


## Modelos de explicación sociocientífica sobre el cambio climático desde una perspectiva multimodal

### Models of socio-scientific explanation of climate change from a multimodal perspective

Recibido: 30-08-2022    Aceptado: 09-10-2022    Publicado: 23-01-2023

Jhon Rodolfo Zona-López 

Universidad de Caldas, Manizales, Colombia

Autor de correspondencia: [rodolfozona@gmail.com](mailto:rodolfozona@gmail.com)

Francisco Javier Ruiz-Ortega 

Universidad de Caldas, Manizales, Colombia

Conxita Márquez-Bargalló 

Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona, España

#### Resumen

Los objetivos del presente artículo de investigación son caracterizar modelos de explicación sociocientífica sobre cambio climático y establecer los tipos de relaciones multimodales (cooperación y especialización) entre los lenguajes utilizados por estudiantes de 13-15 años. La investigación es de tipo cualitativo con un alcance comprensivo, modalidad estudio de caso, que analiza el contenido de tres modos de lenguaje (oral, escrito y gráfico) empleados por los estudiantes de una institución educativa colombiana durante su participación en escenarios de discusión y debate sobre un problema sociocientífico. Se presentan los resultados de dos modelos analizados en profundidad. El análisis permite identificar que los estudiantes centran su debate en las causas antropogénicas y naturales que han sido expuestas por los expertos. Las diferencias entre los modelos identifican mayor contenido científico (ecológico-ambiental) o social (político, ético y económico) de diferente naturaleza, así como mayor profundidad conceptual en las relaciones intersemióticas de especialización, que de cooperación.

**Palabras clave:** Modelo explicativo, cambio climático, didáctica de las ciencias, lenguajes.

**Como citar este artículo (APA):** Zona-López, JR., Ruiz-Ortega, FJ., & Márquez-Bargalló, C. (2023). Modelos de explicación sociocientífica sobre el cambio climático desde una perspectiva multimodal. *Educación y Humanismo*, 25(44), 100-120. <https://doi.org/10.17081/eduhum.25.44.5747>



### Abstract

The objectives of this research article are to characterize models of socio-scientific explanation of climate change and to establish the types of multimodal relationships (cooperation and specialization) between the languages used by 13-15 year old students. The research is of a qualitative type with a comprehensive scope, case study modality, which analyzes the content of three modes of language (oral, written and graphic) used by students of a Colombian educational institution during their participation in discussion and debate scenarios on a socio-scientific problem. The results of two models analyzed in depth are presented. The analysis allows identifying that students focus their debate on the anthropogenic and natural causes that have been exposed by the experts. The differences between the models identify greater scientific (ecological-environmental) or social (political, ethical and economic) content of different nature, as well as greater conceptual depth in intersemiotic relations of specialization than of cooperation.

**Keywords:** Explanatory model, climate change, science education, languages.

## Introducción

Hay distintas razones que justifican las dificultades en la enseñanza y el aprendizaje de la problemática asociada al cambio climático; una de ellas considera que los sujetos de ninguna manera creen que este tendrá consecuencias plausibles en su vida. También se identifican casos como falta de consciencia –tanto en la escuela como por diversos grupos sociales sobre la problemática–, dificultades para reconocer a nivel local la naturaleza global del fenómeno y, finalmente, la complejidad para cambiar hábitos y conductas cotidianas, como el uso de automóviles y el consumo excesivo de diferentes productos (Olabe, 2016; Navarro *et al.*, 2020; Robrero y Ladrera, 2020) que repercutirían de manera significativa en el cambio climático.

El cambio climático es una cuestión sociocientífica (Chang y Rundgren, 2010; Christenson, 2015; Domènech, 2014; Domènech y Márquez, 2014) que requiere para sus soluciones no solo de principios científicos (teorías y leyes), los cuales no son completamente concluyentes, puesto que este tipo de cuestiones están influenciadas por factores y dimensiones sociales (Sadler *et al.*, 2011); y como tal, puede contribuir a la formación y participación de la ciudadanía en la toma de decisiones responsables para atenderlo (Klinenberg *et al.*, 2020; Kolstø, 2001), o a la solución de problemáticas sociocientíficas. Asimismo, su estudio puede aportar mejoras en las experiencias de aprendizaje de la ciencia, el desarrollo de un razonamiento científico-social (Sadler *et al.*, 2011), entre otros, y en este estudio, se reconoce que para comprender el cambio climático es necesario interpretar las variaciones del clima a largo plazo, influenciado tanto por procesos naturales como antropogénicos (IPCC, 2022), que al combinarse modifican el sistema tierra-atmósfera-océanos a escala planetaria o global (Kolstø, 2001; Perczyk, 2004).

Una de las principales dificultades encontradas en el aula sobre esta temática hace referencia a procesos de aprendizaje superficial y a corto plazo (García-Rodeja y Lima de Oliveira, 2012). Situación que ratifica, entre otras cosas, la necesidad de conocer las diferentes ideas, concepciones y modelos de los estudiantes, para caracterizar e intervenir posibles obstáculos de orden conceptual o epistemológico.

Sobre las ideas o concepciones de los estudiantes existen varias perspectivas que exponen cómo estas se estructuran en modelos explicativos, o modelos de pensamiento (Justi, 2006), los cuales están situados en el conocimiento teórico que poseen los sujetos sobre un fenómeno determinado (Tamayo *et al.*, 2017). Pese a las múltiples perspectivas, hay un consenso importante y es asumir que los estudiantes desarrollan sus concepciones sobre el mundo natural que los rodea antes de ingresar al sistema escolar, un hecho que debe tenerse en cuenta siempre que se intente construir procesos de enseñanza orientados al desarrollo de aprendizajes en profundidad. Comprender de manera detallada los fenómenos, co-construir conocimiento escolar y participar en la solución de problemas auténticos (Jiménez-Aleixandre, 2003) es un proceso que debe reconocer no solo la estructura cognitiva del sujeto sino también los aspectos de orden experiencial, actitudinal y cognoscitivo que permiten actuar en un determinado contexto.

En este sentido, fenómenos actuales como el cambio climático, objeto de discusiones de diferente naturaleza y centro de debate desde diferentes disciplinas, requieren, para su comprensión, de la construcción de modelos de explicación sociocientífica. Se entiende por modelo de explicación sociocientífica un tipo de representación interna, que es comunicada por las personas a través de una o varias representaciones externas, en las que se hace uso de diferentes tipos de lenguaje (verbal, escrito, visual), y sus posibles interacciones (cooperación y especialización), que permiten dar cuenta de los distintos conocimientos disciplinares que usa el estudiante para expresar lo que sabe sobre una problemática sociocientífica. Es un modelo que integra y relaciona contenido desde diferentes campos del conocimiento social como lo son lo político, lo ético, lo económico y lo científico (ecológico, ambiental), y que es necesario identificarlo en el aula puesto que sirve de mediación para la comprensión de fenómenos (Martínez *et al.*, 2021).

En esta propuesta se discuten dos modelos de explicación sociocientífica (Martínez *et al.*, 2021) identificados como estudio de caso con dos estudiantes de 13-15 años. La caracterización de estos se hace a partir de tres tipos de representaciones externas: oral, escrita y gráfica, construidas por los estudiantes cuando se debate alrededor de las valoraciones y causas atribuidas a condiciones naturales y antropogénicas sobre el cambio climático.

### **Problemas sociocientíficos, concepciones y modelos explicativos en la enseñanza y el aprendizaje del cambio climático**

Los problemas o cuestiones sociocientíficas se refieren a escenarios problemáticos y auténticos que permiten: a) reconocer la complejidad y la naturaleza multifacética de este tipo de problemas; b) analizar diferentes perspectivas sobre la problemática; c) hacer partícipes a los estudiantes como investigadores de la problemática, y d) enseñar a los estudiantes a evaluar evidencias presentadas por parte de los diferentes actores y posturas (Kolstø, 2001; Sadler *et al.*, 2011; Christenson, 2015). De ahí que enseñar a partir de cuestiones sociocientíficas es contribuir a los procesos de contextualización de los conocimientos y brindar espacios para el diálogo, los debates, y el desarrollo de la argumentación (Chang y Rundgren, 2010; Domènech, 2014; Christenson, 2015).

Investigaciones en el campo de la enseñanza y el aprendizaje del cambio climático coinciden en identificar la dificultad que tienen los estudiantes para comprender en

profundidad el componente científico, necesario para dar sentido y significado al cambio climático. Los estudiantes, por ejemplo, utilizan como sinónimos los fenómenos de efecto invernadero y cambio climático (Arias y Rosales, 2019; Bolaños; 2017; Calixto, 2020; García-Rodeja y Lima de Oliveira, 2012; Sadler *et al.*, 2011; Robrero y Ladrera, 2020).

Las investigaciones también determinan la importancia de identificar si los estudiantes logran reconocer que el tema es un asunto que trasciende lo científico; es decir, no es suficiente con centrarse en el contenido científico (ecología, medio ambiente, biología, química, física, etc.), y para ello es necesario integrar componentes de la dimensión social: política, ética y economía (Arias y Rosales, 2019; Bustos, 2019; Calixto, 2020; Chang y Rundgren, 2010; Christenson, 2015; Domènech, 2014; Novello *et al.*, 2017; Olabe, 2016; Sadler *et al.*, 2011). De ahí la relevancia que cobra en esta investigación el interés por caracterizar los modelos de explicación sociocientífica de los estudiantes, y cómo en ellos se puede evidenciar contenidos y posibles relaciones entre la dimensión social y la científica sobre el cambio climático, las cuales son comunicadas en diferentes modos de lenguaje (oral, escrito y visual).

Es complejo identificar propuestas que integren estos dos componentes o que asuman la perspectiva de modelos de explicación sociocientífica de manera explícita; puesto que enfatizan sus trabajos en el estudio de una de las dos dimensiones (científica o social), sin embargo son de gran ayuda las orientaciones planteadas por autores como (Chang y Rundgren, 2010; Christenson, 2015 ; Domènech, 2014; García-Rodeja y Lima de Oliveira, 2012).

García-Rodeja y Lima de Oliveira (2012) proponen cinco modelos explicativos científicos sobre cambio climático: modelo descriptivo, que funciona como un invernadero o una capa que envuelve la Tierra, sin ningún tipo de explicación; el modelo asociativo, que se produce por aumento en los agujeros en la capa de ozono, lo cual deja pasar más radiación solar; el modelo por causas de calor, donde los gases de la atmósfera calientan y dañan la capa de ozono; el modelo por contaminación, donde esta refuerza la capa de ozono, guarda más calor y no lo deja salir; y, finalmente, el modelo por acumulación de gases, como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y el metano (CH<sub>4</sub>), los cuales, en la atmósfera, atrapan la radiación ultravioleta e infrarroja y calientan el planeta.

Las autoras además reconocen diferentes tipos de obstáculos, todos en el ámbito científico, que deben ser superados si se quiere transitar de modelos explicativos descriptivos a modelos comprensivos más elaborados sobre el fenómeno del cambio climático. Algunos de esos obstáculos se refieren a lo perceptible; en otras palabras, «los problemas de orden global no resultaban perceptibles por la experiencia directa de los individuos» (García-Rodeja y Lima de Oliveira, 2012, p. 196). Por último, el obstáculo científico que más se menciona en estos estudios se relaciona con una confusión entre el efecto invernadero y la disminución de la capa de ozono (Bolaños, 2017; Calixto, 2020; Robrero y Ladrera, 2020).

Domènech (2014) expone que la comprensión del cambio climático implica reconocer, además de la dimensión científica, aspectos políticos, económicos y éticos; e identifica cuatro concepciones erróneas en el aprendizaje sobre cambio climático. En primera

instancia, el cambio climático es inevitable; así, aunque requiere una drástica reducción de las emisiones de los gases de efecto invernadero, puede frenarse. Segundo, el deshielo de los polos solo afecta a las poblaciones costeras por el aumento del nivel del mar; es decir, la disminución de hielo en la corteza terrestre reduce la capacidad de la superficie de «reflejar» parte de la energía entrante (efecto Albedo); así mismo, el deshielo ha empezado a provocar la liberación a la atmósfera de gas metano congelado.

Tercero, el cambio climático es un problema atmosférico, en tanto que el mar está sufriendo especialmente los efectos del cambio climático, agravándolo: a) Hay un aumento del nivel del mar, y acidificación oceánica, b) La temperatura del mar aumenta y disminuye su capacidad de capturar CO<sub>2</sub>, c) El deshielo de los casquetes polares altera las concentraciones de sal y obstruye la circulación termohalina. Cuarto, el cambio climático es una preocupación conservacionista que tiene efectos en la fauna y la flora, pero de ninguna manera afecta a la economía; ahora, el aumento del nivel del mar, el incremento global de la temperatura, los cambios en las precipitaciones, entre otros, llevarían a cambios a gran escala en la producción agrícola e incrementarían la desigualdad, los problemas económicos y el acceso a los alimentos.

A partir de la propuesta de las cuatro concepciones erróneas de los estudiantes, es posible que se pueda construir uno o varios modelos de explicación sociocientífica, aspecto que puede inferirse en su investigación y en el cual se apoya la presente propuesta, al considerar que las concepciones se estructuran en modelos que son más elaborados.

Para la enseñanza y el aprendizaje del cambio climático se sugiere aportar elementos como las políticas ambientales construidas en el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2022) y por la Organización de Naciones Unidas (ONU) (Arias y Rosales, 2019; Bolaños; 2017; Domènech, 2014; Robrero y Ladrera, 2020), en las cuales se abordan aspectos como la producción y la distribución de alimentos en el planeta; la conservación y la desaparición de las especies, que ayudan a analizar el cambio climático, con criterios científicos pero también técnicos, socioeconómicos, éticos; y aspectos científicos como la regulación termohalina, la absorción del CO<sub>2</sub> en los océanos, las diferentes características de la atmósfera, aspecto en el que se ha centrado mayor cantidad de investigaciones (García-Rodeja y Lima de Oliveira, 2012; Robrero y Ladrera, 2020).

Otras investigaciones (Arias y Rosales, 2019; Bolaños; 2017; Boon, 2010; Robrero y Ladrera, 2020; Sadler *et al.*, 2011) reconocen que, en algunas ocasiones, los maestros no poseen conocimientos profundos sobre la problemática, y los libros de texto, que son la estrategia didáctica más utilizada para la enseñanza, no cumplen con los intereses y necesidades de los estudiantes, pues transmiten mensajes incoherentes que pueden ser una barrera para el aprendizaje de la problemática ambiental (Illum y Toke, 2017; Navarro *et al.*, 2020; Sadler *et al.*, 2011); además, falta claridad conceptual sobre el efecto invernadero y el agotamiento de la capa de ozono en la vida del planeta y el cáncer de piel (Bolaños, 2017; Calixto, 2020; Boon, 2010). También, se identifica que algunos estudiantes atribuyen el cambio climático a la contaminación por residuos sólidos; otros consideran que el problema no tiene impacto en la juventud y la adultez, sino en la vejez: es decir, solo los afectaría a largo plazo; y hay otros que asumen que la responsabilidad es solo del gobierno y no de la comunidad en general (Navarro *et al.*, 2020).

Finalmente, en los estudios realizados por [Christenson \(2015\)](#), se menciona como dificultad y como reto para comprender el cambio climático desde una perspectiva sociocientífica, la evaluación y la credibilidad de la información suministrada constantemente por parte de diferentes medios de comunicación, la cual restringe asumir una postura clara que aporte a la toma de decisiones responsables, debido a los datos y conclusiones inconsistentes; otro aspecto evidencia que los maestros no incluyen de manera clara esta problemática global con la vida de los estudiantes ni en la construcción de explicaciones y argumentos que integren tanto las dimensiones científicas como las sociales. Lo anterior invita a incluir dentro de las propuestas educativas la reflexión sobre condiciones de vulnerabilidad de los sistemas naturales, asociada a la propensión o predisposición de los impactos negativos tanto en los ecosistemas como en los seres humanos ([IPCC, 2022](#)), y sobre las percepciones de la población como posibilidad de acciones sociales de mayor impacto sobre esta problemática ([Arias y Rosales, 2019](#)).

Las diferentes propuestas investigativas han realizado aportes desde la dimensión científica, más que en la social, por lo cual se pretende aportar a una visión sociocientífica más amplia que permita articular en la intervención didáctica, las dimensiones política, ética y económica con la dimensión científica de una manera integral y unificada. En este sentido, en la presente propuesta, se destacan cinco líneas de actuación dentro de los escenarios educativos:

Primero, intervenir los diferentes obstáculos encontrados; por ejemplo, contrastar las concepciones de los estudiantes con el uso de pruebas y evidencias mediante datos del [IPCC \(2022\)](#) y las explicaciones científicas del ciclo del carbono ([Domènech, 2014](#); [Navarro et al., 2020](#)). También, realizar aclaraciones conceptuales sobre el efecto invernadero como fenómeno natural, causas y consecuencias del cambio climático ([Arias y Rosales, 2019](#); [Bolaños, 2017](#); [Calixto, 2020](#); [García-Rodeja y Lima de Oliveira, 2012](#); [García-Vinuesa y Meira-Carrea, 2019](#); [Novello et al., 2017](#)).

Segundo, reconocer el alcance de las ideas de los niños, los jóvenes y los adultos como principio fundamental para aportar a la concientización medioambiental y climática. En este sentido, en el año 2017 la ONU planteó que no es suficiente comprender la influencia de los individuos y las actividades humanas sobre el clima y de este sobre el planeta, sino que también es necesario formar seres humanos concienciados, que aporten a las problemáticas ecológicas, en donde se valore el medio natural y las acciones, tanto individuales como colectivas, como eje importante para mitigar los efectos del cambio climático ([Navarro et al., 2020](#); [Robrero y Ladrera, 2020](#)).

Tercero, diseñar estrategias comunicativas de mayor alcance que promuevan la participación ciudadana, a través de procesos de reflexión, análisis y diálogo concertado con los actores, e involucrarlos en las soluciones a la problemática sobre el cambio climático ([Christenson, 2015](#); [Arias y Rosales, 2019](#)).

Cuarto, incorporar el uso de los problemas de orden sociocientífico para el uso y la evaluación de pruebas que apoyan conclusiones teórico-científicas ([Jiménez-Aleixandre, 2010](#); [Kolstø, 2001](#)), y para el desarrollo de razonamientos, desde las dimensiones política,



ética y económica que propicien discusión, debate, argumentación (Pipitone, 2009) y toma de decisiones responsables (Domènech y Márquez, 2014; Sadler *et al.*, 2011).

Quinto, reconocer los aportes de los estudios sobre el enriquecimiento del panorama comunicativo, a través del uso y relaciones de múltiples lenguajes dentro de la construcción de significados y conocimientos desde una perspectiva sociocientífica en el aula de clase (Katenbalcher, 2007; Márquez *et al.*, 2003; Kress *et al.*, 1998).

Al tener en cuenta estos análisis, propuestas sobre concepciones y modelos explicativos que se han desarrollado en menor cantidad sobre cambio climático y los diferentes aportes de los trabajos de investigación mencionados a lo largo del escrito, este trabajo tiene como objetivos caracterizar dos modelos de explicación sociocientífica (contenido sociocientífico) sobre cambio climático en estudiantes de 13 a 15 años, y establecer relaciones de cooperación y especialización entre los modos de lenguaje oral, escrito y visual, utilizados por dos estudiantes de 13 a 15 años en sus representaciones sobre el cambio climático (Calixto, 2020; Márquez *et al.*, 2003; Kress *et al.*, 1998).

### Método

La investigación, de corte cualitativo, se sustenta en un estudio de caso (Creswell, 2014; Stake, 1999), el cual aporta a la consolidación teórica y aplicada de los modelos de explicación sociocientífica (Dul y Hak, 2008; Swanborn, 2010). El análisis de los datos se realizó a un total de 36 estudiantes de 13-15 años, pertenecientes al grado décimo en una institución educativa de carácter público de la ciudad de Manizales (Colombia), la cual no presentaba dentro de su estructura curricular la enseñanza y el estudio del cambio climático. Los estudiantes expresaron, primero, no haber participado en algún debate o estudio sobre el cambio climático; segundo, el interés por participar en encuentros de debate y desarrollo de actividades colectivas e individuales sobre cambio climático proyectadas en la investigación, y de los cuales, para ilustrar el desarrollo investigativo, se exponen dos casos seleccionados bajo tres aspectos: primero, se ubicaron los estudiantes que poseían acercamientos en sus explicaciones sobre el cambio climático desde una perspectiva sociocientífica; segundo, estudiantes que, además de lo anterior, representaban y comunicaban sus explicaciones en tres tipos de lenguajes (oral, escrito y visual); por último, estudiantes que comunicaban información clara y precisa según las fuentes de recolección de datos.

La obtención de los datos se logró tras la aplicación de dos fuentes de información. La primera, un cuestionario de lápiz y papel (Q) constituido por preguntas abiertas que indagaron por la opinión de los estudiantes sobre el cambio climático, sus causas y las posturas que sustentan la controversia (tabla 1). Este instrumento se desarrolló en dos partes: en la primera, se realizó un trabajo grupal que permitió generar diálogo entre los estudiantes acerca del cambio climático (se exploraron las ideas previas para empezar a modelizarlas); la segunda se desarrolló de manera individual, y en ella los estudiantes representaron de manera escrita y gráfica (dibujo) la explicación sobre el fenómeno (EF).

**Tabla 1.**  
Preguntas del cuestionario

| Cuestionario  |
|---|
| <p><b>Primera parte (en grupo)</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ¿Habían oído hablar del tema? ¿Cuál es su opinión?</li> <li>2. ¿El video y la noticia que explicaba las dos perspectivas sobre cambio climático han aportado alguna idea nueva? ¿Cuál?</li> <li>3. ¿Qué posición les convence más? ¿Por qué?</li> </ol> <p><b>Segunda parte (individual)</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>4. ¿Cómo le explicarías a tus padres o hermanos lo que es el cambio climático?</li> <li>5. ¿Cuáles crees que son las causas del cambio climático? ¿Puedes hacerlo a través de un texto o un dibujo?</li> </ol> |

Fuente: elaboración propia.

La segunda fuente de datos fue el registro de las participaciones orales de los estudiantes en un escenario argumentativo. El escenario tuvo como proceso metodológico las cuatro etapas propuestas por [Eemeren et al. \(2006\)](#). En la primera se expone el problema o tesis en cuestión; en este caso, las perspectivas natural y antropogénica que sustentan y discuten sobre la incidencia de las actividades humanas en el cambio climático (debate y discusión racional) y, como ejemplo de ello, el deshielo que se produce en los glaciales y en los nevados de la ciudad de Manizales. En la segunda se anima a los estudiantes a expresar las valoraciones y los argumentos a favor o en contra de alguna de las dos posturas de la problemática ambiental. En la tercera se lleva a cabo la discusión racional y razonable entre los estudiantes en un debate corto sobre las dos perspectivas. Y en la cuarta se llega a la construcción de las conclusiones. Las participaciones orales en el debate fueron grabadas y transcritas.

El análisis del contenido como técnica que permite descubrir un significado, y esto implica una tarea de «análisis», en este caso, el contenido de los modelos de explicación sociocientífica expresado en diferentes modos de los lenguajes utilizados por los estudiantes ([Bardín, 1996](#); [Tinto, 2013](#)), el cual fue realizado a la información obtenida para responder a los dos objetivos planteados, se apoyó en la aplicación de dos rúbricas que permitieron, en primer lugar, la identificación de los modelos con tendencia científica o social y los modelos de explicación sociocientífica; estos últimos son modelos que permiten integrar diferentes dimensiones conceptuales (científica, política, económica y ética) y aspectos relacionados con ideas, creencias, valores y actitudes que poseen estudiantes frente a la problemática ambiental: en términos de [Chang y Rundgren \(2010\)](#), cuando se estudian cuestiones sociocientíficas como el cambio climático, se deben realizar comprensiones interdisciplinarias relacionadas con la ciencia y la sociedad; además, las experiencias personales y sus valoraciones frente a las causas y consecuencias sobre diferentes cuestiones sociocientíficas.

En segundo lugar, la identificación de relaciones de cooperación y especialización entre los lenguajes utilizados por los estudiantes en los procesos de argumentación multimodal sobre cambio climático. La primera rúbrica fue construida al combinar elementos de orden teórico extraídos de investigaciones relacionadas con los modelos explicativos utilizados por



estudiantes de secundaria sobre este fenómeno (Arias y Rosales, 2019; Bolaños, 2017; Boon, 2010; Calixto, 2020; García-Rodeja y Lima de Oliveira, 2012; Sadler *et al.*, 2011) y elementos empíricos obtenidos en las respuestas de los estudiantes al justificar sus posiciones naturales o antropogénicas sobre el fenómeno (tabla 2).

**Tabla 2.**

Instrumento para analizar los modelos de explicación sociocientífica y los modelos con tendencia científica o social

| Niveles        | Modelos de explicación con tendencia social o científica  | Modelos de explicación sociocientífica  |
|----------------|---|---|
| Nivel aprendiz | El estudiante identifica características y/o agentes causales de la perspectiva científica o social sobre el cambio climático.  | El estudiante identifica características y/o agentes causales de la dimensión científica y social sobre el cambio climático.  |
| Nivel avanzado | El estudiante justifica el porqué de las características y/o agentes causales sobre el cambio climático presentes en la perspectiva científica o social.                                    | El estudiante justifica el porqué de las características y/o agentes causales sobre el cambio climático presentes en cada una de las perspectivas.  |
| Nivel experto  | El estudiante justifica el porqué de las características y agentes causales de la dimensión científica o social, y propone soluciones pertinentes y factibles vinculadas a la problemática. | El estudiante justifica el porqué de las características y/o agentes causales de las dimensiones científica y social, estableciendo una relación coherente entre las perspectivas, y propone soluciones pertinentes y factibles vinculadas a la problemática. |

Fuente: elaboración propia.

La segunda rúbrica fue constituida a partir de las conceptualizaciones intersemióticas de cooperación y especialización (Kress *et al.*, 1998), para identificar, en cada una de las perspectivas, relaciones entre los lenguajes utilizados por los estudiantes en los escenarios de argumentación multimodal (tabla 3). Las relaciones de cooperación se dan cuando en los modos de lenguajes se identifican los mismos contenidos (características o agentes causales) sobre el cambio climático; las de especialización débil, se logra identificar diferentes contenidos (características y/o agentes causales) en los lenguajes utilizados, sin establecerse claramente relación entre dichos contenidos; por último, en las de especialización fuerte se logra identificar diferentes contenidos (características y/o agentes causales) en los lenguajes utilizados, estableciéndose claramente relación entre dichos contenidos.

**Tabla 3.**

Instrumento para analizar las relaciones de cooperación, especialización débil y especialización fuerte

| Relación intersemiótica                                   | Definición   |
|---|--|
| Cooperación entre dos o más modos de lenguaje.            | Identifica en los lenguajes los mismos contenidos (características y/o agentes causales) sobre el cambio climático.  |
| Especialización débil entre dos o más modos de lenguaje.  | Identifica diferentes contenidos (características y/o agentes causales) en los lenguajes utilizados, sin establecerse claramente relación entre dichos contenidos. |
| Especialización fuerte entre dos o más modos de lenguaje. | Identifica diferentes contenidos (características y/o agentes causales) en los lenguajes utilizados, estableciéndose claramente relación entre dichos contenidos.  |

Fuente: elaboración propia, basada en los trabajos de Kress *et al.* (1998).

El análisis desde la aplicación de las dos rúbricas permitió identificar a dos de los estudiantes que poseían niveles de explicación sociocientífica más elaborados y a su vez modelos representados de manera explícita a través de los distintos modos de lenguaje (oral, escrito y gráfico), casos que se exponen y discuten a continuación.

## Resultados

A continuación, se presentan para cada uno de los dos casos los datos obtenidos en cada uno de los modos de lenguaje, que hacen referencia a las características y los agentes causales sobre el cambio climático dentro de cada perspectiva (natural y antropogénica), desde los cuales se ubica el modelo explicativo y, de igual manera, se identifica la relación de cooperación o de especialización.

### Estudiante 1 (E1)

#### *A) Análisis sobre el modelo de explicación sociocientífico*

A partir de recolección y análisis de los datos identificados en el cuestionario y en el debate, se ubica el modelo del estudiante 1 en la perspectiva sociocientífica en el nivel aprendiz, ya que menciona características y justifica algunos agentes causales en las dos perspectivas sobre el cambio climático (natural y antropogénica); sin embargo, no se evidencia una relación clara y coherente entre ambas perspectivas. En la tabla 4 se describen los datos recolectados y las relaciones de cooperación y especialización.


Una de las características que expresa la estudiante uno (E1), y con la cual inicia su defensa de la perspectiva natural, se identifica en su participación oral, al hacer referencia a las épocas (o etapas) que han identificado los cambios en la tierra: «Antes que no teníamos industrialización (por ejemplo, en la época de los dinosaurios), la Tierra era más caliente».

Quizás, la referencia a la época de los dinosaurios se vincula con propuestas de los escépticos sobre el cambio climático producido por el hombre (Bolaños; 2017; Calixto, 2020; García-Rodeja y Lima de Oliveira, 2012; Robrero y Ladrera, 2020) y en donde se expresa que en eras geológicas como el paleozoico y en periodos como el carbonífero, la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera era aproximadamente cuatro veces más que la registrada en la actualidad.

Uno de los agentes causales que se identifican en su participación oral son los cambios geológicos: «Antes había calentamiento global por los volcanes, [el cambio climático] es algo producido naturalmente». Este aspecto, identificado en autores como Calixto (2020) y Boon (2010), muestra que algunas de las ideas de estudiantes y maestros sobre el cambio climático son entendidas como un proceso geológico natural y, además, reconocen el peligro de una nueva actividad volcánica que aumentaría en más grados centígrados la temperatura del planeta.

La segunda causa está relacionada con uno de los principales sustentos teóricos que justifica actualmente el cambio climático por parte de la perspectiva natural: el aumento de la actividad solar. Al respecto, la E1 comenta lo siguiente: «Es por el sol, tiene varias etapas cada una de 11 años, se [...] ha bajado la temperatura [...] después volvió a subir».

**Tabla 4.**  
Recolección de datos, Estudiante 1. (Modelo sociocientífico y relaciones intermodales)

| Lenguajes  | Oral (transcripción de las intervenciones)   | Características y/o agentes causales (perspectiva natural y antropogénica)   | Escrito   | Características y/o agentes causales (perspectiva natural y antropogénica)  | Gráfico   | Características y/o agentes causales (perspectiva natural y antropogénica)  |  |
|--|--|--|---|---|---|---|--|
| Información recolectada en los modos de lenguaje | <p><b>Turno 1</b></p> <p>«Los culpables no son los humanos, pero entonces cómo pueden decir antes que no teníamos industrialización, la Tierra era más caliente (por ejemplo, en la época de los dinosaurios), la Tierra era más caliente».</p> <p><b>Turno 10</b></p> <p>«El sol tiene etapas cada una de 11 años, entonces han pasado once años después entonces se ha bajado la temperatura, después volvió a subir».</p> <p>«Les cuento que los océanos regulan el CO<sub>2</sub>, para que esté regulando, entonces esa es la función de los océanos»</p> <p><b>Turno 12</b></p> <p>«Es que el océano es el que regula el CO<sub>2</sub> que expulsan las fábricas [...] bueno ustedes dicen que es por las fábricas, si, anteriormente no había fábricas, por ejemplo, la época de los dinosaurios».</p> | <p><b>Perspectiva natural</b></p> <p>Característica:<br/><i>La Tierra en época de los dinosaurios estaba más caliente.</i></p> <p>Agentes causales:<br/><i>Los volcanes</i></p> <p>El sol<br/><i>El océano encargado de la regulación del CO<sub>2</sub>.</i></p> <p><b>Perspectiva antropogénica</b></p> <p>No se mencionan características y/o agentes causales.</p>   | <p>Es el incremento del clima (días calurosos o lluviosos) por la contaminación del planeta, dióxido de carbono y gas metano.</p> | <p><b>Perspectiva natural</b></p> <p>No se mencionan características y/o agentes causales.</p> <p><b>Perspectiva antropogénica</b></p> <p>Agente causal:<br/><i>Contaminación del planeta por CO<sub>2</sub> y gas metano (resultado de la actividad humana).</i></p> |  | <p><b>Perspectiva natural</b></p> <p>No se representan características y/o agentes causales.</p> <p><b>Perspectiva antropogénica</b></p> <p>Agentes causales<br/><i>Emisión de humo (automóviles, fábricas) que no deja salir la radiación solar</i><br/><i>Residuos sólidos (botellas, papeles, plásticos)</i></p> |  |
|  | Relación entre perspectivas  | <p><i>Estoy de acuerdo con ambas posturas, la natural y por el hombre</i></p>  |   |   |   |   |  |
|  | Relaciones intersemióticas   | <p><b>Cooperación</b></p> <p>Se halló una relación de cooperación entre el lenguaje escrito y el gráfico, en los cuales se enuncian agentes causales desde la perspectiva antropogénica.</p> <p><b>Especialización fuerte</b></p> <p>Se identifican relaciones de especialización fuerte entre los modos de lenguaje escrito y gráfico puesto que se concretan agentes causales distintos en sus lenguajes (incremento del clima, contaminación del planeta por dióxido de carbono y gas metano) y un complemento claro y coherente relacionado con actividades del ser humano (transporte, fábricas, residuos sólidos).</p> |   |   |   |   |  |

Fuente: elaboración propia.

Investigaciones sobre modelos explicativos en estudiantes de secundaria (García-Rodeja y Lima de Oliveira, 2012) y los conocimientos y acciones de estudiantes de básica primaria (Robrero y Ladrera, 2020) indican que, para ellos, el cambio climático está relacionado con los ciclos solares, que serían los responsables de las variaciones en la radiación emitida por el sol y la destrucción de la capa de ozono. Por último, E1 sostiene que la Tierra regula la concentración de CO<sub>2</sub> a través de un mecanismo natural realizado por el océano, planteamiento interesante que ratifica la posición naturalista frente al fenómeno en la siguiente expresión: «Es que el océano, es el que regula el CO<sub>2</sub> que expulsan las fábricas»; situación que coincide con Boon (2010), Domènech (2014), Arias y Rosales (2019), para quienes la Tierra realiza procesos de equilibrio de manera natural de este gas a través del océano, reconociendo y aclarando que la problemática del cambio climático no solo se realiza en la atmósfera, ya que también involucra otras partes de la Tierra.

Hasta aquí se puede observar cómo E1 justifica la posición de la perspectiva natural. A continuación, se muestra la defensa de la perspectiva antropogénica. En el lenguaje escrito, E1 expresa que una de las características del cambio climático: «Es el incremento del clima (días calurosos o lluviosos)» y «se produce por la contaminación del planeta por dióxido de carbono y gas metano», generados por la actividad humana y representados en su lenguaje gráfico: contaminación por fábricas, automóviles (óvalos rojos en la figura), que no permiten salir la radiación solar, y los hábitos incorrectos en el reciclaje y el manejo de los residuos sólidos –óvalo amarillo– (figura 1).

Sus respuestas están asociadas con los hallazgos en investigaciones, en donde estudiantes de básica primaria, secundaria y profesores de ciencias en formación atribuyen el cambio climático a la contaminación ambiental, generada por emisiones de gases efecto invernadero como el CO<sub>2</sub> y el CH<sub>4</sub> que no permiten que salga de manera natural la radiación solar (Bolaños, 2017; Boon, 2010; Calixto, 2020), y también a que los residuos sólidos de diferente tamaño en el planeta se combinan y se levantan hacia la atmósfera atrapando calor (Bolaños, 2017; Robrero y Ladrera, 2020). Son causas que, si bien se identificaron en sus respuestas, también es importante manifestar que la E1 no expone o justifica por qué y cómo los residuos sólidos estarían relacionados de manera directa con el cambio climático y cómo se produce el proceso que modifica el efecto invernadero en la atmósfera.



**Figura 1.**  
Lenguaje gráfico «perspectiva antropogénica sobre el cambio climático»  
Fuente: lenguaje gráfico, estudiante 1.

Se puede apreciar cómo E1 reconoce tanto características como agentes causales en cada una de las perspectivas estando a favor de ambas; sin embargo, no se aprecia una clara relación entre ambas, que dé cuenta de su conexión y que seguramente podría explicar el porqué; pero en una de sus participaciones, E1 manifiesta: «Estoy de acuerdo con ambas posturas la natural y por el hombre»; a pesar de esta afirmación sí se logra identificar mayor claridad en la perspectiva natural, evidenciada en la justificación de los agentes causales del fenómeno, y en términos de Bolaños (2017) y Eroglu *et al.* (2016), es necesario que los estudiantes puedan diferenciar con claridad los cambios climáticos inducidos por eventos naturales y por los seres humanos, puesto que tienden a mezclar gran cantidad de información de los problemas ambientales.

### *B) Análisis de contenido: Relaciones intermodales*

Una vez identificados los contenidos sobre el cambio climático en cada uno de los modos y para cada una de las perspectivas, se pudo establecer relaciones de cooperación y especialización (Kress *et al.*, 1998; Márquez *et al.*, 2003) entre los lenguajes escrito y gráfico. Se identifica que, en la relación de cooperación, se expresa contenido sobre la perspectiva antropogénica y de especialización fuerte; porque además de presentarse agentes causales distintos en sus lenguajes (incremento del clima, contaminación del planeta por dióxido de carbono y gas metano) y su incidencia en la radiación solar, se evidencia un complemento claro y coherente cuando, en su lenguaje gráfico, E1 representa en la actividad del ser humano, transporte, fábricas, residuos, agentes causantes del cambio climático como dióxido de carbono y gas metano, expresados en su lenguaje escrito.

### **Estudiante 2 (E2)**


#### *A) Análisis sobre el modelo de explicación sociocientífico*

A partir de recolección y análisis de los datos identificados en el cuestionario y en el debate, se ubica el modelo de E2, al igual que E1, en la perspectiva sociocientífica en el nivel aprendiz, puesto que menciona características y justifica algunos agentes causales en las dos perspectivas sobre el cambio climático (natural y antropogénica); sin embargo, no se evidencia una relación sólida y coherente entre ambas perspectivas (tabla 5).

La primera característica que expresa E2 hace parte de la perspectiva natural, la cual es identificada en una de sus participaciones orales al asignarle una cualidad indestructible a la capa de ozono: «Entonces suponiendo que lo que dice la ciencia es verdad acerca de que la capa de ozono es un huevo indestructible, ¿cierto? Es algo que no se daña».

Las investigaciones sobre el cambio climático evidencian que los estudiantes confunden los gases de efecto invernadero (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>) con gases que deterioran la capa de ozono (CFC) o con aspectos como la disminución, el deterioro y los agujeros de la capa, que permiten mayor paso de la radiación solar, aumentando la temperatura del planeta. Este tipo de ideas son consideradas el principal obstáculo en el aprendizaje sobre el cambio climático donde se sugiere, para ello, precisiones conceptuales sobre las capas de la atmósfera y sus características (Bolaños, 2017; Boon, 2010; Calixto, 2020; García-Rodeja y Lima de Oliveira, 2012; Sadler *et al.*, 2011).

**Tabla 5.**  
Recolección de datos, Estudiante 2 (Modelo sociocientífico y relaciones intermodales)

| Lenguajes  | Oral<br>(transcripción de las intervenciones)   | Características y/o agentes causales (perspectiva natural y antropogénica)  | Escrito   | Características y/o agentes causales (perspectiva natural y antropogénica)  | Gráfico   | Características y/o agentes causales (perspectiva natural y antropogénica)  |
|--|---|---|---|---|---|---|
| Información recolectada en los modos de lenguaje | <p><b>Turno 1</b><br/>«El cambio climático es causado por causas naturales porque cada vez aumenta más la actividad solar y los rayos solares, ¿Por qué? Porque yo he llegado a la conclusión de que es por la presión que emite el espacio como tal y hace que esta se exprima más y saque más intensidad».</p>  | <p><b>Perspectiva natural</b><br/>Característica: «La capa de ozono es un huevo indestructible [...] es algo que no se daña».<br/>Agentes causales: «Porque cada vez aumenta más la actividad solar y los rayos solares».</p> | <p>«El cambio climático es lo, es lo relacionado con el daño ocasionado por el hombre a la atmósfera o capa de ozono ocasionado porque se atrapa el Sol. Este es un problema que tiene solución, pero la inconciencia que genera la industrialización y la evolución o desarrollo del hombre no lo permiten».</p> | <p><b>Perspectiva natural</b><br/>No se mencionan características y/o agentes causales</p> <p><b>Perspectiva antropogénica</b><br/>Agente causal: «Daño causado por el hombre a la atmósfera o capa de ozono porque se atrapa el Sol». «La inconciencia que genera la industrialización y la evolución o desarrollo del hombre no lo permiten».</p> |  | <p><b>Perspectiva natural</b><br/>No se representan características y/o agentes causales</p> <p><b>Perspectiva antropogénica</b><br/>Agentes causales: «La industria petrolera como la principal causa». «Las emisiones de gases efecto invernadero, y como estos gases atrapan los rayos solares».</p> |
|  | <p><b>Turno 4</b><br/>«Entonces suponiendo que lo que dice la ciencia es verdad acerca de que la capa de ozono es un huevo indestructible, ¿cierto? es algo que no se daña».</p>  | <p>«Es por la presión que emite el espacio y hace que esta se exprima más y saque más intensidad».</p>  |   |   |   |   |
|  | <p><b>Turno 8</b><br/>«El CO<sub>2</sub> y el CH<sub>4</sub> son los gases más contaminantes para la atmósfera».</p>  | <p><b>Perspectiva antropogénica</b><br/>Agente causal: «El CO<sub>2</sub> y el CH<sub>4</sub> son los gases más contaminantes para la atmósfera».</p>   |   |   |   |   |
| Relación entre perspectivas                      | No se evidencia una clara relación entre las dos perspectivas.  |   |   |   |   |   |
| Relaciones intersemióticas                       | <p><b>Cooperación</b><br/>Se identifica relación de cooperación en la perspectiva antropogénica entre los modos de lenguaje escrito y gráfico, las cuales, se evidencian tanto en las características sobre el cambio climático relacionadas con las industrias petroleras, como en los agentes causales por contaminación ambiental por parte del hombre.</p>              |   |   |   |   |   |
|  | <p><b>Especialización fuerte</b><br/>Se identifica relación de especialización fuerte en la perspectiva antropogénica entre los tres modos de lenguaje; presentan diferentes agentes causales en sus lenguajes: daño causado por el hombre, contaminación del planeta por dióxido de carbono y gas metano que detienen radiación solar, ambición y falta de conciencia.</p> |   |   |   |   |   |

Fuente: elaboración propia.



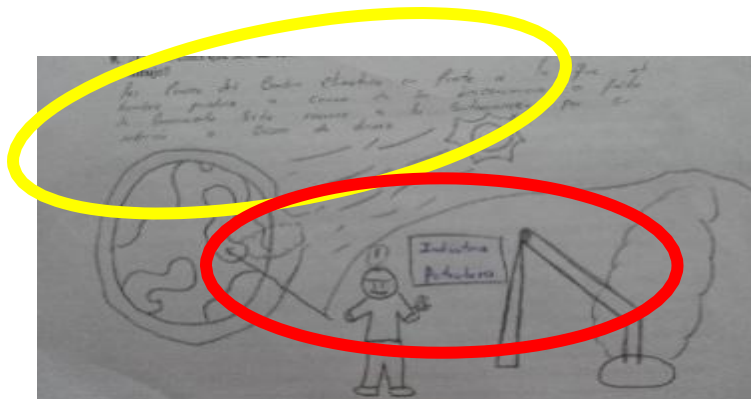
Por otro lado, E2 menciona que una de las causas del fenómeno se produce de forma natural por aumento de la actividad del Sol al respecto: «El cambio climático es causado por causas naturales porque cada vez aumenta más la actividad solar y los rayos solares».

Este tipo de agentes causales naturales se encuentran en las investigaciones relacionadas con la enseñanza y el aprendizaje en la educación ambiental, representaciones sociales y modelos explicativos en estudiantes de la educación primaria y secundaria, quienes reconocen que el cambio climático se realiza por un mecanismo natural responsable de las variaciones en la radiación solar (Arias y Rosales, 2019; Bello *et al.*, 2017; Bolaños, 2017; Calixto, 2020; García-Rodeja y Lima de Oliveira, 2012), la cual está relacionada con ciclos solares con una duración aproximada de once años, aspecto que ha sido cuestionado, puesto que algunos de esos periodos anuales no coinciden con los pronósticos climáticos.

Adicional a lo anterior, se logró identificar en sus participaciones orales la presencia de otros agentes causales del cambio climático, como la presión que emite el espacio: «También es por la presión que emite el espacio como tal y hace que esta se exprima más y saque más intensidad». Este tipo de agente causal, posiblemente, hace parte de otro fenómeno de estudio; es decir, existe una posibilidad de que sea construido en los procesos de enseñanza y aprendizaje en las escuelas (Boon, 2010). Hasta aquí se puede observar cómo E2 justifica la posición de la perspectiva natural; a continuación, se muestra la defensa de la perspectiva antropogénica. En el lenguaje escrito, expresa como característica y agente causal del cambio climático, el daño ocasionado por parte de los seres humanos: «Lo relacionado con el daño ocasionado por humanos a la atmósfera o capa de ozono ocasionado porque se atrapa el Sol».

Sus respuestas hacen parte de los hallazgos encontrados en investigaciones en estudiantes de secundaria y profesores de ciencias, quienes atribuyen el cambio climático a la contaminación ambiental, generada por actividades humanas, al aumentar las concentraciones naturales de gases efecto invernadero como el CO<sub>2</sub> y el CH<sub>4</sub> en la atmósfera (Bolaños, 2017; Boon, 2010; Calixto, 2020; García-Rodeja y Lima de Oliveira, 2012), atrapando mayor cantidad de radiación solar, y como uno de los obstáculos para comprender el fenómeno ambiental (García-Rodeja y Lima de Oliveira, 2012; Robrero y Ladrera, 2020).

Estos aspectos también son apreciados en su dibujo.



**Figura 2.**

Lenguaje gráfico «perspectiva antropogénica sobre el cambio climático». Fuente: lenguaje gráfico, estudiante 2.

En su dibujo, se observa la industria petrolera como la principal causa (óvalo rojo) de las emisiones de gases efecto invernadero y cómo estos gases atrapan los rayos solares (óvalo amarillo); es decir, se observa un aumento en el proceso del efecto invernadero del planeta y un ser humano que tiene en su mano dinero, lo que podría relacionarse con aspectos de orden económico y ético (vistas desde la ambición y explotación sin medida de recursos naturales), idea sustentada como una de las principales causas en diferentes investigaciones sobre la problemática ambiental (Arias y Rosales, 2019; Boon, 2010; Boronat *et al.*, 2018; García-Rodeja y Lima de Oliveira, 2012; Martín, 2009; Olabe, 2016; Robrero y Ladrera, 2020; Sadler *et al.*, 2011). Así mismo, propone como solución a las causas por actividades humanas lo siguiente: «Este es un problema que tiene solución, pero la inconsciencia que genera la industrialización y la evolución o desarrollo del hombre no lo permiten».

Este aspecto permite un mayor acercamiento desde el punto de vista sociocientífico a la problemática ambiental (Domènech, 2014; Sadler *et al.*, 2011), puesto que reconoce que el problema tiene como base la inconsciencia (Olabe, 2016) que se genera por la industrialización (aspecto que sustenta la dimensión ética). Además, expresa que es un asunto que puede verse desde el desarrollo, en palabras de Boon (2010), como el daño colateral relacionado con el progreso de la ciencia o, según Calixto (2020), un problema de conciencia individual por el poco contacto y cuidado de las personas con su medio natural.

Para concluir, se puede apreciar como E2 reconoce tanto características como agentes causales en cada una de las perspectivas estando a favor de ambas; no obstante, no se aprecia una clara relación entre ambas que dé cuenta del cómo se conectan, y para ello es necesario comprender que E2 posee mayor claridad y conceptualización en la perspectiva antropogénica, en la que su causalidad en el cambio climático no está en discusión según la evidencia científica (García-Vinuesa y Meira-Cardesa, 2019), evidenciado en la justificación de las causas del fenómeno y en el reconocimiento de la problemática asociada a la falta de conciencia, lo que lleva a tomar partido según sus propios valores, en este caso el daño que causa la industria petrolera al cambio climático.

### *B) Análisis de contenido: Relaciones intermodales*

Una vez identificados los contenidos sobre el cambio climático en cada uno de los modos y para cada una de las perspectivas, se pudieron establecer relaciones de cooperación y especialización (Kress *et al.*, 1998; Márquez *et al.*, 2003) en la perspectiva antropogénica, ya que en ella E2 utiliza los tres tipos de lenguaje (escrito, gráfico y oral). En este sentido, se halló una relación de cooperación entre los lenguajes escrito y gráfico, evidenciada en las características sobre el cambio climático, relacionadas con las industrias petroleras, y en los agentes causales por contaminación ambiental por parte del hombre.

En segundo lugar, se identifica una relación de especialización fuerte entre los tres modos de lenguaje (oral, escrito y gráfico), dado que, además de presentarse agentes causales en sus lenguajes (daño causado por el hombre: la ambición, la falta de conciencia y la contaminación del planeta por CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> que detienen radiación), se evidencia un complemento claro y coherente cuando, en su lenguaje gráfico, el E2 representa en la actividad del ser humano, extracción y uso de hidrocarburos, igual que en su lenguaje oral; se evidencia que estas emisiones son gases efecto invernadero como el CO<sub>2</sub> y el CH<sub>4</sub>, siendo

estos también un problema atribuido a la ambición (dinero) y la falta de conciencia, aspectos que son evidenciados en su lenguaje escrito.

### **Características de los modelos de explicación sociocientífica**

Los dos modelos sociocientíficos mencionados, pertenecientes al nivel aprendiz, presentan las siguientes características:

- Son modelos de explicación sociocientífica amalgamados, es decir, modelos que se constituyen a partir de contenidos asociados a las dos perspectivas teóricas sobre el cambio climático (natural y antropogénica), sin establecer una relación y conexión clara entre las dimensiones científica y social, evidenciándose énfasis en la perspectiva natural en E1 y en la perspectiva antropogénica en E2.
- A pesar de que ambos modelos presentan aspectos de la dimensión social, se diferencian en su constitución, observándose que en uno de ellos (en E2) se utilizan ideas que explican la incidencia de las dimensiones económica y ética de manera directa en la problemática; es decir, posee elementos teóricos que sustentan que la problemática se da por la falta de conciencia y la ambición de los seres humanos que explotan los recursos para beneficio personal.
- El tercer aspecto está relacionado con el contenido científico, centrado en ambos casos en los ciclos solares y su periodo de duración de once años, el cual, está más clarificado y justificado a partir de las características y agentes causales del fenómeno en E1.
- Por otra parte, otro tipo de agentes causales asociados al componente geológico histórico y aspectos como la presión e intensidad que produce el espacio, inciden en el cambio climático. Así mismo, se reconoce que en uno de los modelos hay cierta confusión entre el efecto invernadero y el deterioro de la capa de ozono, aspecto que ha sido identificado en gran cantidad de investigaciones sobre modelos explicativos utilizados por estudiantes y maestros sobre el tema.

En las relaciones intermodales se puede apreciar que:

- Las relaciones intermodales de cooperación se dan en ambos casos entre los modos de lenguaje escrito y gráfico, en donde se enuncian propiedades y/o características relacionadas con aspectos de la dimensión antropogénica; mientras que en las de especialización fuerte, se dan en ambos casos entre el modo de lenguaje oral y los modos escrito y gráfico, puesto que se atribuyen diferentes procesos causales sobre el cambio climático que hacen referencia a la perspectiva antropogénica, haciendo que la información sea más amplia y profunda con relación al fenómeno (Márquez *et al.*, 2003).

### **Conclusiones**

La investigación permitió, en primer lugar, identificar y caracterizar dos modelos de explicación sociocientífica ubicados en el nivel aprendiz, representados a través de los tres modos de lenguaje de ambos casos, constituidos por características y agentes causales que

hacen parte de las perspectivas natural y antropogénica sobre el cambio climático; sin embargo, ambas posturas (natural y antropogénica) difieren una de la otra. Otro aspecto a tener en cuenta dentro de los modelos de explicación sociocientífica está relacionado con el deterioro de la capa de ozono por gases de efecto invernadero, confusión que según diferentes investigaciones se presenta en estudiantes de la educación primaria, secundaria y universitaria y que es reflejada en el caso E2.

Segundo, los obstáculos identificados en los dos modelos están relacionados con explicaciones que pueden hacer parte de otros fenómenos; ejemplo de ello fueron la presión del espacio, el manejo de los residuos sólidos, las características, aspectos asociados a la vulnerabilidad de los sistemas naturales y humanos, agentes causales (Martínez Ramírez y López Alfaro, 2021) y soluciones orientadas a la adaptación y la mitigación (IPCC, 2022) podrían ser aclarados en posteriores intervenciones educativas. Tercero, no se identifica una relación coherente entre ambas perspectivas (natural y antropogénica) en ambos casos; esto puede deberse a la falta de comprensión sobre el fenómeno, aspecto que puede analizarse a partir de las refutaciones que se plantean en ambas perspectivas.

Así mismo, se identificaron y analizaron relaciones intersemióticas de cooperación y especialización (fuerte) en los dos casos, destacándose una comprensión más amplia del fenómeno ubicada en un contexto macroscópico y en menor grado en el nivel microscópico, según los datos arrojados en el escenario argumentativo. Por lo que se puede inferir que cuando ambos estudiantes incorporan y usan diferentes modos de lenguaje se incrementa el contenido identificado en la dimensión social sobre el cambio climático, aportando a una mejor comprensión y profundidad de significados; en otras palabras, en ambos casos, los estudiantes más que plasmar las mismas ideas en cada uno de los modos de lenguaje, amplían su representaciones, posiblemente por las potencialidades que poseen los lenguajes a la hora de exteriorizar sus conocimientos.

Se sugiere, dentro de las ampliaciones para la enseñanza y el aprendizaje sobre el cambio climático, realizar aclaraciones y profundizaciones conceptuales que permitan abordar de manera integral y holista la problemática ambiental, donde se aprecien las valoraciones éticas y morales frente a las afectaciones globales y locales (sociocientíficamente) y, así mismo, fomentar soluciones que aborden la toma de decisiones responsables en diferentes niveles de la educación primaria, secundaria, universitaria y la formación del profesorado en las ciencias experimentales y las ciencias sociales; por último, es necesario que los maestros permitan que sus estudiantes utilicen diferentes tipos de lenguajes en las aulas, puesto que se pueden estudiar en profundidad sus representaciones, y así mismo, las relaciones multimodales (cooperación y especialización) para comprender significaciones más robustas sobre los problemas sociocientíficos.

## Referencias

- Arias Ortega, M. y Rosales Romero, S. (2019). Educación ambiental y comunicación del cambio climático. Una perspectiva desde el análisis del discurso. *RMIE*, 24(80), 247-269. <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S140566662019000100247&scrip=sci>

- Bardín, L. (1996). *Análisis de contenido*. Akal.
- Bello Benavides, L., Alatorre Frenk, G. y González-Gaudio, É. (2016). Representaciones sociales sobre cambio climático. Un acercamiento a sus procesos de construcción. *Trayectorias*, 18(43), 73-92. <https://www.redalyc.org/pdf/607/60746482004.pdf>
- Bolaños González, J. (2017). *La enseñanza y el aprendizaje del cambio climático en el aula* [Tesis de Maestría, Universidad de la laguna, España].
- Boon, H. (2010). Climate Change? Who Knows? A Comparison of Secondary Students and Pre-service Teachers. *James Cook University*, 35(1), 104-120. <https://ro.ecu.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?referer=&httpsredir=1&article=1332&context=ajte>
- Boronat Gil, R., Gómez Tena, M. y López Pérez, J. P. (2018). Diseño experimental de un sumidero de CO<sub>2</sub> y sus implicaciones en el cambio climático. Una experiencia de trabajo con alumnos en el laboratorio de Educación Secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15(1), 1202-1210.
- Bustos, L. (2019). Ilustraciones en textos de Física: un análisis de ilustraciones respecto al cambio climático. *Revista de Enseñanza de la Física*, (31), 123-131. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S140566662020000400957](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S140566662020000400957)
- Calixto Flores, R. (2020). Mirada compartida del cambio climático en los estudiantes de bachillerato. *RMIE*, 25(87), 987-1012. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmie/v25n87/1405-6666-rmie-25-87-987.pdf>
- Chang Rundgren S. N. y Rundgren C. J. (2010). SEE-SEP: From a separate to a holistic view of socioscientific issues. *Asia-pacific forum on science learning & teaching*, 11(1), 1-24. [https://www.eduhk.hk/apfslt/download/v11\\_issue1\\_files/changsn.pdf](https://www.eduhk.hk/apfslt/download/v11_issue1_files/changsn.pdf)
- Christenson, N. (2015). *Socioscientific argumentation: Aspects of content and structure*. Karlstad University Studies.
- Creswell, J. (2014). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. SAGE.
- Domènech, A. y Márquez, C. (2014). ¿Cómo justifican los alumnos el desacuerdo científico relacionado con una controversia socio-científica? El caso de la reintroducción del oso en los Pirineos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 11(3), 303-319. <https://www.redalyc.org/pdf/920/92031829005.pdf>
- Domènech, J. (2014). Contextos de indagación y controversias sociocientíficas para la enseñanza del Cambio Climático. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 22(3), 287-296.
- Dul, J. y Hak, T. (2008). *Case Study Methodology in Business Research*. Routledge.
- Eemeren, F. V., Grootendorst, R. y Snoeck, F. (2006). *Argumentación: análisis, evaluación y presentación*. Biblos.

- Eroglu, S., Bektas, O. y Tarkin, A. (2016). High school students' perceptions toward environmental issues: a phenomenological study. *The Online Journal of New Horizons in Education*, 6(4), 117-131.
- García-Rodeja, I. y Lima de Oliveira, G. (2012). Sobre El cambio climático y el cambio de los modelos de pensamiento de los alumnos. *Revista de investigación y experiencias didácticas*, 30(3), 195-218. [https://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc\\_a2012m11v30n3/edlc\\_a2012m11v30n3p195.pdf](https://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc_a2012m11v30n3/edlc_a2012m11v30n3p195.pdf)
- García-Vinuesa, A. y Meira-Carda, P. Á. (2019). Caracterización de la investigación educativa sobre el cambio climático y los estudiantes de educación secundaria. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 24(81), 507-535.
- Illum Hansen, T. y Toke Gissel, S. (2017). Quality of learning materials. *IARTEM e-Journal*, 9(1), 122-141.
- IPCC, (2022). Climate Change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5\\_TS\\_FINAL.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_TS_FINAL.pdf)
- Jiménez-Aleixandre, M. P. (2003). El aprendizaje de las ciencias: construir y usar herramientas. *Enseñar Ciencias. Mathematics Teacher*, 85(7), 13-32.
- Jiménez-Aleixandre, M. P. (2010). *10 ideas clave. Competencias en argumentación y uso de pruebas*. Editorial GRAO, de IRIF, SL.
- Justi, R. (2006). La Enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(2), 173-184.
- Katenbacher, M. (2007). *Perspectivas en el análisis de la multimodalidad: desde los inicios al estado del arte*. Universidad de Salzburgo.
- Klinenberg, E., Araos, M. y Koslov, L. (2020). Sociology and the climate crisis *Annual Review of Sociology*, 46. <https://doi.org/10.1146/annurev-soc-121919-054750>
- Kolstø, S. (2001). Scientific Literacy for Citizenship: Tools for Dealing with the Science Dimension of Controversial Socioscientific Issues. *Science Education*, 85(3), 291-310.
- Kress, G., Ogborn, J., y Martins, I. (1998). A Satellite View of Language: Some Lessons from Science Classrooms. *Language Awareness*, 7(2-3), 69-89.
- Márquez, C., Izquierdo, M. y Espinet, M. (2003). Comunicación multimodal en la clase de ciencias: el ciclo del agua. *Enseñanza de las ciencias*, 21(3), 371-386.
- Martín, J. (2009). Conceptos previos y Conceptos nuevos en el estudio del cambio climático reciente. *Investigaciones Geográficas*, (49), 51-63.
- Martínez Ramírez, R. y López Alfaro, F. (2021). Perspectivas y retos de los estudios sobre el cambio climático dentro del pensamiento actual. *Programa de Investigación en Cambio Climático y Red Universitaria de Cambio Climático de la Universidad Nacional Autónoma de México. Primera edición*. <https://www.pincc.unam.mx/wp-content/uploads/2022/01/perspectivas-retos-estudios-sobre-cambio-climatico.pdf>
- Martínez, M., Patiño, Y. y Ruiz, F. (En prensa). Explorando el maravilloso mundo de las disoluciones, grado 4.º. En: F. Ruiz y M. Rodas (eds.), *Argumentación y aprendizaje en*



*clase de ciencias. Implementación de unidades didácticas en educación básica y secundaria* (pp. 17-86). Universidad de Caldas.

- Navarro-Díaz, M., Moreno-Fernández, O., y Rivero-García, A. (2020). El cambio climático en los libros de texto de educación secundaria obligatoria. *RMIE*, 25(87), 957-985. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmie/v25n87/1405-6666-rmie-25-87-957.pdf>
- Novello, N., Fernandes, L. y Feiteiro, R. M. (2017). Meanings attributed to the theme “climate change” in natural science’s textbooks for the last years of primary education, approved by 2014 pnld. *Pesquisa em Educação em Ciências*, 19, (2793), 1-25.
- Olabe, A. (2016). *Crisis climática-ambiental. La hora de la responsabilidad*. Galaxia Gutenberg.
- Perczyk, D. (2004). *Para entender el cambio climático*. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación del Ministerio de Salud y Ambiente de la Nación.
- Pipitone, C. (2009). Aprendiendo a argumentar en torno al concepto de cambio climático. VIII Congreso internacional sobre investigación en la didáctica de las ciencias, Barcelona, España. 2, 3, 4 y 5 de septiembre. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ661764.pdf>
- Robrero, B. y Ladrera, R. (2020). ¿Preparados para la acción climática al finalizar la educación primaria?. *RMIE*, 25(87), 933-955. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmie/v25n87/1405-6666-rmie-25-87-933.pdf>
- Sadler, T., Klosterman, M. y Topcu, M. (2011). Learning of scientific content and socio-scientific reasoning through classroom explorations of climate change global. En Sadler, T. (Ed.), *Socio-scientific issues in the classroom: Teaching, learning and investigation* (pp. 45-78). Editorial Springer.
- Stake, R. (1999). *Investigación con estudio de casos*. Morata.
- Swanborn, P. (2010). *Case Study Research. What, Why and How?* SAGE.
- Tamayo, O., López, A. y Orrego, M. (2017). Inmunidad: modelos mentales de estudiantes universitarios. *Enseñanza de las ciencias*, núm. extra, 4079-4086.
- Tinto, J. (2013). El análisis de contenido como herramienta de utilidad para la realización de una investigación descriptiva. Un ejemplo de aplicación práctica utilizado para conocer las investigaciones realizadas sobre la imagen de marca de España y el efecto país de origen. *Provincia*, (29), 135-173.