

Argumentación multimodal en el aprendizaje sobre el cambio climático

Jhon Rodolfo Zona López

<https://orcid.org/0000-0002-6884-3974>
Universidad de Caldas, Colombia
rodolfozona@gmail.com

Francisco Javier Ruiz-Ortega

<https://orcid.org/0000-0003-1592-5535>
Universidad de Caldas, Colombia
francisco.ruiz@ucaldas.edu.co

Resumen

El objetivo del presente artículo de investigación es caracterizar las relaciones inter-semióticas de cooperación y especialización débil y fuerte, identificadas en un grado décimo cuando argumentan en clase de ciencias sobre el cambio climático. La investigación es un estudio de caso cualitativo con un alcance comprensivo y analiza el contenido en cuatro modos de lenguaje: oral, gestual, escrito y visual, empleados por estudiantes de 13 a 15 años de una institución educativa colombiana durante su participación en escenarios de discusión y debate sobre el problema sociocientífico del cambio climático. Se presentan los resultados de las relaciones intersemióticas de un estudiante en cuatro etapas de la investigación, donde se evidencian relaciones de cooperación entre dos modos de lenguaje: oral-gestual y escrito-visual, y las relaciones de especialización entre los cuatro modos de lenguaje, y se constata que ambas relaciones se dan en todos los modos. Este es un aspecto relevante, por las posibilidades que brinda representar y comunicar en cada lenguaje diferente tipo de contenido (social y científico), lo que facilita evolución hacia una representación más abstracta de la problemática ambiental del cambio climático.

Palabras clave

Cambio climático; dialéctica; diálogo; discusión; semiótica.

Recibido: 03/09/2025 | Enviado a pares: 03/11/2025 | Aceptado por pares: 14/12/2025 | Aprobado: 24/03/2026
DOI: 10.5294/edu.2026.29.1.7

Para citar este artículo / to reference this article / para citar este artigo

Zona, J. R. y Ruiz-Ortega, F. J. (2026). Argumentación multimodal en el aprendizaje sobre el cambio climático. *Educación y Educadores*, 29(1), e2917. <https://doi.org/10.5294/edu.2026.29.1.7>

Multimodal Argumentation in Learning About Climate Change

Abstract

The aim of this research article is to characterize intersemiotic relationships of co-operation, as well as weak and strong specialization, identified among tenth-grade students as they construct arguments in science class about climate change. The study is a qualitative case study with an interpretive scope, analyzing content across four modes of language (oral, gestural, written, and visual) used by students aged 13 to 15 in a Colombian educational institution during their participation in discussion and debate scenarios centered on the socioscientific issue of climate change. The results present the intersemiotic relationships of one student across four stages of the study, revealing cooperative relationships between two language modes, oral-gestural and written-visual, as well as specialization relationships across all four modes of language. It is observed that both types of relationships occur across all modes. This is a significant aspect, given the opportunities each mode provides to represent and communicate different types of content (social and scientific), thereby facilitating a progression toward a more abstract understanding of the environmental issue of climate change.

Keywords

Climate change; dialectics; dialogue; discussion; semiotics.

Argumentação multimodal na aprendizagem sobre mudanças climáticas

Resumo

O objetivo deste artigo de pesquisa é caracterizar as relações intersemióticas de co-operação e de especialização (fraca e forte) identificadas em estudantes do “grado décimo” [equivalente ao 1º ano do ensino médio no Brasil] ao argumentarem, em aulas de ciências, sobre mudanças climáticas. A pesquisa consiste em um estudo de caso qualitativo, de caráter abrangente, que analisa produções em quatro modos semióticos -- oral, gestual, escrito e visual -- utilizados por estudantes entre 13 e 15 anos de uma instituição educacional colombiana durante sua participação em cenários de discussão e debate sobre o problema sociocientífico das mudanças climáticas. São apresentados os resultados das relações intersemióticas observadas em um estudante ao longo de quatro etapas da pesquisa, em que se evidenciam relações cooperativas entre dois modos semióticos (oral-gestual e escrito-visual), bem como relações de especialização entre os quatro modos analisados. Esse aspecto é relevante devido às possibilidades que os diferentes modos de linguagem oferecem para representar e comunicar conteúdos de natureza científica e social, favorecendo a evolução rumo a representações mais abstratas do problema ambiental das mudanças climáticas.

Palavras-chave

Mudanças climáticas; dialética; diálogo; discussão; semiótica.

La literatura sobre didáctica de las ciencias, producto de investigaciones en el aula, muestra que tanto la argumentación como la multimodalidad son dos categorías fundamentales para comprender cómo se desarrollan en los estudiantes los procesos de aprendizaje de los diferentes conceptos y fenómenos que se comunican en el aula. Por ejemplo, varias investigaciones desarrolladas sobre la multimodalidad destacan que los diferentes modos de lenguaje que usan los docentes enriquecen el panorama comunicativo, aportan interpretaciones robustas de significado científico, permiten defender y sustentar ideas, generan actividades comunicativas como el diálogo razonado y el debate, y de esta manera contribuyen a la construcción de conocimiento en las aulas de clase (Revel *et al.*, 2014; Sadler y Fowler, 2006). Sobre la argumentación, la amplia literatura indica la necesidad de asumirla como una práctica epistémica, indispensable para la comprensión de la dinámica interna de la ciencia (Crujeiras y Jiménez, 2019; Cheng *et al.*, 2021), la coconstrucción de la ciencia escolar y el desarrollo de habilidades y valores para difundir y comunicar las comprensiones y construcciones desarrolladas en el aula (Çalik y Wiyarsi, 2021; Castells *et al.*, 2022; Atasoy *et al.*, 2022).

Algunas conclusiones que identificamos, luego de las revisiones desarrolladas sobre los estudios sobre la argumentación y la multimodalidad, son, entre otras, que existe poca literatura sobre investigaciones que integren estas dos categorías en la didáctica de las ciencias, y que sigue siendo notoria la tendencia a estudiarlas por separado. En tales desarrollos se reconocen procedimientos mono o bimodales, donde los registros que se obtienen como datos para analizar el desarrollo de procesos argumentativos se han apoyado en registros orales y escritos (Leitão, 2000). Así se desconoce la riqueza que pueden ofrecer modos de lenguaje como los gestos o las imágenes (Malinowski, 1984 [1923]; Manghi, 2009). Sin embargo, en campos de conocimiento como la filosofía (Birdsell y Groarke, 1996; Gilbert, 1994; Marraud, 2019) los argumentos visuales no

difieren radicalmente de los verbales, dado que su fuerza probatoria no varía según el modo de lenguaje en que sean expresados. Por su parte, la lingüística visual (Tseronis y Forceville, 2017; Rocci y Pollaroli, 2018; Van de Hoven y Yang, 2013; Kjeldsen, 2015) considera importante el uso de múltiples lenguajes o modos semióticos en cine, arte, medios de comunicación informativos y mercadeo, donde se enfatiza el uso de imágenes y de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) para enriquecer el panorama comunicativo publicitario y académico.

A pesar de estas observaciones, y pese a este importante avance en las investigaciones y la evidente relevancia de la argumentación, entendida desde una perspectiva multimodal, en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, cabe preguntarnos qué alcance podríamos obtener en los aprendizajes si logramos destacar en los procesos argumentativos la convergencia de múltiples lenguajes, más allá de los tradicionalmente registrados: el oral y el escrito. En esta investigación nos acercamos a responder esta pregunta partiendo del reconocimiento de las relaciones intermodales que se dan en las discusiones de los estudiantes cuando debaten un tema transversal en su formación como ciudadanos: el cambio climático.

En este sentido, los resultados que arroja esta investigación –y que forman parte de un trabajo mucho más amplio y extenso¹– reafirman la idea de que la argumentación multimodal (AM) es un artefacto de orden epistémico que aporta a la coconstrucción del conocimiento científico escolar. Es decir, asumimos que no es posible coconstruir ciencia escolar si no ofrecemos escenarios o situaciones de aprendizaje en donde se utilicen diferentes modos de lenguaje para, entre otros objetivos: evaluar pruebas y datos científicos; comunicar, contrastar y justificar la toma de decisiones frente a problemas auténti-

¹ Trabajo de investigación doctoral “Argumentación multimodal y sociocientífica en el aprendizaje sobre cambio climático en estudiantes de grado décimo”. Doctorado en Didáctica, Universidad Tecnológica de Pereira.

cos; y lograr reconocer que cada estudiante lleva al aula de clase, además de sus saberes y experiencias, habilidades comunicativas que trascienden las perspectivas bimodales fuertemente arraigadas en nuestras aulas de clase.

Ahora bien, aceptar la AM como una sola dimensión conlleva establecer estrategias de orden metodológico que faciliten la comprensión, seguimiento y valoración de las posibles interacciones que se dan entre los lenguajes cuando los estudiantes desarrollan sus procesos argumentativos. De ahí que, para comprender las relaciones entre los diferentes modos de lenguaje usado cuando se argumenta, esta investigación se apoya, en primer lugar, en los postulados de la semiótica social de Halliday (1978), perspectiva que analiza las diferentes interpretaciones sociales del lenguaje y su significado; en segundo lugar, en la lingüística sistémica funcional (Halliday, 1982; Malinowski, 1984; Eggins y Martin, 2003), al reconocer que cada sujeto posee y expresa diferentes significados y argumentos a través de diferentes modos de lenguaje o modos semióticos, los cuales interactúan y se interrelacionan por medio de relaciones de cooperación o igualdad y de especialización o complementariedad (Barthes, 1995 [1964]; Kress *et al.*, 1998).

Las relaciones de cooperación o igualdad se realizan cuando se usan diferentes modos de lenguaje que contribuyen a dar significado a un mismo tipo de proceso con las mismas funciones (Barthes, 1964; Kress *et al.*, 1998; Márquez *et al.*, 2003); es decir, cada uno de los modos de lenguaje aporta los mismos elementos estructurales del argumento (datos, justificaciones, apoyo teórico, contraargumento) y también lo enriquece con contenido de orden conceptual, procedimental o actitudinal. La especialización o complementariedad se dan cuando se usan diferentes modos de lenguaje con contenidos diferentes que contribuyen a dar significado a un mismo proceso, pero realizan funciones distintas (Barthes, 1964; Kress *et al.*, 1998; Márquez *et al.*, 2003), ya que cada uno de los modos de lenguaje aporta diferen-

tes elementos estructurales del argumento (datos, justificaciones, apoyo teórico, contraargumento), así como diferente contenido conceptual.

Esta investigación, además de llevar al aula una perspectiva multimodal de la argumentación, propone la clasificación de las relaciones intermodales. Para nosotros, las relaciones de especialización se clasifican en débiles y fuertes, referidas las primeras a la interacción entre lenguajes mediados o sustentados en elementos conceptuales científicos y sociales, sin una clara relación entre ellos; y las segundas a elementos científicos y sociales² con una clara relación, que permite comprender el fenómeno desde una perspectiva disciplinar requerida para comprender en profundidad temas como el cambio climático, fenómeno de interés y pretexto utilizado en esta investigación, cuyo objetivo central es precisamente el de caracterizar las relaciones intersemióticas identificadas en un grupo de estudiantes cuando argumentan en clase de ciencias sobre el cambio climático.

Metodología

La investigación tiene un enfoque cualitativo con un alcance comprensivo. Aquí se reconoce que los antecedentes investigativos sobre argumentación sociocientífica son pocos, lo que nos permite, según Creswell (2014), ubicar esta investigación en una perspectiva inductiva sobre el fenómeno estudiado. En este mismo sentido, Creswell muestra que la relación y el refinamiento continuo de los datos y la teoría (Mendoza y Llaxacondor, 2016) permiten la constitución conceptual y metodológica categorial, aspectos indispensables para lograr comprender en profundidad el fenómeno estudiado; en nuestro caso: la argumentación en el aprendizaje sobre el cambio climático.

2 Lo social, para nosotros, es también científico. Lo desagregamos de esta manera para propósitos prácticos que nos ayuden a diferenciar aspectos conceptuales de naturaleza social y natural.

Para la recolección de la información, se pidió autorización, en primer lugar, de la institución educativa Fe y Alegría La Paz, de la ciudad de Manizales (Colombia), así como el consentimiento de participación voluntaria de una población 36 estudiantes que oscilan entre los 14 y 16 años de grado décimo, correspondiente al primer año de la educación media colombiana.

Dado el gran volumen de información, se definieron criterios de selección de los casos representativos que evidenciaran las relaciones entre la argumentación multimodal y el aprendizaje sobre cambio climático. Fueron tres los aspectos que definieron la selección de los tres casos, aunque solo presentamos la discusión sobre uno de ellos: primero, la participación voluntaria en el proceso; segundo, la ubicación de la explicación del fenómeno en una perspectiva sociocientífica, es decir, que en las explicaciones se evidencien elementos de corte social y científico, aspectos estructurales y funcionales del fenómeno; y tercero, el uso en las explicaciones de diferentes modos de lenguaje: oral, escrito y visual, esto para poder relacionar el contenido expuesto en cada modo de lenguaje y lograr establecer las perspectivas de orden conceptual.

La recolección de la información se llevó a cabo en escenarios de discusión sociocientífica sobre el cambio climático. Los temas discutidos en cada escenario fueron: la perspectiva natural y antropogénica sobre el cambio climático, la extracción de hidrocarburos, la ganadería y su incidencia en la deforestación, y la adaptación y mitigación en el cambio cli-

mático. Es importante precisar que cada escenario contó con intervención didáctica, durante 10 meses, dando respuesta no solo a los aspectos identificados en desarrollo de las clases, sino también a los lineamientos curriculares expuestos en la política educativa colombiana, cuyo enfoque transversal pretende potenciar un proceso participativo y responsable en la toma de decisiones y la generación de acciones concretas para mitigar, reducir o controlar el fenómeno. Dicha intervención buscó, además de las discusiones sobre conceptos disciplinares (gases de efecto invernadero, fracturación hidráulica o *fracking* y cambio climático, entre otros), abordar la importancia de los diferentes modos de lenguaje como medios para expresar los conocimientos y comprensiones sobre los temas discutidos en el aula.

En esa línea, en cada uno de los escenarios de discusión sociocientífica los estudiantes desarrollaron dos actividades centrales que se convirtieron en las fuentes de información utilizadas para caracterizar la argumentación multimodal y el aprendizaje sobre el fenómeno estudiado. La primera de ellas consistió en dar respuesta, por escrito, a preguntas sobre cada temática, luego de la lectura y observación de videos relacionados con cada tema; y la segunda, en la comunicación ante el grupo de las respuestas dadas con el objetivo de contrastarlas. En definitiva, fueron dos las fuentes: respuestas individuales a las preguntas planteadas y el registro en audio de las discusiones grupales. A manera de ejemplo, en la Tabla 1 se muestran algunas de las preguntas utilizadas en uno de los momentos.

Tabla 1. Tipología de preguntas para el trabajo individual y colectivo

Actividad individual	Actividad grupal (debate)
¿Cómo les explicarías a tus padres o hermanos lo que es el cambio climático o lo que influye o no en él? ¿Cuáles crees que son las causas del cambio climático? Puedes hacerlo a través de un texto o un dibujo.	¿Habían oído hablar del tema?, ¿cuál es su opinión? ¿El video y la noticia que explica las dos perspectivas sobre cambio climático han aportado alguna idea nueva?, ¿cuál? ¿Qué posición les convence más?, ¿por qué?

Fuente: elaboración propia.

La información, luego de su obtención y sistematización en los cuatro momentos antes comentados, fue analizada en el marco del análisis del discurso y del contenido (Candela, 2005; Krippendorff, 1980), lo que permitió la caracterización de las relaciones intermodales, además de la identificación

de los elementos disciplinares puestos en escena y discutidos respecto de cada lenguaje utilizado por los estudiantes participantes. Para esto último, también fue necesario construir y validar (mediante juicio de expertos y prueba piloto) una rúbrica (Tabla 2) que permitiera valorar dichas relaciones.

Tabla 2. Tipos de relaciones intermodales

Relación	Estructura	Característica del contenido
1. Cooperación entre dos o más modos de lenguaje.	En los lenguajes utilizados se aporta igual elemento estructural: datos, justificación, conclusión, contraargumento.	El contenido expuesto en el dato, la justificación o la conclusión es igual en los diferentes modos de lenguaje utilizados.
2. Especialización débil entre dos o más modos de lenguaje.	Aporta más de dos elementos: datos, justificación, conclusión, contraargumento.	Se logra identificar el contenido científico o social en los lenguajes utilizados; sin embargo, no hay claridad en la relación entre dichos contenidos.
3. Especialización fuerte entre dos o más modos de lenguaje.	Aporta más de dos elementos: datos, justificación, conclusión, contraargumento.	Se logra identificar el contenido científico y social en los lenguajes utilizados y se puede establecer con claridad la relación entre dichos contenidos.

Fuente: elaboración propia.

Resultados

A continuación, y para ilustrar el proceso desarrollado, se expone el caso del estudiante 2 (E2) con ejemplos ilustrativos que muestran las relaciones intersemióticas, en los cuatro momentos planteados para la investigación. En el momento uno (Tabla 3), se exponen las dos relaciones intersemióticas identificadas en el desarrollo de los procesos argumentativos: cooperación y especialización. La primera relación, ubicada en una perspectiva natural del cambio climático, se caracteriza por que en ninguno de los lenguajes utilizados (oral y el gestual) hay elementos conceptuales claramente diferenciados que permitan afirmar que son, conceptualmente, complementarios. En el ejemplo, el estudiante expuso que una posible causa natural del cambio climático es, precisamente, la actividad solar, idea acompañada con un gesto metafórico en el que intenta representar dos cosas: la actividad solar, análoga al

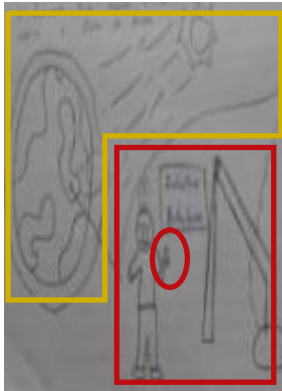
movimiento de sus manos hacia adelante, y los rayos solares, con un gesto análogo a la ubicación de sus dedos separados. Sus manos, entonces, intentan poner lo invisible (la actividad solar y los rayos solares) a la vista de sus compañeros. En definitiva, el gesto se utiliza como mecanismo de representación descriptiva que acompaña el discurso oral, pero no propone, conceptualmente, elementos complementarios de extensión o proyección que aporten a la comprensión o construcción del significado. Ahora bien, conceptualmente esta perspectiva natural del cambio climático, además de no sustentarse con claridad, podría ser objeto de análisis para los docentes, toda vez que ha sido cuestionada por expertos, quienes apoyan la perspectiva antropogénica y sustentan que existe gran cantidad de evidencia científica que cuestiona y refuta la perspectiva de los ciclos naturales (Arias y Rosales, 2019; Bello *et al.*, 2016; Bolaños, 2017; Calixto, 2020; García y Lima, 2012).

La segunda relación: de especialización, en una combinación de las perspectivas antropogénica y natural, se valora como débil, por dos razones: primero, por el uso de cuatro modos de lenguaje para comunicar la perspectiva; segundo, por la presencia de elementos argumentativos complementarios en tres de los cuatro lenguajes utilizados: en el oral, con datos que expresan la presencia de capas, como la capa de ozono, y, además, por la posible justificación que intenta relacionar este dato con el riesgo de la actividad del ser humano articulada con el cambio climático; en el escrito, el estudiante, aunque no precisa muy bien los datos, sí hace alusión a la actividad del hombre como causante de “gases” que afectan la capa de ozono y, en su dibujo, se precisa la actividad del hombre como principal causa de la emisión de gases (CO_2). Respecto de este último modo de lenguaje, es importante destacar dos cosas: primero, la relación de los elementos antes descritos: capas de la tierra, actividad solar, emisión de gases y actividad del hombre, y segundo, el lugar conceptual que relaciona las dos perspectivas (natural y antropogénica), donde se puede ubicar el contenido expresado: la industria (petróleo), la economía

(la figura humana y el dinero) y lo ambiental (capas y el sol). Ahora bien, con el lenguaje gestual sucede algo similar a lo expuesto a propósito de la anterior relación intersemiótica: que el gesto metafórico realizado quizás representa lo que para el estudiante ocasionan los gases: atrapar el sol y dañar la capa de ozono. Pero, ¿qué hace que esta relación sea débil a pesar de contener elementos complementarios en los modos de lenguaje y haber expresado aspectos de las dos perspectivas? La respuesta está en la conceptualización. Y aquí reside la oportunidad de trabajar uno de los posibles obstáculos de orden disciplinar cuando se intenta desarrollar comprensiones profundas sobre el fenómeno del cambio climático y es, precisamente, la distinción y posibles relaciones de la capa de ozono con el cambio climático. Quizás es un obstáculo disciplinar generado por diferentes razones, entre ellas: el uso genérico, en las aulas de clase, de la palabra “gases” o “sustancias químicas”, sin detenerse a clarificar la relación de los freones con el daño en la capa de ozono y del CO_2 con el calentamiento global (Bolaños, 2017; Boon, 2010; Calixto, 2020; García y Lima, 2012; Pruneau *et al.*, 2001; Robrero y Ladrera, 2020).

Tabla 3. Relaciones de cooperación y especialización débil: momento uno

Lenguaje Relación	Lenguaje oral	Lenguaje gestual	Lenguaje escrito	Lenguaje visual
COOPERACIÓN Entre los modos de lenguaje oral y gestual, se identifica contenido desde lacon perspectiva natural.	Perspectiva natural Justificación: el cambio climático tiene causas naturales, porque cada vez aumenta más la actividad solar.	 GESTO METAFÓRICO Mueve sus manos de adentro hacia fuera (representa aumento de la rayos solares).		

Lenguaje Relación	Lenguaje oral	Lenguaje gestual	Lenguaje escrito	Lenguaje visual
ESPECIALIZACIÓN DÉBIL Entre los modos de lenguaje oral-gestual (contenido de la perspectiva natural) y los modos de lenguaje visual y escrito (contenido perspectiva antropogénica).	La capa de ozono es la última y dentro hay más capas: hidrosfera, litosfera y exosfera; entonces porque estas nos protegen del CO₂ como tal.	GESTOS METAFÓRICOS  Mueve sus manos de abajo hacia arriba para representar las capas de la tierra (dato).	PERSPECTIVA ANTROPOGÉNICA Emisiones causadas por el hombre que atrapan el sol y dañan la capa de ozono.	PERSPECTIVA ANTROPOGÉNICA  Justificación: gases efecto invernadero que atrapan radiación (en amarillo). Dato: emisiones de la industria petrolera (rectángulo rojo); dinero (ovalito rojo).

Fuente: elaboración propia.

En el momento dos (Tabla 4) se identificaron dos relaciones de cooperación y una de especialización. La primera, al igual que en el momento uno, se da entre los modos de lenguaje oral y gestual. En esta relación se da cuenta de la realización del *fracking* a través de “locación seca” (dato), la cual no utiliza los líquidos en la fracturación que son almacenados en contenedores. En el gesto metafórico utilizado para acompañar su discurso oral quizás intenta representar la idiosincrasia del sujeto, en donde se comprendería que las manos ahuecadas y entrelazadas (gesto metafórico) funcionarían como las paredes de lo que él llama “contenedor” y dentro de este los “líquidos” expuestos en su discurso oral. Por lo tanto, al igual que en el primer momento, la relación de cooperación se da porque el gesto se utiliza para hacer visible lo invisible y no como un modo de lenguaje que incorpore elementos de orden conceptual diferente. En lo conceptual, esta

perspectiva es importante, en la medida en que se convierte en un eje de discusión para establecer la relación de la emisión de los gases de efecto invernadero, como el metano, con la práctica del *fracking*. De ahí uno de los propósitos sugeridos por el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC, 2013; 2022), en los que se resalta la necesidad de disminuir la emisión de gases de efecto invernadero en un 45% para antes del 2030, con el fin de evitar daños irreparables al medio ambiente.

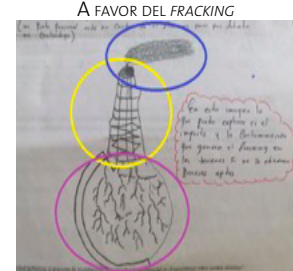
La segunda relación de cooperación, y de la cual no podemos decir mucho sobre la comprensión de orden conceptual, se da entre los lenguajes oral y escrito. En ambos lenguajes el dato es el mismo: la norma que puede ser utilizada como regulación de esta práctica y con ello justificar su posición de defensa del *fracking* para yacimientos no convencionales de petróleo. Un lemento para destacar en este

punto es la incorporación de elementos normativos, ya que pueden convertirse en evidencia importante al trabajar temas de naturaleza sociocientífica, puesto que invitan, indiscutiblemente, a comprender las posibles relaciones interdisciplinarias que se entretienen al intentar dar solución al problema discutido.

La relación de especialización identificada se valoró como débil porque, a pesar de usarse diferentes modos de lenguaje e identificarse elementos argumentativos diferentes en ellos, no hay una relación clara; además, es evidente la contradicción simultánea a favor y en contra de la práctica del *fracking*. Pese a lo anterior, es importante resaltar que en el lenguaje gráfico hay datos interesantes que podrían

ser objeto de profundización, entre ellos, el tipo de perforación (vertical y horizontal) característicos de esta práctica y la emisión de gases. Aquí es donde se puede enfatizar en el tipo de gas, ya que debería hacerse mención también del metano y el gas de lutita o *shale gas*, pertinentes para comprender lo que se discute (García y Lima, 2012; Domenèch, 2014; García y Meira, 2019). Finalmente, la presencia de conceptos como el de nuevas revoluciones energéticas podría utilizarse como eje de discusión y apoyo para lograr mejores comprensiones sobre esta práctica y su relación con el cambio climático, pues es un término asociado con prácticas en yacimientos no convencionales de petróleo, pero que no tiene nada que ver con las llamadas revoluciones energéticas.

Tabla 4. Relaciones de cooperación y especialización: momento dos

Lenguaje Relación	Lenguaje oral	Lenguaje gestual	Lenguaje escrito	Lenguaje visual
1. COOPERACIÓN Relación entre los modos de lenguaje oral y gestual.	A FAVOR DEL <i>FRACKING</i> ... locación seca: significa que no está permitiendo ningún contacto con los fluidos del suelo y los líquidos van a parar a contenedores.	GESTO METAFÓRICO  Representa con sus manos la forma de un contenedor de almacenamiento (dato).		
2. COOPERACIÓN Entre los modos de lenguaje oral y escrito, relacionado con el decreto 248 (sic) que regula el <i>fracking</i> .	Dato: ... para los yacimientos no convencionales sería el decreto 248 (sic).		Dato: Yacimientos no convencionales se utiliza el decreto 248 (sic).	A FAVOR DEL <i>FRACKING</i>
ESPECIALIZACIÓN DÉBIL Entre los modos de lenguaje oral-gestual y visual, en los que se identifican contenidos a favor del <i>fracking</i> .	A FAVOR DEL <i>FRACKING</i> JUSTIFICACIÓN Se trata del potencial energético e incluimos en las nuevas revoluciones energéticas.	A FAVOR DEL <i>FRACKING</i> GESTO METAFÓRICO  Mueve sus manos hacia adelante, refiriéndose al nuevo potencial energético (dato).	EN CONTRA DEL <i>FRACKING</i> Contaminación y destrucción masiva de las especies.	A FAVOR DEL <i>FRACKING</i>  Datos: emisión de CO ₂ (óvalo amarillo); daño en la tierra (óvalo fucsia).

Fuente: elaboración propia.

En el momento tres (Tabla 5) se identificaron dos relaciones de especialización: una débil y otra fuerte. Las razones que sustentan haber definido como débil la primera relación tienen que ver con que estudiante califica la ganadería como negocio o factor de promoción de la sustentabilidad y evolución de la economía, respuestas que podríamos asumir como dato de orden económico (expuesto en los lenguajes oral y escrito, respectivamente), pero, en primera instancia, no existe referencia a cómo la práctica ganadera puede estar involucrada en el incremento del fenómeno estudiado y, en segunda instancia, se habla del fenómeno solo a partir de generalidades de las posibles dimensiones comprometidas al discutirse el fenómeno (Martín, 2009; Olabe, 2016; Pruneau *et al.*, 2001; Robrero y Ladrera, 2020; Sadler *et al.*, 2011). Ahora bien, el gesto no adiciona nada nuevo a lo expuesto en los otros dos modos de lenguaje; es una ilustración icónica (movimiento ascendente de la mano) que refuerza el dato sobre el incremento. Queda como invitación profundizar en los términos utilizados por el estudiante (sustentabilidad y evolución), como mecanismo de comprensión del tema; la sustentabilidad, por ejemplo, a partir de la discusión del alcance del uso racional de los recursos versus un desarrollo sostenible apoyado en lo económico, lo social y lo ambiental.

La relación de especialización fuerte la identificamos en cuatro modos utilizados por el estudiante. Su valoración, además de sustentarse en el uso de múltiples lenguajes, se hace también por la presencia de contenidos estructurales diferentes referidos a diversas dimensiones sobre el tema discutido. En este sentido, se identificaron datos disciplinares: la presencia de metano en ambos extremos de las vacas (heces y eructos, expuestos en los lenguajes visual, oral y escrito), altos índices de deforestación (lenguaje escrito), relación de la emisión del gas y el calentamiento global (lenguaje visual), la acción de eructar (lenguaje gestual). La relación entre los diferentes lenguajes podría decirse que se da cuando el estudiante es capaz de establecer vínculos entre la

emisión de los gases y su “desplazamiento” hacia la atmósfera, que afecta o incrementa el calentamiento global. Dos aspectos marcan la diferencia en este momento comparado con los dos anteriores. Primero, se logró precisión al expresar la relación entre gas metano y calentamiento global, que en los anteriores momentos no se presentó. Segundo, la presencia de la alternativa de solución elaborada por el estudiante: “Dejar de comer carne debe ser colectivo, pero se ven sentimientos más moralistas, o sea, es más en [criterio de] cada persona, en cada costumbre” (lenguaje oral). En este último aspecto, se podría profundizar en posibles acciones de mitigación y adaptación frente al cambio climático referidas a las acciones de naturaleza individual, colectiva e institucional (Navarro-Díaz *et al.*, 2020; IPCC, 2022).

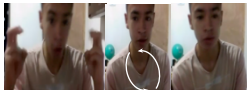
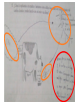
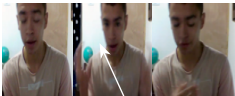
En el momento cuatro (Tabla 6) se identifican dos relaciones cooperación. La primera, entre los modos de lenguaje oral y gestual. El estudiante expone, al igual que el momento tres, que la principal causa de la deforestación es la ganadería (justificación), idea que acompaña con un gesto metafórico representando, con el movimiento de su mano de un lado al otro, el posible daño de la ganadería, quizás para referirse a la tala de árboles que se realiza para la crianza de ganado, aspecto mencionado en investigaciones sobre el cambio climático en la educación secundaria (Calixto, 2020; Domènech, 2014; Robrero y Ladrera, 2020) y que además está relacionado con la pérdida de los sumideros de carbono (deforestación), mientras que en otros análisis los estudiantes no tienen en cuenta este parámetro climático (García y Lima, 2012); sin embargo, es un aspecto importante dentro de las propuestas del IPCC (2013) para aportar a las soluciones a dicha problemática.

La segunda relación, constituida por los modos de lenguaje oral y gestual, demuestra su aprobación a una de las soluciones a la problemática ambiental: “De las energías renovables, estoy totalmente acuerdo, son la mejor forma de no contaminar” (expresado en el lenguaje oral y ratificado con el gesto icónico), idea apoyada por algunos autores,

quienes consideran que es una solución de mitigación necesaria para realizar una transición energética urgente que permita comprender, además del cambio en el uso de fuentes de energía convencio-

nales hacia el uso de fuentes de energías renovables (IPCC, 2013; 2022; Perczyk, 2004), el alcance de dicho cambio para disminuir las consecuencias del cambio climático (IPCC, 2022).

Tabla 5. Relaciones de cooperación y especialización: momento tres

Lenguaje Relación	Lenguaje oral	Lenguaje gestual	Lenguaje escrito	Lenguaje visual
1. ESPECIALIZACIÓN FUERTE Relación entre los modos de lenguaje oral y gestual. Hace referencia a la emisión de CH ₄ por causa de la ganadería.	EN CONTRA DE LA GANADERÍA Daños al medio ambiente por excrementos y eructos que producen gases totalmente dañinos, como el metano: CH ₄ . Solución: dejar de comer carne debe ser [asunto] colectivo, pero se ven sentimientos más moralistas, o sea, es más [un criterio] en cada persona, en cada costumbre.	GESTO METAFÓRICO  Representa con sus manos la forma de la boca de la vaca que emite eructos (dato).	EN CONTRA DE LA GANADERÍA Daños al medio ambiente por excrementos y eructos que dañan la capa de ozono. Los altos índices de la deforestación; se crea esto con la ganadería.	EN CONTRA DE LA GANADERÍA  Representa el CH ₄ (óvalo naranja) y cómo este daña la capa de ozono (óvalo rojo).
2. ESPECIALIZACIÓN DÉBIL Entre los modos de lenguaje oral-gestual y los modos de lenguaje escrito y visual. El contenido se da a partir de las dimensiones económica y científica.	A FAVOR DE LA GANADERÍA Es un negocio que genera más riquezas.	A FAVOR DE LA GANADERÍA  Gesto icónico: sube su mano para representar el aumento de riquezas.	A FAVOR DE LA GANADERÍA Es un factor de promoción sustentabilidad y evolución de la economía.	

Fuente: elaboración propia.

Esta idea se conecta con uno de los aspectos expresados en la relación de especialización débil dada entre los modos de lenguaje oral y escrito, donde menciona los efectos adversos del uso de la energías renovables, al expresar a través de datos que “las energías renovables [...] también contaminan las baterías y los químicos de las mismas”, aspecto que también es cuestionado por los retractores del uso de energías renovables que defienden el uso de energías convencionales basadas en el uso de hidrocarburos. Así mismo, el estudiante menciona en su lenguaje escrito otra solución, consistente en la transición hacia una dieta climática baja en consu-

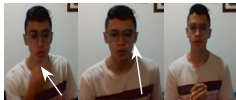
mo de proteínas de origen animal, como posibilidad de adaptación: “de la dieta climática también considero que sería [bueno] adaptarnos a este tipo de vida y poder consumir otro tipo de cosas que sean [benéficas] para nosotros y para el medio ambiente”, solución que pertenece a las acciones de mitigación planteadas por el IPCC (2013; 2022).

Estos aspectos hacen parte de las dimensiones ética y científica, mencionadas en diferentes investigaciones relacionadas con propuestas que hacen énfasis en la toma de conciencia como elemento fundamental para cambiar el destino del

planeta; sin embargo, es una propuesta vinculada con la transmisión cultural, instrumento fundamental en la supervivencia del ser humano, pero

difícil de ser modificado (dieta climática), lo que hace más difícil su implementación (Olabe, 2016; Arias y Rosales, 2019).

Tabla 6. Relaciones de cooperación y especialización momento cuatro

Lenguaje Relación	Lenguaje oral	Lenguaje gestual	Lenguaje escrito	Lenguaje visual
1. COOPERACIÓN Relación entre los modos de lenguaje oral y gestual. Donde se refiere al interés propio más que al beneficio colectivo.	CAUSA DEL CAMBIO CLIMÁTICO “El tema de la deforestación y el causante de todo este daño es el proceso que se le ha dado a la ganadería”.	GESTO METAFÓRICO  Mueve sus manos de un lado a otro para representar la deforestación causada por la ganadería (justificación).		
2. COOPERACIÓN Entre los modos de lenguaje oral y gestual, donde aprueba el uso de energías renovables.	SOLUCIÓN DE MITIGACIÓN De las energías renovables, estoy totalmente acuerdo, son la mejor forma de no contaminar.	GESTO ICÓNICO  Mueve su mano hacia arriba para representar su aprobación con el uso de las energías renovables.		
1. Especialización débil Entre los modos de lenguaje oral y el modo de lenguaje escrito. El contenido identificado hace referencia a los posibles daños que pueden causar el uso de energías renovables con el uso de las baterías, y la posible adaptación a la dieta climática.	SOLUCIÓN DE MITIGACIÓN Las energías renovables... también contaminan las baterías y los químicos de las misma.		SOLUCION DE ADAPTACIÓN De la dieta climática también considero que sería [necesario] adaptarnos a este tipo de vida y poder consumir otro tipo de cosas que sean beneficiosas para nosotros y para el medio ambiente.	

Fuente: elaboración propia.

Luego de las discusiones expuestas se puede destacar, en primer lugar, que las relaciones de cooperación siempre estuvieron asociadas a los lenguajes gestual y oral/escrito. Los primeros, caracterizados por ser gestos icónicos o metafóricos y con ellos concretar, quizás, contenidos disciplinares abstractos que exigen ilustrarse con acciones cotidianas

y/o familiares. Esto confirma las diferentes relaciones semánticas que podríamos identificar entre la expresión verbal o escrita con el gesto, en lo que se conoce como coexpresividad u orquestación. Aquí, el gesto tiene sentido si se asume, en nuestro caso, en coordinación con el contenido disciplinar enunciado. En otras palabras, el gesto ocupa un lugar im-

porante que traspasa lo decorativo, para consituirse en una actividad que puede aportar a la planeación y organización del discurso (oral o escrito). De ahí la necesidad de destacar el alcance del lenguaje gestual como apoyo para las comprensiones de los campos disciplinares y de ahí, al mismo tiempo, la relevancia que tiene para el docente saber identificar gestos que posiblemente obedecen a elementos culturales y que podrían facilitar u obstaculizar su uso en diferentes contextos. En esta investigación, los gestos icónicos, como, por ejemplo, el desplazamiento hacia arriba de las manos, ilustran aspectos de la misma escena que se expone en el discurso oral o escrito (incremento de la riqueza, por ejemplo), mientras que los gestos metafóricos (apertura de las manos) intentan, al igual que los icónicos, desplegar o representar una imagen, que en este caso corresponde a una idea o concepto abstracto y, por lo tanto, son más complejos, pues relacionan un contenido base (lo concreto) con un referente: el concepto abstracto.

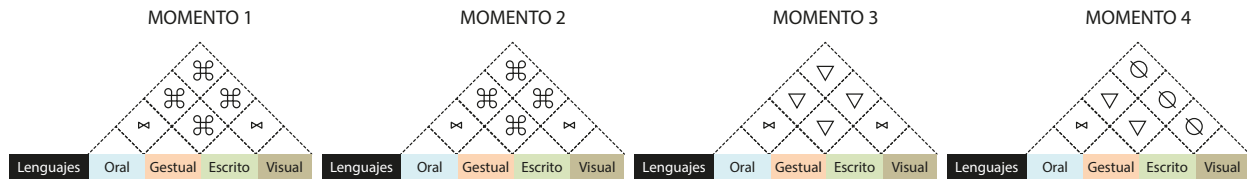
Con respecto a las relaciones de especialización, si bien no podemos decir que aumentaron durante el proceso, sí fueron representativas de la comprensión del fenómeno estudiado. Varias razones sustentan la afirmación anterior. Primero, el uso “orquestado” de más lenguajes. Durante el proceso, en tres de los cuatro momentos se utilizaron cuatro lenguajes. La relevancia de este uso radica en la posibilidad de expresar no solo elementos disciplinares más sólidos correspondientes a lo social o científico, sino también acciones de mitigación y adaptación, propias de una comprensión de problemas de naturaleza sociocientífica, pues se espera entenderlo, pero también asumirse como ciudadano crítico comprometido con la acción, y esto puede reflejarse mostrando posibles alternativas de solución a un problema que afecta a todo ecosistema. La segunda razón es el lugar que se les da a los gestos de orden metafórico. Ya se comentó en otro apartado que estos gestos intentan concretar ideas o conceptos abstractos. Saberlos utilizar en un sistema de lenguajes

otorga, posiblemente, un nivel de conciencia e intención en quien los utiliza, esto porque quizás hay una reflexión sobre la claridad del mensaje que se quiere comunicar y con el que se quiere lograr el propósito de su intervención (consensuar o convencer). La tercera razón es que, a lo largo del proceso, el contenido no solo fue más sólido, sino que también fue más rico en posibilidades de ser ubicado en la relación de conocimientos sociales y científicos. Una prueba, como se dijo anteriormente, de una comprensión mucho más profunda de un fenómeno que no se circunscribe a un campo disciplinar específico.

La síntesis de las relaciones intermodales se representan en la Figura 4. En ella se pueden apreciar las características de las relaciones intermodales en cada uno de los momentos de la investigación. En los momentos uno y dos, se evidencia relaciones de cooperación entre dos modos de lenguaje (oral-gestual, escrito-visual), y las relaciones de especialización entre los cuatro modos de lenguaje; para los momentos tres y cuatro, se evidencia que ambas relaciones se dan en todos los modos, aspecto relevante, debido a las posibilidades que brinda el representar y comunicar, en cada lenguaje, diferente tipo de contenido. Destacamos en este punto el uso de los diferentes tipos de gesto, como posibilidad de representación más abstracta de la realidad (Kress *et al.*, 1998; Márquez *et al.*, 2003, p. 378); esto, quizás, podría facilitar el tránsito hacia diferentes niveles de representación (macroscópico, microscópico, submicroscópico, simbólico) en el aula de ciencias y con ello aportar a comprensiones más robustas en el estudio de temas, en este caso, del cambio climático.

Discusiones y consideraciones finales

Con relación al discurso multimodal, consideramos que si bien este se da de manera implícita en las aulas de clase, es necesario que se realice de manera consciente e intencionada por parte de los maestros, con el fin de aportar a procesos de representación y comprensión de fenómenos que se comunican en el aula de clase. Durante el proceso

Figura 4. Relaciones intermodales caso dos en los cuatro momentos*

* Cooperación (□), especialización (⌘), ambas relaciones (∇), o sin relaciones (∅).

Fuente: elaboración propia.

realizado en el aula se pudo notar que el uso de un mayor número de modos de lenguaje y el logro de relaciones de especialización, como sinónimo de mayor comprensión del tema, demanda la incorporación de contenidos disciplinares más precisos y con ello la constitución de argumentos multimodales más sólidos. En otras palabras, potenciar en el aula de clases el desarrollo de procesos de argumentación multimodal puede ser indicador, para maestros y estudiantes, de la relevancia que tienen los elementos multimodales, utilizados no como soporte de los argumentos, por ejemplo verbales, sino como elementos elaborados o, si se quiere, premisas indispensables para llegar a una comprensión mucho más profunda de lo discutido en clase.

Otro aspecto clave logrado en este proceso y representado en el caso expuesto fue el acercarnos a la educación en ciencias con un llamado a la acción (Hodson, 2014). Durante el proceso, gracias a la identificación de los diferentes contendios que se manifestaron en los modos de lenguaje, sobre todo en los momentos tres y cuatro, se logra incentivar la participación en el diseño de soluciones y toma de decisiones responsables con el medio ambiente, aspectos que, según el IPCC (2022), son relevantes en la formación de ciudadanía o en la alfabetización científica crítica, dado que no es suficiente la comprensión funcional de los contendios que se comu-

nican en el aula, sino también el posicionamiento y participación del sujeto en acciones de naturaleza sociopolítica.

Por último, reconocemos que la investigación tiene limitaciones y retos para enfrentar a futuro. Entre los primeros, la formación de docentes, que sigue dando prioridad al uso de los lenguajes oral y escrito y margina otros lenguajes pertinentes y necesarios en los procesos de comprensión y comunicación de los contenidos disciplinares, como el gestual y el visual. En este mismo sentido de la formación docente, también puede constituir una limitante el desconocimiento de la complementariedad de los conocimientos sociales y científicos en la comunicación de fenómenos como el cambio climático, que requieren de la interdisciplinariedad como elemento estructural y funcional para su enseñanza y aprendizaje. Como retos, está la incorporación en las estructuras curriculares de formación del alcance que tiene intencionar la denominada orquestación semiótica, como mediación de la enseñanza y el logro de aprendizajes en profundidad de los contenidos que se comunican en el aula. En este mismo sentido, se abre la posibilidad de ver en la argumentación multimodal una oportunidad para evaluar, además de elementos de naturaleza lingüística, el aprendizaje de contenidos disciplinares.

Referencias

- Arias-Ortega, M. y Rosales-Romero, S. (2019). Educación ambiental y comunicación del cambio climático. Una perspectiva desde el análisis del discurso. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 24(80), 247-269. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-66662019000100247&lng=es&tlng=es
- Atasoy, Ş., Tekbiyik, A., Çalik, M. y Yilmaz-Tüzün, Ö. (2022). Development of argumentation based concept cartoons for socioscientific issues: A case of science and art centers. *Education and Science*, 47(211), 323-367. <https://doi.org/10.15390/EB.2022.11327>
- Bailin, S. (2002). Critical thinking and science education. *Science Education*, 11, 361-375. <https://doi.org/10.1023/A:1016042608621>
- Barthes, R. (1995 [1964]). Retórica de la imagen. [En *Lo obvio y lo obtuso*. Paidós Ibérica, 29-47]. <https://theoryofimage.files.wordpress.com/2010/01/retorica-de-la-imagen-r-barthes-19641.pdf>
- Bello-Benavides, L. O, Alatorre-Frenk, G. y González-Gaudiano, É. (2016). Representaciones sociales sobre cambio climático. Un acercamiento a sus procesos de construcción. *Trayectorias*, 18(43), 73-92. <https://www.re-dalyc.org/pdf/607/60746482004.pdf>
- Birdsell, D. S. y Groake, L. (1996). Toward a theory of visual argument. *Argumentation and Advocacy* 33(1), 1-10. <https://public.wsu.edu/~ericsson/birdandgroar.pdf>
- Blair, A. (1996). The possibility and actuality of visual argument. *Argumentation and Advocacy*, 33(1), 23-39. https://doi.org/10.1007/978-94-007-2363-4_16
- Bolaños-González, J. (2017). *La enseñanza y el aprendizaje del cambio climático en el aula* [Tesis de Maestría, Universidad de la Laguna y de Las Palmas de Gran Canaria].
- Boon, H. J. (2010). Climate change? Who knows? A comparison of secondary students and pre-service teachers. *Australian Journal of Teacher Education*, 35(1), 104-120. <http://dx.doi.org/10.14221/ajte.2010v35n1.9>
- Çalik, M. y Wiyarsi, A. (2021). A systematic review of the research papers on chemistry focused socio-scientific issues. *Journal of Baltic Science Education*, 20(3), 360-372. <http://dx.doi.org/10.33225/jbse/21.20.360>
- Calixto, 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>
- Candela, A. (1999). *La ciencia en el aula: los alumnos entre la argumentación y el consenso*. Paidós.
- Castells, N., García-Mila, M., Miralda-Banda, A., Luna, J. y Pérez, E. (2022). Adolescents' reasoning to manage fake news. *Educación XX1*, 25(2), art. 2. <https://doi.org/10.5944/educxx1.31693>
- Cheng, C. H., Bråten, I., Yang, F. Y. y Brandmo, C. (2021). Investigating structural relationships among upper-secondary school students' beliefs about knowledge, justification for knowing, and internet-specific

- justification in the domain of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 58, 980-1009. <https://doi.org/10.1002/tea.21689>
- Creswell, J. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (3 ed.). Sage.
- Crujeiras Pérez, B. y Jiménez A., M. P. (2018). Influencia de distintas estrategias de andamiaje para promover la participación del alumnado de secundaria en las prácticas científicas. *Enseñanza de las Ciencias*, 36(2), 23-42. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2241>
- 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. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5424168>
- Dul, J. y Hak, T. (2008). *Case study methodology in business research*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780080552194>
- Eggins, S. y Martin, J. R. (2003). El contexto como género: una perspectiva lingüística funciona. *Signos*, 36(54), 185-205. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-09342003005400005>
- Facione, P. (2007). *Pensamiento crítico: ¿qué es y por qué es importante?* Loyola University.
- García, I. y Lima, G. (2012). Sobre el cambio climático y el cambio de los modelos de pensamiento de los alumnos sección investigación didáctica. *Enseñanza de las Ciencias*, 30(3), 195-218. <https://doi.org/10.5565/rev/ec/v30n3.695>
- García Vinuesa, A. y Meira Cartea, P. A. (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. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-66662019000200507&lng=es&tlng=es
- Gilbert, M. A. (1994). Argumentación multimodal. *Philosophy of the Social Sciences*, 24(2), 159-177. <https://doi.org/10.1177/004839319402400202>
- Halladay, M. A. K. (1978). *Language as social semiotic: The social interpretation of language and meaning*. Edward Arnold.
- Halliday, M. A. K. (1982). *Exploraciones sobre las funciones del lenguaje*. Editorial Médica y Técnica.
- Hodson, D. (2013). La educación en ciencias como un llamado a la acción. *Archivos de Ciencias de la Educación*, 7(7), 1-15. http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/art_revistas/pr.6577/pr.6577.pdf
- IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. (2013). *Cambio climático 2013. Bases físicas*. OMM-PNUMA.
- IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. (2022). *Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability*. 10 de diciembre. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>

- Kjeldsen, J. E. (2015). The study of visual and multimodal argumentation. *Argumentation*, 29, 115-132. <https://doi.org/10.1007/s10503-015-9348-4>
- Kress, G., Ogborn, J. y Martins, I. (1998). A satellite view of language: Some lessons from science classrooms. *Language Awareness*, 7(2), 69-89. <https://doi.org/10.1080/09658419808667102>
- Krippendorff, K. (1980). *Metodología de análisis de contenido, teoría y práctica*. Paidós.
- Leitão, S. (2000). Argumentação e desenvolvimento do pensamento reflexivo. *Psicologia-Reflexao e Critica*, 20(3). <https://doi.org/10.1590/S0102-79722007000300013>
- Malinowski, B. (1984 [1923]). El problema del significado en las lenguas primitivas. En Ogden, C. K. y Richards, I. A. (eds.), *El significado del significado*. Paidós.
- Manghi, D. (2009). Coutilización de recursos semióticos para la regulación del conocimiento disciplinar. Multimodalidad e intersemiosis en el Discurso Pedagógico de Matemática en 1^{er} año de Enseñanza Media. [Tesis de doctorado en Lingüística, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso].
- Martín, J. (2009). Conceptos previos y conceptos nuevos en el estudio del cambio climático reciente. *Investigaciones Geográficas*, 49, 51-63. <https://doi.org/10.14198/INGEO2009.49.03>
- Marraud, H. (2019). Argumentación visual: la lógica de las imágenes. Academia.edu. https://www.academia.edu/37718953/Argumentaci%C3%B3n_visual_la_l
- 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. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3915>
- Mendoza, J. y Llaxacondor, A. (2016). El estudio de caso en la investigación sobre la gestión de organizaciones: una guía introductoria. 360: *Revista de Ciencias de la Gestión*, 1(1), 150-171. <https://doi.org/10.18800/360gestion.201601.006>
- 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>
- Olabe, A. (2016). *Crisis climática-ambiental. La hora de la responsabilidad*. Galaxia Gutenberg.
- Perczyk, D. (ed.) (2004). *Para entender el cambio climático*. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, Ministerio de Salud y Ambiente de la Nación.
- Pruneau, D., Liboiron, L., Vrain, É., Gravel, H., Bourque, W. y Langis, J. (2001). People's ideas about climate change: A source of inspiration for the creation of educational programs. *Canadian Journal of Environmental Education*, 6(1), 121-138. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ661764.pdf>

- Revel Chion, A. F., Meinardi, E. y Adúriz Bravo, A. (2014). La argumentación científica escolar: contribución a la comprensión de un modelo complejo de salud y enfermedad. *Ciência & Educação*, 20(4), 987-1001. <https://doi.org/10.1590/1516-73132014000400014>
- Rocci, A. y Pollaroli, Ch. (2017). Introduction: Multimodality in argumentation. *Semiotica*, 2018(220). <https://doi.org/10.1515/sem-2017-0150>
- Robrero, B. y Ladrera, R. (2020). ¿Preparados para la acción climática al finalizar la educación primaria? *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 25(87), 933-955. <https://ojs.rmie.mx/index.php/rmie/article/view/273>
- Sadler, T. D. y Fowler, S. R. (2006). A threshold model of content knowledge transfer for socioscientific argumentation. *Science Education*, 90(6), 986-1004. <https://doi.org/10.1002/sce.20165>
- Sadler, T. D., Klosterman, M. L. y Topcu, M. S. (2011). Learning science content and socio-scientific reasoning through classroom explorations of global climate change. En Sadler, T. (ed.), *Socio-scientific issues in the classroom*. Contemporary Trends and Issues in Science Education, 39. Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-1159-4_4
- Santisteban-Fernández, A. (2019). La enseñanza de las ciencias sociales a partir de problemas sociales o temas controvertidos: estado de la cuestión y resultados de una investigación. *El Futuro del Pasado*, 10, 57-79. <http://dx.doi.org/10.14516/fdp.2019.010.001.002>
- Santisteban-Fernández, A. (2021). *La formación del pensamiento crítico en la era digital*. Coursera.
- Swanborn, P. (2010). *Case study research. What, why and how?* Sage.
- Tseronis, A. y Forceville, C. (2017). The argumentative relevance of visual and multimodal antithesis in Frederick Wiseman's documentaries. En *Multimodal argumentation and rhetoric in media genres* (pp. 165-188). John Benjamins. <https://doi.org/10.1075/aic.14.07tse>
- Yin, R. K. (2014). *Case study research: Design and methods* (5 ed.). Sage.
- Van Eemeren, F. H., Grootendorst, R. y Snoeck, F. (2006). *Argumentación: análisis, evaluación y presentación*. Centro di Studi sul Rischio.
- Van den Hoven, P. y Yang, Y. (2013). The argumentative reconstruction of multimodal discourse. Taking the ABC coverage of President Hu Jintao's visit to the USA as an example. *Argumentation*, 27, 403-424. <https://doi.org/10.1007/s10503-013-9293-z>