. • Atmósfera • Biósfera. • Geósfera. • Hidrósfera. |
| <p>Efecto invernadero y GEI (García-Rodeja y Lima, 2012)</p> |  | <p>Dibujo figurativo más signos y descripción.</p> <p>Describe el mecanismo de producción del efecto invernadero y los GEI que retienen el calor en la atmósfera.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Sol. • GEI. • CO₂. • Vapor de agua. | |
| <p>Methane and the greenhouse effect (Pearson, 2008)</p> | | | | |

Identificando conocimientos previos: un primer paso para la comprensión del cambio climático
Viviana Patricia Obando-Melo, Sonia Yaneth López-Ríos, María Mercedes Jiménez-Narváez,
Ana Sábina Barríos-Estrada, Flugo Ferney Leonel

| Categorías | Imágenes seleccionadas | Clasificación de la imagen y descripción | Temáticas conectadas con CC |
|--|---|--|---|
| <p>Balance del clima (You <i>et al.</i>, 2021)</p> |  <p>Modelo sencillo del ciclo del carbono (Lopez-Rey, 2021)</p> | <p>Dibujo figurativo más signos e interpretación.</p> <p>Se presenta el ciclo del carbono natural, sin intervención de la zona industrial, la única etiqueta que contiene es CO₂.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Ciclo del carbono. • Fotosíntesis. • Respiración. |
| <p>Causas antropogénicas (Roychoudhury <i>et al.</i>, 2017)</p> |  <p>¡El clima está loco! (Molina, 2011)</p> | <p>Dibujo figurativo, interpretación y problematización.</p> <p>Presenta la queja de un adulto por escasez de lluvia en un ambiente deforestado e industrializado.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Industrialización. • Deforestación. • Combustibles fósiles. |
| <p>Consecuencias (García-Rodeja y Lima, 2012)</p> |  <p>El puesto de pesca de Anuk, el esquimal (Toté, 2018)</p> | <p>Dibujo figurativo</p> <ul style="list-style-type: none"> • interpretación y problematización. <p>Se visualiza el cambio del territorio en un lapso de 20 años, derretimiento de criósfera y escasez de alimento.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Calentamiento global. • Derretimiento de hielo. |

Fuente: elaboración propia.

Análisis de la información

Los patrones emergentes de las expresiones empleadas por los estudiantes en la interpretación de imágenes y en las proposiciones formadas en los mapas conceptuales se examinaron mediante un análisis de contenido cualitativo deductivo (Hernández *et al.*, 2014). Se describieron la frecuencia de elementos explicativos en forma porcentual para las imágenes y las repeticiones en las proposiciones para los mapas conceptuales en cada categoría. Como criterio de validez de la

investigación, se realizaron dos tipos de triangulación: una entre fuentes de información y otra comparando los datos obtenidos con el marco teórico (Cisterna, 2005)

Adicionalmente, se realizó un análisis exclusivo de la estructura y contenido semántico de los mapas conceptuales utilizando la metodología propuesta por Lopera-Pérez y Bolívar, (2018), adaptada de Cañas *et al.* (2015)

Resultados y análisis

En ambas instituciones se presentaron resultados similares en cada una de las cinco categorías contempladas para el sistema climático y para la estructura holística del fenómeno del cambio climático.

A continuación, se presentan los resultados y la discusión para cada categoría. Al interpretar

los porcentajes, se debe tener en cuenta que algunos estudiantes mencionaron más de un elemento explicativo en sus respuestas.

Diferencia entre tiempo atmosférico y clima

Se evidenciaron conocimientos insuficientes sobre estos dos conceptos (Tabla 3). En la interpretación de las imágenes, el concepto de tiempo atmosférico se confunde principalmente con el CC o la variación en el clima, y las proposiciones realizadas no reflejan una comprensión adecuada del concepto. Respecto al clima, los estudiantes reconocen la altitud y la influencia de la temperatura como factores que facilitan la producción de alimentos y la diversidad de flora y fauna. Sin embargo, mencionaron escasamente otras variables que influyen en la determinación del clima de un lugar.

Tabla 3. Concepciones sobre tiempo atmosférico y clima

| Categorías | Interpretación de imágenes | | Proposiciones de mapas conceptuales | |
|--------------------|---------------------------------------|--------|-------------------------------------|---|
| | EU (%) | EP (%) | EU | EP |
| Tiempo atmosférico | Cambio climático. | 21 | 42 | |
| | Variación en el clima. | 25 | 0 | De la atmósfera sale el tiempo atmosférico. |
| | Cambio de temperatura. | 4.3 | 18.2 | La atmósfera tiene Tiempo atmosférico. |
| | Calentamiento global. | 4.3 | 3 | |
| Clima | Producción de alimentos. | 29 | 39 | |
| | Escala de temperatura para alimentos. | 12 | 39 | |
| | Diversidad de fauna y flora. | 17 | 33 | El clima crea humedad sale nubosidad. |
| | Escalas de clima. | 19 | 18 | El clima depende de la temperatura. |
| | Pisos térmicos. | 14 | 15 | El clima se produce en la atmósfera. |
| | En el mar calor y en lo alto frío. | 23 | 15.1 | El sol crea el clima. |
| | Vestimenta. | 17 | 0 | El clima influye en los cultivos y en la precipitación. |
| | Costumbres. | 4 | 6 | |

Fuente: elaboración propia.

Estos resultados coinciden con lo reportado por Cartwright *et al.* (2021), quienes encontraron que los estudiantes de secundaria suelen tener problemas para distinguir los dos conceptos, sin reconocer que el clima tarda décadas en cambiar sus patrones. Las alteraciones que se presentan marcan una gran diferencia cuando se calcula el tiempo necesario para mitigar sus efectos. De acuerdo con Roychoudhury *et al.* (2017), el escaso conocimiento del CC surge de conocimientos muy básicos de los dos conceptos. Estos resultados sugieren que los estudiantes carecen de una comprensión sólida del tiempo atmosférico, concepto que contribuye a una mejor comprensión del clima, su importancia vital y las consecuencias de sus alteraciones.

Causas naturales: efecto invernadero y GEI

El efecto invernadero fue relacionado con el calentamiento global, el aumento de la temperatura y el CC. Incluso lo consideraron resultado de la contaminación y de los daños al planeta. Al interpretar los GEI, aunque mencionaron la intervención del sol en algunos procesos relacionados con la tierra, el agua y ciertos gases, no reconocieron su mecanismo de acción. Llama la atención que, aunque la imagen no mencionaba la capa de ozono, este fue el concepto más recurrente en su interpretación. En las proposiciones se identificó que los estudiantes relacionaron el calentamiento global con los GEI. Aunque existe una incipiente articulación entre los GEI y el calor, se evidenció confusión entre los conceptos. La interpretación de imágenes y proposiciones sobre el efecto invernadero y los GEI se describen en la Tabla 4.

Tabla 4. Concepciones sobre efecto invernadero y GEI

| Categoría | Interpretación de imágenes | | Proposiciones de mapas conceptuales | | |
|------------------------------|-------------------------------------|--------|-------------------------------------|---|---|
| | EU (%) | EP (%) | EU | EP | |
| Efecto invernadero | Calentamiento global | 36 | 33 | El calentamiento global proviene del sol (2 veces). La causa del calentamiento global es la temperatura. La causa del calentamiento global es el clima. | El sol afecta el calentamiento global. |
| | Aumento de temperatura | 35 | 36 | | |
| | Cambio de clima | 17 | 18 | | |
| | Contaminación | 14 | 12 | | |
| | Daños al planeta | 14 | 6 | | |
| GEI | Capa de ozono | 19 | 18 | El calentamiento global produce GEI (2 veces). Los GEI afectan el clima y el tiempo atmosférico. La temperatura causa los GEI. | El CO ₂ genera GEI. La temperatura influye en los GEI. La temperatura produce GEI. |
| | Atmósfera | 21 | 3 | | |
| | El sol produce calor | 6 | 24 | | |
| | El sol genera luz y color | 8 | 3 | | |
| | El sol produce fenómenos | 10 | - | | |
| | El sol actúa sobre el agua y rebota | 0 | 21 | | |
| | Evaporación del agua | 13 | 18 | | |
| | Formación de lluvia | 0 | 9 | | |
| | CO ₂ produce calor | 0 | 12 | | |
| Presencia de CO ₂ | 0 | 12 | | | |

Fuente: elaboración propia.

En la comprensión de las causas naturales del fenómeno, es esencial reconocer la importancia del efecto invernadero y sus beneficios para la humanidad, su mecanismo de funcionamiento, la acción del sol y los gases que lo producen. En este estudio, no se reconoció el efecto invernadero como fundamental para la vida en el planeta ni la necesidad de un equilibrio térmico para la supervivencia. Posiblemente, la selección de la imagen condujo a una interpretación diferente debido a su carácter problematizador. No obstante, los estudiantes expresaron ideas sobre el exceso de calor debido al calentamiento global, el aumento de temperatura o el CC, atribuibles a la contaminación y los daños al planeta. Estos resultados son consistentes con los hallazgos de García-Rodeja y Lima (2012).

Los GEI son desconocidos para los estudiantes, y aunque algunos mencionan a la atmósfera como su lugar de ubicación, la referencia a la capa de ozono fue más frecuente. Estos hallazgos coinciden con estudios reportados por Cartwright *et al.* (2021), García-Rodeja y Lima

(2012), García-Vinuesa *et al.* (2022), Ladrera y Robredo (2022) y Varela *et al.* (2020), quienes indican que los estudiantes frecuentemente asocian la capa de ozono con el CC y el efecto invernadero. Otros estudios revelan que los estudiantes vinculan el CO₂ con el incremento del agujero en la capa de ozono (Cartwright *et al.*, 2021; Roychoudhury *et al.*, 2017) y su influencia en los desastres naturales (García-Vinuesa *et al.*, 2022).

El balance del clima: ciclo del carbono

Los estudiantes reconocen algunos procesos relacionados con el ciclo del carbono, principalmente la fotosíntesis, la producción de oxígeno y la respiración, que implican la expulsión de CO₂ o el intercambio de gases. Sin embargo, mencionan escasamente la descomposición, la red trófica y el crecimiento de las plantas. Además, no logran relacionar estos conceptos con el balance del clima. En el grupo de Nariño (EU), no se encontraron proposiciones alusivas al ciclo del carbono (Tabla 5).

Tabla 5. Concepciones sobre balance del clima: ciclo del carbono

| Categoría | Interpretación de imágenes | | Proposiciones de mapas conceptuales | |
|--------------------------------------|--------------------------------|--------|-------------------------------------|--|
| | EU (%) | EP (%) | EU | EP |
| Balance del clima: ciclo del carbono | Fotosíntesis. | 64 | 6 | Los cultivos salen de la fotosíntesis. (4 veces) La fotosíntesis actúa en el ciclo de las plantas. El sol ayuda a la fotosíntesis. La fotosíntesis es buena para el CO ₂ nos ayuda a la respiración. |
| | Producción de oxígeno. | 13 | 24 | |
| | Uso del CO ₂ . | 0 | 6 | |
| | Producción de alimento. | 0 | 3 | |
| | Proceso de respiración. | 15 | 6 | |
| | Expulsión de CO ₂ . | 15 | 12 | |
| | Intercambio de gases. | 11 | 0 | |
| | Excremento. | 2 | 3 | |
| | Abono. | 4 | 6 | |
| | Un ciclo como proceso. | 13 | 3 | |
| | Ciclo de las plantas. | 4 | 6 | |
| | Ciclo de la vida. | 8 | 0 | |
| | Cadena alimenticia. | 0 | 12 | |
| | Crecimiento de plantas | 0 | 15 | |
| | Sol participante | 0 | 9 | |

Fuente: elaboración propia.

El ciclo del carbono natural es fundamental para el equilibrio climático, y su alteración es un factor clave en el incremento de los GEI (Roychoudhury *et al.*, 2017; You *et al.*, 2021). Los estudiantes no reconocen los elementos del ciclo del carbono como componentes esenciales del equilibrio climático. Estos hallazgos coinciden con los reportados por Roychoudhury *et al.* (2017), quienes señalan que los estudiantes no lograron conectar los conceptos ni demostrar una comprensión del papel de la fotosíntesis, la respiración y la cadena alimentaria en el balance del sistema climático.

El reconocimiento de estos elementos es crucial para proponer alternativas de mitigación basadas en fundamentos conceptuales, tales como la reforestación y la aforestación. Estas estrategias destacan el rol de las plantas en la captura y procesamiento del CO₂, un gas de efecto invernadero principal.

Causas antropogénicas

Los estudiantes reconocen claramente la intervención humana como una fuente de alteración climática. Sin embargo, en las proposiciones se observa que utilizan de manera indistinta los conceptos de calentamiento global, GEI y CC (Tabla 6).

Tabla 6. Concepciones sobre causas antropogénicas

| Categoría | Interpretación de imágenes | | | Proposiciones de mapas conceptuales | |
|-----------------------|-------------------------------|--------|--------|---|---|
| | Concepciones | EU (%) | EP (%) | EU | EP |
| Causas antropogénicas | Contaminación humana. | 43 | 46 | La causa del calentamiento global es la industrialización, (4 veces), deforestación, combustible fósil y el CO ₂ . | La industrialización utiliza combustibles fósiles. |
| | Deforestación. | 40 | 26 | | La industrialización es mala para la temperatura. |
| | Industrias. | 19 | 30 | | |
| | Humano destructor. | 23 | 21 | Los GEI se dan por la industrialización (3 veces). | El clima que es afectado por la deforestación. |
| | Ignorancia de humanos. | 11 | 9 | La industrialización se produce por combustible fósil. | La deforestación influye en el calentamiento global. |
| | Necesidad de concientización. | 6 | 3 | La industrialización y deforestación afectan el clima y la temperatura. | Combustibles fósiles se usan para industrialización para vivienda y para vestuario. |

Fuente: elaboración propia.

La mayoría de los estudiantes reconocen al ser humano como el actor principal en el desequilibrio climático. Esto coincide con varios autores (Agosta y Cuetos, 2023; García-Vinuesa *et al.*, 2022; Roychoudhury *et al.*, 2017; Varela *et al.*, 2020), quienes reportaron que los estudiantes atribuyen la alteración climática a la industrialización y al uso del transporte (Ballantyne *et al.*, 2016). Sin embargo, muchos consideran el fenómeno como un problema distante de ellos, similar a lo observado por Ballantyne *et al.* (2016) en estudiantes de secundaria en Suecia, quienes reconocen la acción humana pero no consideran su propia participación en la alteración del fenómeno.

Consecuencias del cc

Los participantes identificaron varias consecuencias del cc, principalmente el derretimiento de glaciares, el calentamiento global, los cambios

en el tiempo y el cc. Además, reflexionaron sobre los peligros que afectan a diferentes poblaciones de animales y seres humanos y, de los impactos en los alimentos, la vida y el hábitat (Tabla 7).

Tabla 7. Concepciones sobre consecuencias del cc

| Categorías | Interpretación de imágenes | | Proposiciones de mapas conceptuales | | |
|---------------|-----------------------------|--------|---|---|---|
| | Concepciones | EU (%) | EP (%) | EU | EP |
| Consecuencias | Derretimiento de glaciares. | 55 | 79 | La industrialización afecta los cultivos (2 veces) y la respiración. | Industrialización causa deforestación. |
| | Calentamiento global. | 38 | 18 | La industrialización causa derretimiento de glaciares (3 veces). | El calor produce deforestación. |
| | Cambio de tiempo. | 28 | 30 | La deforestación causa derretimiento de glaciares. | El calentamiento global afecta a los cultivos por falta de humedad afecta la fotosíntesis y por falta de oxígeno afecta la respiración. |
| | Cambio de clima. | 6 | 33 | La contaminación produce Calentamiento global. | La contaminación produce nubosidad (4 veces). |
| | Contaminación. | 6 | 15 | Industrialización produce contaminación. | La industrialización causa deforestación. |
| | Cambio de temperatura. | 0 | 15 | El calentamiento global produce derretimiento de glaciares (3 veces). | Geósfera genera los combustibles fósiles afectando los cultivos. |
| | Sol mucho tiempo. | 11 | 0 | El calentamiento global irregulariza el clima. | La temperatura hace el derretimiento de glaciares (3 veces). |
| | Peligro. | 23 | 9 | El calentamiento global afecta la respiración. | El calentamiento global produce derretimiento de glaciares (2 veces). |
| | | | El calentamiento global destruye la biósfera, la atmósfera, la hidrósfera y geósfera. | Los glaciares se están convirtiendo en vapor de agua. | |
| | | | El derretimiento de glaciares destruye cultivos y viviendas. | | |
| | | | La temperatura provoca el derretimiento de glaciares. | | |
| | | | El tiempo atmosférico afecta la temperatura lo que resulta en derretimiento de glaciares. | | |

Fuente: elaboración propia.

En la evaluación de las proposiciones relacionadas con las consecuencias, se notó el uso de enlaces cruzados con las causas antropogénicas, con proposiciones más completas, que permitieron percibir que reconocen las interacciones de ambos aspectos. Sin embargo, se evidencia que los conceptos de cc, calentamiento global y GEI se tratan de manera indistinta en las proposiciones planteadas. Los estudiantes identifican diversas consecuencias en el ambiente natural, en la temperatura, los glaciares, las plantas y en los ambientes modificados por la humanidad, como los cultivos y las viviendas.

Se percibe en los participantes una mayor fluidez en las proposiciones relacionadas con las consecuencias, asociándolas con los impactos de las acciones humanas en el ambiente natural y en el modificado, como es el caso de las viviendas y los cultivos. Diversos estudios muestran que las causas antropogénicas y las consecuencias que ello conlleva son las categorías más reconocidas por los estudiantes de secundaria (Agosta y Cuetos, 2023; García-Rodeja y Lima, 2012; García-Vinuesa *et al.*, 2022; Roychoudhury *et al.*, 2017).

La concepción más fuerte se relacionó con el derretimiento de glaciares, aun cuando la imagen no tenía relación con ellos. Es posible que los estudiantes asocien el CC con el derretimiento de icebergs o glaciares, debido a que es una de las representaciones más populares y frecuentemente difundidas por los medios de comunicación.

La identificación de conocimientos previos de los estudiantes relacionados con el sistema climático resulta esencial para promover un aprendizaje significativo y crítico del fenómeno. Reconocer lo que los estudiantes ya saben, en términos de sus fortalezas y dificultades, permite diseñar materiales educativos con estrategias pedagógicas que partan de sus propias representaciones (Sexton, 2020), y así facilitar la comprensión de los elementos clave del sistema climático. Indagar por estos conocimientos se constituye en un primer paso para la construcción de conocimiento científico; favoreciendo la reflexión y la acción frente a la crisis climática y formando ciudadanos más conscientes y comprometidos con la mitigación y adaptación al cambio climático.

Las fortalezas y dificultades que se ponen de manifiesto en los conocimientos previos de los estudiantes se sintetizan en la Tabla 8.

Tabla 8. Hallazgos registrados de conocimientos del sistema climático

| Categoría | Fortalezas | Dificultades |
|---|--|--|
| 1. Diferencias entre tiempo atmosférico y clima. | Identifican algunas variables del clima. | El tiempo atmosférico se confunde con cambio climático. |
| 2. Causas naturales del calentamiento del planeta: Efecto invernadero Gases de Efecto Invernadero. | Reconocen la intervención del sol en algunos procesos. | No relacionan el EI como fundamental para la vida. Confunden efecto invernadero con calentamiento global (y lo asocian con contaminación). Relacionan los GEI con el calentamiento global y con la capa de ozono. |
| 3. Balance del clima: ciclo del carbono. | Identifican algunos procesos como fotosíntesis. | No reconocen otros elementos del ciclo como red trófica, descomposición. No se asocia al ciclo del carbono con el balance del clima. |
| 4. Causas antropogénicas. | Reconocen la intervención humana como causante de la alteración del clima. | |
| 5. Consecuencias | Identificaron el derretimiento de glaciares, el calentamiento global, cambios en el tiempo y el cambio climático. Mencionan los impactos del CC en los humanos, animales y ambiente. | No reconocen su propia participación en las alteraciones climáticas. |
| Análisis holístico | | Confunden cambio climático con calentamiento global. |

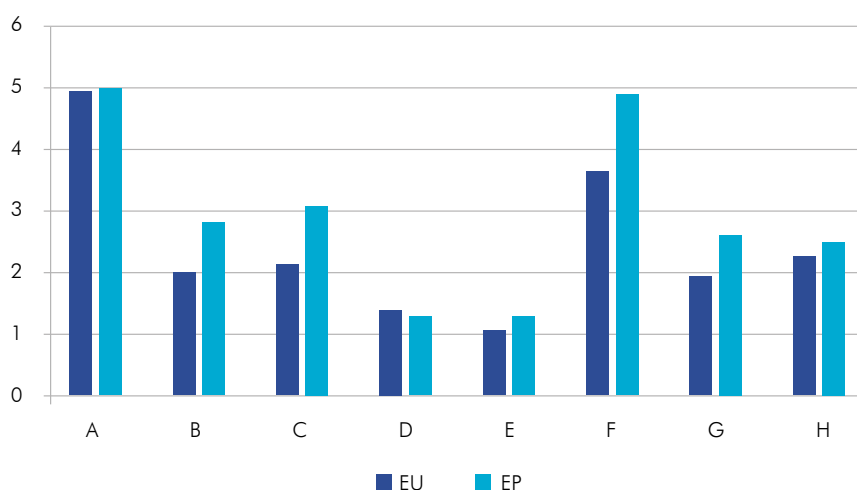
Fuente: elaboración propia.

Estructura y contenido semántico de los mapas conceptuales

En el análisis de los mapas conceptuales, se evidenció que en ambas instituciones se presentan resultados similares tanto en la estructura como en el contenido semántico (Figura 1). Es importante mencionar que los ítems A y F de la valoración presentan un puntaje alto, debido a que los conceptos no

fueron elegidos por los estudiantes, sino que fueron aportados por la investigadora. La calificación más baja se relacionó con la profundidad jerárquica y los enlaces cruzados. Fue difícil establecer niveles en la profundidad jerárquica, ya que varios equipos no utilizaron palabras de enlace, tampoco las diferenciaron por tamaño o color, y la ubicación de los conceptos en la mayoría de los casos se dio de manera lineal.

Figura 1. Estructuración de conocimientos mediante mapas conceptuales



Fuente: elaboración propia.

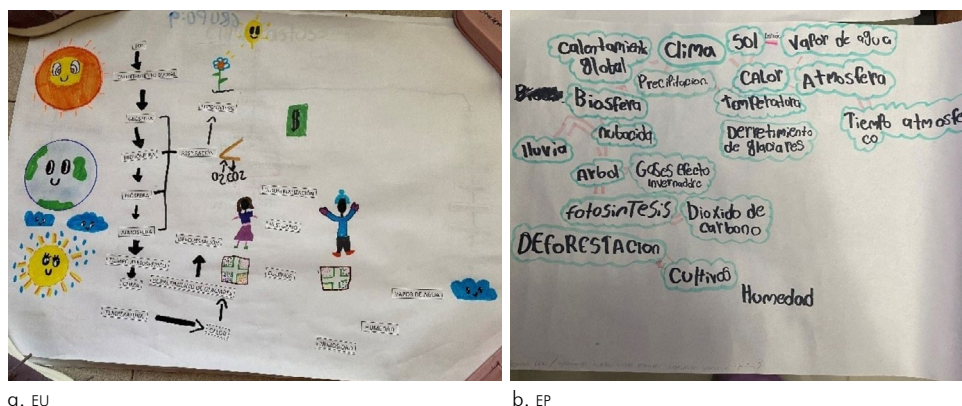
Figura 2. Clasificación de estructura y contenido semántico de mapas conceptuales.

| MC | Aproximación cualitativa | |
|-----------------------|--------------------------|----------------------------------|
| Estructura/ topología | A | Longitud del concepto. |
| | B | Palabras de enlace. |
| | C | Grado de ramificación. |
| | D | Profundidad jerárquica. |
| | E | Enlaces cruzados. |
| Contenido semántico | F | Calidad de los conceptos. |
| | G | Enlace para proposiciones. |
| | H | Proposiciones (acierto – error). |

Fuente: Lopera y Bolívar (2016).

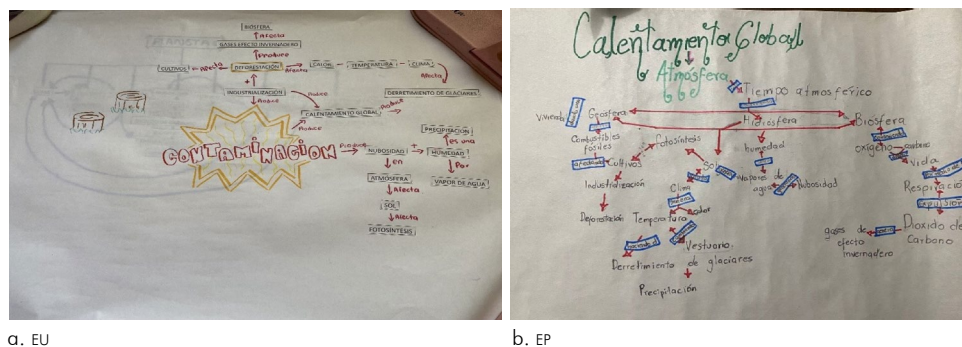
Escribir la palabra de enlace para darle sentido a la oración al unir los conceptos fue el ítem que presentó mayor dificultad. Algunos optaron por no usar palabras de enlace (Figura 3), lo que impidió plantear proposiciones entre conceptos; en otros casos, utilizaron palabras de enlace para relacionar todos los conceptos, pero usaron la misma palabra de enlace (se da, influye, es) en más de la mitad de los conceptos. En otros equipos, se usaron palabras que permitieron la formación de proposiciones (Figura 4).

Figura 3. Mapas conceptuales sin palabras de enlace a. Estudiantes liceo de la Universidad (EU). b. Estudiantes IE la Paz (EP)



Fuente: imágenes realizadas por los estudiantes.

Figura 4. Mapas conceptuales usando palabras de enlace a. EU b. EP



Fuente: imágenes realizadas por los estudiantes.

Los estudiantes escogieron autónomamente la raíz principal del mapa atendiendo al tema del sistema climático. En las dos instituciones se presentaron resultados similares, siendo el concepto más frecuente “calentamiento global” con el 50% de los casos, seguido por “sol” con el 16,7%. Otras palabras raíz usadas fueron “destrucción del planeta” (6%), “planeta” (6%), “clima” (6%), “contaminación” (6%) y “cc” (6%). Los estudiantes no relacionan los conceptos propuestos con el sistema climático.

Conclusiones

En los conocimientos previos del fenómeno del CC no se identificaron diferencias entre el lugar de procedencia de las instituciones educativas. Es posible que la difusión por medios de comunicación esté vinculada con las concepciones que los estudiantes han construido sobre el fenómeno.

Las expresiones de los estudiantes revelan que el fenómeno es un tema presente en su cotidianidad, aunque se percibe confusión entre los conceptos CC, calentamiento global y GEI. A pesar de estas confusiones, los estudiantes demuestran sensibilidad hacia la problemática global del CC, lo que revela una base para desarrollar estrategias educativas que aborden estas confusiones y fortalezcan la comprensión del sistema climático.

Dentro de las dificultades, surge la necesidad de familiarizar a los estudiantes con conceptos como tiempo atmosférico y clima; esto podría ayudar en su diferenciación y posterior decisión de actuar para mitigar los daños, ya que se estima que se requieren por lo menos tres décadas para que el clima cambie y cualquier decisión y acción se necesita lo más pronto posible para que funcionen a largo plazo (Cartwright *et al.*, 2021). Los estudiantes desconocen el efecto invernadero y los GEI como fundamentales para la vida; conocer su mecanismo de acción y sus interacciones con los sistemas de la Tierra facilitará reconocer su importancia en la diversidad, en la supervivencia y en las predicciones de sus alteraciones (García-Vinuesa *et al.*, 2022).

Al no reconocer los GEI, tampoco relacionan al CO₂ como insumo para la alimentación de las plantas y, por ende, como facilitador del equilibrio climático (Roychoudhury *et al.*, 2017). La comprensión del ciclo natural del carbono permite elaborar propuestas de mitigación del fenómeno a través de acciones de reforestación y aforestación.

Entre las fortalezas reveladas en el estudio, los estudiantes reconocen la intervención del ser humano en la alteración climática y las consecuencias que estas acarrea. Estos hallazgos pueden llevar a una mayor conciencia de responsabilidad individual y colectiva y motivar el inicio de prácticas sostenibles para promover cambios positivos en el entorno. Por otro lado, invitan a profundizar el reconocimiento de las causas para plantear posibles soluciones.

Para los docentes, reconocer estas concepciones, permite seleccionar y diseñar actividades que respondan a las necesidades de los estudiantes, tomando en cuenta sus raíces culturales y sociales y situándolos en la realidad actual. Esto contribuye a la formación de una visión más crítica y reflexiva. Para lograrlo, se requieren diversas estrategias y herramientas didácticas de enseñanza enfocadas en una participación activa del estudiante. Estas deben potenciar su curiosidad, ampliar la percepción y representación del mundo, fomentar la interacción social y mejorar su comunicación con un lenguaje propio de las ciencias, aprovechando los recursos de comunicación verbales o visuales presentes en su contexto que favorezcan la construcción de sus conocimientos. Así, los estudiantes pueden comprender el clima como un sistema que interactúa constantemente y que se necesitan acciones urgentes para contrarrestar o minimizar lo que se está viviendo en la actualidad y que ellos son también convocados a modificar sus acciones y pensamiento ante esta crisis climática.

Las categorías del sistema climático seleccionadas para grado séptimo, si bien no están incorporadas en los estándares curriculares actuales incluyen algunos conceptos clave relacionados con el sistema climático, como los ciclos biogeoquímicos y la fotosíntesis. Por lo tanto, es necesario ampliar su alcance para integrar de manera explícita las demás categorías fundamentales para la comprensión

del cambio climático. Además, los hallazgos del estudio confirman la urgencia de abordar las confusiones conceptuales presentes en los conocimientos previos de los estudiantes, con el fin de fortalecer una comprensión holística del sistema climático que sustente acciones educativas orientadas a la mitigación del fenómeno.

Para lograrlo, es fundamental un diseño educativo efectivo que no solo se alinee con el desarrollo cognitivo de los estudiantes, sino que también integre referentes educativos clave y su contexto, logrando así una mayor coherencia y comprensión. Esto permitirá formar los estudiantes para entender mejor el sistema climático y sus implicaciones en la vida cotidiana y en el futuro del planeta.

Referencias

- Artime, M. (2015, noviembre 30). Seis razones por las que los científicos están seguros del cambio climático. *Maikelnai's blog*. <https://maikelnai.naukas.com/2015/11/30/seis-razones-por-las-que-los-cientificos-estan-seguros-del-cambio-climatico/>
- Cartwright, T. J., Hemler, D. y Magee, P. A. (2021). Investigating Weather, Climate, and Climate Change Understanding of Appalachian Middle-Level Students. *Electronic Journal for Research in Science y Mathematics Education*, 25(2), 6-29. <https://ejrsme.icrsme.com/article/view/20984>
- Cisterna, F. (2005). Categorización y triangulación como procesos de validación del conocimiento en investigación cualitativa. *Theoria*, 14(1), 61-71. <https://www.redalyc.org/pdf/299/29900107.pdf>
- García-Rodeja, I. y Lima, G. (2012). Sobre el cambio climático y el cambio de los modelos de pensamiento de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias.*, 3(30), 195-218. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/285690>
- García-Vinuesa, A., Meira, P. Á., Caride, J. A. y Bachiorri, A. (2022). El cambio climático en la educación secundaria: Conocimientos, creencias y percepciones. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 40(2), 25-48. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3526>
- Henao, S. (2008, marzo 10). La altitud y los pisos térmicos [Blog]. *Instancia tecnológica*. <https://tecnolgiawebquestshm.blogspot.com/2008/03/que-son-los-pisos-termicos-los-pisos.html>
- Lopera-Pérez, M. y Bolívar, S. (2018). Itinerario para la construcción y autoevaluación de mapas conceptuales transdisciplinarios: El caso del cambio climático. *Revista Tecné, Episteme y Didaxis: TED, Memorias VIII Congreso Internacional sobre formación de profesores de ciencias*. <https://revistas.upn.edu.co/index.php/TED/article/view/8974>

- Lopez-Rey, D. (2021). Un nuevo estudio avala que los pastizales retienen más CO₂ que los bosques. Meteorología. Lucha contra el cambio climático [Canal]. *Canal Extremadura*. <http://www.canalextrmadura.es/noticias/meteorologia/un-nuevo-estudio-avala-que-los-pastizales-retienen-mas-co2-que-los-bosques>
- Martínez, J. A. (2009, marzo 20). La belleza de nuestro planeta, los océanos y continentes [Blog]. *Océanos y continentes*. <https://oceanosycontinentesjoantonio.blogspot.com/2009/>
- Medellin turístico. (2021, marzo 20). *Estos climas están como raritos* [Red social]. Facebook. https://www.facebook.com/MedellinTuristico/photos/a.500612986718078/3719657678146910/?type=3y_rdr
- Molina, P. (2011, junio 13). ¡El clima está loco! [Blog]. *Creando conciencia crítica*. <https://creandoconcienciacritica.blogspot.com/2011/06/el-clima-esta-loco.html>
- Pearson, C. (2008, abril 30). How methane affects history? [Blog]. *The role of chemistry in history*. <https://itech.dickinson.edu/chemistry/?p=866#more-866> (2008)
- Perales, F. J. y Jiménez, J. de D. (2002). Las ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Análisis de libros de texto. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 20(3), 369-386. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3954>
- Roychoudhury, A., Shepardson, D. P., Hirsch, A., Niyogi, D., Mehta, J. y Top, S. (2017). *The Need to Introduce System Thinking in Teaching Climate Change*. 25(2), 9. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1132081.pdf>
- Sexton, S. (2020). Meaningful Learning-David P. Ausubel. En B. Akpan y T. J. Kennedy (Eds.), *Science Education in Theory and Practice: An Introductory Guide to Learning Theory*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-43620-9>
- Stake, R. (1999). *Investigación con estudio de casos* (Morata). Gobierno de España. https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/guiapa_tcm30-479094.pdf
- Toté. (2018, junio 26). El puesto de pesca de Anuk, el esquimal. El cambio climático en viñetas [Blog]. *Elcomic*. <https://elcomic.es/el-cambio-climatico-en-vinetas/>
- Tunez, A. L. (2018, marzo 15). O planeta está aqueciendo ou resfriando? [Blog]. *Tunes Ambiental*. <https://tunesambiental.com/o-planeta-esta-quecendo-ou-resfriando/>
- You, H. S., Delgado, C. y Deatley, K. (2021). Experts' Model-Based Reasoning and Interdisciplinary Understanding of Carbon Cycling. *International Journal of Research in Education and Science*, 7(2), 562-579. <https://doi.org/10.46328/ijres.1494>