

La recuperación de la capa de ozono: ¿Un obstáculo en la educación para el cambio climático?

The recovery of the ozone layer: A barrier to climate change education?

Júlio J. Conde¹, Antonio García-Vinuesa², Pablo Á. Meira Cartea³

¹ Universidade de Santiago de Compostela julio.conde@usc.gal

² Universidade de Santiago de Compostela a.garcia.vinuesa@usc.gal

³ Universidade de Santiago de Compostela pablo.meira@usc.gal

Recibido: 29/5/2025

Aceptado: 27/10/2025

Copyright ©

Facultad de CC. de la Educación y Deporte.
Universidad de Vigo



Dirección de contacto:

Júlio J. Conde

Grupo de investigación en Pedagogía Social e Educación Ambiental (SEPA-interesa)

Facultade de Ciencias da Educación,
Universidade de Santiago de Compostela

Resumen

La Enmienda de Kigali ha introducido nuevos compuestos bajo la supervisión del Protocolo de Montreal que, si bien no contribuyen a la destrucción del ozono estratosférico, presentan un alto potencial de calentamiento global. La monitorización de estos compuestos bajo los auspicios del mismo protocolo podría fortalecer concepciones alternativas, dado que la sociedad asume la existencia de relaciones causales entre la degradación de la capa de ozono y el cambio climático. Por tanto, este estudio exploratorio pretende evaluar si la difusión de noticias positivas sobre la recuperación de la capa de ozono reduce la severidad y urgencia en la percepción de la lucha contra el cambio climático en estudiantes de secundaria, así como si refuerza las ideas preexistentes de causalidad entre ambos fenómenos.

Palabras clave

Representaciones Sociales, Cambio Climático, Calentamiento Global, Capa de Ozono

Abstract

The Kigali Amendment has introduced new chemicals under the supervision of the Montreal Protocol that, while not contributing to the destruction of stratospheric ozone, have a high global warming potential. Monitoring these compounds under the auspices of the same protocol could strengthen alternative conceptions, given that society tends to assume causal relationships between ozone layer degradation and climate change. Therefore, this exploratory study aims to evaluate whether the dissemination of positive news about ozone layer recovery reduces the perceived severity and urgency of the fight against climate change among high school students, as well as whether it reinforces preexisting causal beliefs about the two phenomena.

Key Words

Social Representations, Climate Change, Global Warming, Ozone Layer

1. INTRODUCCIÓN

El Protocolo de Montreal fue ratificado universalmente por las Naciones Unidas en 1987 para la reducción progresiva del uso de varias especies de clorofluorocarbonos (CFC) tras las evidencias científicas que vinculaban sus emisiones con la destrucción del ozono estratosférico. La prohibición de estas sustancias ha propiciado la aparición de los hidrofluorocarbonos (HFC) como sustitutos, una familia de compuestos halogenados cuyas emisiones no contribuyen a la degradación de la capa de ozono. Sin embargo, los HFC tienen un efecto considerable como gases de efecto invernadero, lo que desembocó en una modificación del Protocolo de Montreal en 2016 a través de la Enmienda de Kigali, para incluir la eliminación gradual de la producción de HFC y su monitorización junto con el resto de los compuestos prohibidos anteriormente (Heath, 2017).

Las acciones coordinadas bajo los auspicios del protocolo han tenido un éxito notable en la mitigación de la degradación de la capa de ozono –mostrando incluso indicios de recuperación– según el último informe publicado por el Panel de Evaluación Científica del Protocolo de Montreal (Organización Meteorológica Mundial [OMM], 2022). Este éxito ha propiciado que los medios de comunicación se hagan eco de esta información, incluyendo referencias –en algunos casos– a la Enmienda de Kigali. La publicación de noticias sobre la capa de ozono no debería ser, a priori, objeto de discusión. Sin embargo, en un artículo recientemente publicado por Conde y Meira-Cartea (2024), se cuestionaba si la publicación de informaciones en las que se aborda conjuntamente la lucha contra el cambio climático y la recuperación de la capa de ozono pudiera hacer que la sociedad subestimara la amenaza y la necesidad de tomar medidas urgentes para hacer frente al cambio climático antropogénico, con base en las representaciones sociales en las que la sociedad asume relaciones de causalidad entre el cambio climático y la degradación de la capa de ozono.

La destrucción del ozono estratosférico y el cambio climático son problemas ambientales causados por la actividad humana y relacionados con la atmósfera terrestre. Con todo, debemos ser conscientes de la divergencia en los orígenes fisicoquímicos de ambos fenómenos y, en consecuencia, de las diferentes medidas que debemos afrontar como sociedad para hacerles frente. De hecho, las medidas recogidas en el Protocolo de Montreal implicaban únicamente el control estricto de una familia específica de compuestos químicos, empleada para unas aplicaciones muy concretas y que, además, contaba con sustitutos con propiedades fisicoquímicas similares. Desgraciadamente, el éxito del protocolo también dependió de la cuenta de beneficios de las empresas que fabricaban estos compuestos. Rich (2020) relata como DuPont, una de las grandes productoras de CFC a nivel mundial, promovió en su momento un lobby negacionista llamado *Alliance for Responsible CFC Policy* para evitar su prohibición. Sin embargo, pocos años después, la empresa decidió apoyar los acuerdos del Protocolo de Montreal en el momento en que reparó que la protección de patentes que cubría a los CFC estaba a punto de expirar y podía seguir generando importantes beneficios económicos mediante la comercialización de sus sustitutos.

Este estudio parte del supuesto de que la asunción de una relación causal entre el deterioro de la capa de ozono y el cambio climático podría llevar asociada la concepción de que el cambio climático tiene una solución igual de eficaz y “sencilla” que la recuperación de esta capa atmosférica. Por tanto, determinadas noticias e informaciones esperanzadoras sobre la recuperación de la capa de ozono podrían generar expectativas

poco reales sobre la solución a la crisis climática actual, minusvalorar el riesgo y la responsabilidad asociada al problema e inhibir las acciones de respuesta. En cambio, las estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático requieren de profundas transformaciones sociales y culturales –especialmente en la forma de producir y de consumir bienes y servicios– de las cuales la sociedad debe ser consciente. Con base en este supuesto, se plantea un estudio exploratorio que combina enfoques cualitativos y cuantitativos con el objetivo de comprender cómo el acceso a este tipo de informaciones puede influir en la representación del cambio climático del alumnado de Educación Secundaria, que representa la última etapa obligatoria del sistema educativo español.

1.1. El cambio climático y la capa de ozono en la cultura común

Aunque el origen y las potenciales consecuencias del cambio climático comenzaron a trascender a la opinión pública en los años ochenta del siglo pasado, los habitantes de las naciones del mundo son cada vez más conscientes de la existencia de este problema, especialmente desde la publicación del Acuerdo de París, en el que se alcanzó un consenso internacional para intentar limitar el aumento de la temperatura del planeta a 1,5 grados Celsius a finales de siglo respecto a los niveles preindustriales. En esta línea, el Consejo de Ministros del Estado Español aprobó en enero de 2020 la *Declaración sobre la emergencia climática y ambiental en España*, en la que se comprometía a adoptar 30 líneas de actuación prioritarias para luchar contra el cambio climático, entre ellas la incorporación de contenidos sobre cambio climático en el sistema educativo español (Gobierno de España, 2020).

Sin embargo, antes de que la emergencia climática se convirtiera en una de las mayores preocupaciones para las sociedades humanas, otro problema ambiental provocado por la actividad humana acaparó gran parte de la atención mediática: la destrucción de la capa de ozono. Rich (2020) dibuja en su libro *Perdiendo la Tierra* la cronología de la traslación del problema de la capa de ozono a la cultura común. El proceso de degradación del ozono estratosférico trascendió a los medios de comunicación tras una publicación en la revista *Nature* en 1985, en la que se alertaba de la reducción de los valores de ozono estratosférico en la Antártida durante la primavera. En ese mismo año, la metáfora del “agujero en la capa de ozono” se extendió rápidamente por todo el mundo cuando aparece por primera vez en una publicación del periódico norteamericano *New York Times*. De acuerdo con la información científica disponible, esta representación no se corresponde con la realidad del fenómeno, ya que realmente no existe tal agujero, sino zonas donde la densidad de ozono estratosférico es menor. A pesar de la inexactitud científica de esta metáfora, su poder de penetración en el imaginario colectivo fue altamente eficaz debido a que, por un lado, facilitaba la comprensión e integración del fenómeno en la cultura popular y, por otro, generaba una percepción inmediata y concreta de riesgo de gran relevancia en la vida cotidiana de las personas (Ungar, 2000). Estas cualidades permitieron que incluso hoy en día, 40 años después, esta metáfora siga presente tanto en los medios de comunicación como en colectivos que no estuvieron expuestos a la cobertura informativa desplegada en la década de los noventa.

Este éxito comunicativo sobre la degradación de la capa de ozono conllevó un fracaso en la divulgación científica del cambio climático. Mientras que los dos fenómenos concentraron el interés científico y social de forma simultánea, la comprensión de ambos se fundamentó en que el agujero de la capa de ozono permitía dar explicación, desde la

cultura común, al calentamiento global: existe un agujero por el que entra la radiación solar y calienta el planeta. Esta relación errónea es reconocida desde hace décadas a nivel internacional en distintas poblaciones sin importar el nivel educativo (Kempton, 1997; Reynolds et al., 2010). En la Península Ibérica, estudios recientes corroboran la presencia de esta concepción alternativa entre el alumnado de Educación Secundaria tanto a través de metodologías de investigación cuantitativas (García-Vinuesa et al., 2022), como a través de metodologías cualitativas que permiten la expresión libre y espontánea de los participantes (García-Vinuesa et al., 2024).

1.2. La teoría de las representaciones sociales y la cultura común

Este trabajo se enmarca en la línea de investigación básica RESCLIMA que, durante dos décadas, se ha apoyado en la Teoría de las Representaciones Sociales (TRS) como marco teórico de referencia para estudiar cómo la sociedad representa el cambio climático y la relación entre la ciencia y la cultura común en estas representaciones (Conde et al., 2024).

Las representaciones sociales se definen como la elaboración de objetos sociales por parte de la comunidad para comportarse y comunicarse (Moscovici, 1963). Estas representaciones no son meros reflejos de la realidad objetiva, sino construcciones colectivas que integran aspectos cognitivos, emocionales y culturales. A través de ellas, las personas comprenden fenómenos complejos, crean identidades compartidas y legitiman sus conductas y actitudes. La TRS ha sido profusamente empleada para analizar el conocimiento público de la ciencia, ya que existen notables diferencias en los procesos intelectuales e incompatibilidades terminológicas entre el conocimiento científico y el conocimiento cotidiano (Farr, 1993). Las representaciones sociales de objetos científicos deben ser objeto de especial atención, ya que pueden ser tan importantes como una comunicación científica rigurosa a la hora de desencadenar –o inhibir– reacciones colectivas ante problemas identificados por la ciencia, como en el caso del cambio climático.

Según el modelo estructural de la TRS (Abric, 2015) estas se organizan en una estructura con diferentes categorías, construidas a partir de unos elementos cognitivos centrales sobre los que se combinan o alternan otros elementos periféricos. El núcleo central, que ofrece una gran resistencia a la transformación, da un significado particular a la representación y organiza sus elementos, de modo que dos representaciones son distintas si sus núcleos son diferentes. Por otro lado, los elementos periféricos son flexibles y variables, y cumplen diferentes funciones como la regulación, para adaptar las representaciones a la evolución del contexto cultural e histórico; o la defensa, para proteger las representaciones de posibles contradicciones que puedan aparecer (Mazzitelli y Aparicio, 2010).

Llegados a este punto, podría parecer que la descripción de las representaciones sociales es muy similar al concepto de ideas previas o concepciones alternativas, comúnmente utilizado en la Didáctica de las Ciencias Experimentales, y que hacen referencia a la existencia de ideas persistentes y extendidas que el estudiantado tiene antes de recibir instrucción sobre los fenómenos científicos que estudia (Pozo, 1996). De hecho, existen puntos en común en el sentido de que ambos marcos teóricos toman como objeto de interés la oposición y el contraste entre el conocimiento previo, o conocimiento común, y el conocimiento científico que se posee actualmente sobre el problema climático (Arto,

2021). En este sentido, Mazzitelli y Aparicio (2010) consideran que el conocimiento cotidiano –como sinónimo de ideas previas– se aproxima a las representaciones sociales en su definición tradicional, ya que el estudiantado trae consigo una representación de los fenómenos socialmente compartida y construida tanto desde sus experiencias personales como en sus interacciones sociales.

Sin embargo, de acuerdo con sus fundamentos teóricos, las ideas previas se describen como fenómenos individuales, espontáneos y guiados por la percepción y la experiencia cotidiana (Carretero y Rodríguez, 2008), aspectos en los que se diferencian de las representaciones sociales, ya que éstas se conciben como resultado de los procesos de comunicación e interacción social, ya sea dentro o fuera del aula. De esta manera, la noción de ideas previas se diferencia de las representaciones sociales, porque en las primeras destaca su carácter personal y subjetivo, mientras que en las segundas se prioriza el carácter social e intersubjetivo (Arto, 2021).

1.3. Motivación del estudio: un ejemplo de difusión

La revolución de las comunicaciones ha facilitado la difusión de imágenes y conceptos creados por la ciencia para pasar a formar parte del acervo cultural de la sociedad. En este sentido, los medios de comunicación juegan un papel fundamental en la comprensión pública de la ciencia, actuando como intermediarios entre la comunidad científica y la sociedad. El conocimiento científico no llega a la sociedad directamente, sino transferido y simplificado a través de los medios de comunicación. Rouquette (1986) explica que el proceso de difusión de información incluye la prensa de divulgación (histórica, científica o técnica) y no está dirigido a ningún grupo específico, sino que deja de lado las diferencias sociales de las audiencias para que todos tengan acceso a la misma información, con la intención de reunir a grupos diversos y fusionarlos en equivalencia.

Con base en las relaciones de causalidad instaladas en la sociedad entre la degradación de la capa de ozono y el cambio climático, Conde y Meira-Cartea (2024) empleaban el ejemplo de una nota de prensa de la OMM titulada *La recuperación de la capa de ozono continuará el camino correcto, ayudando a evitar un cambio climático de 0,5°C*. En este artículo se argumentaba que, si bien la nota era veraz desde el punto de vista científico, podría resultar confusa para un público no experto debido a la forma en que se presentaba la información, pudiendo llevar a lectores no familiarizados con estos conceptos a suponer que la recuperación de la capa de ozono está directamente relacionada con la atenuación de la subida de temperatura planetaria. De hecho, en el citado artículo se describe cómo varios medios de comunicación internacionales recogen y difunden la información de esta nota de prensa incluso incluyendo graves errores conceptuales y reproduciendo relaciones causales erróneas entre la recuperación de la capa de ozono y los avances en la mitigación del cambio climático.

Esta cuestión es especialmente relevante ya que, según sostienen González-Gaudiano y Meira-Cartea (2019), las representaciones sociales del cambio climático se construyen reutilizando ideas, creencias y representaciones de otros problemas ambientales. Por tanto, la forma en la que aplicamos la información científica que recibimos para entender las cuestiones relacionadas con el cambio climático puede ser un obstáculo importante para su comprensión debido a la facilidad de crear nuevas representaciones sociales en lugar de modificar representaciones ya establecidas.

Teniendo en cuenta las representaciones distorsionadas de la sociedad en torno al cambio climático anteriormente descritas, puede existir un riesgo significativo en la percepción social de su amenaza, lo que podría llevar a un optimismo infundado sobre la superación de la crisis climática. Por eso, el principal objetivo de esta investigación se centra en analizar si la recepción de noticias positivas en relación con la recuperación de la capa de ozono en las próximas décadas puede hacer que el estudiantado de Secundaria subestime la importancia del reto climático, así como si la difusión de información conjunta sobre el cambio climático y la capa de ozono puede reforzar las ideas preexistentes de causalidad entre ambos fenómenos.

2. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

Dado que esta investigación se centra en analizar si la recepción de noticias positivas sobre la recuperación de la capa de ozono puede provocar que el estudiantado de Educación Secundaria subestime la importancia del problema del cambio climático, se utilizó un texto con información sobre el acuerdo de Kigali y su efecto en la reducción del aumento de la temperatura global del planeta. Seguidamente se analizó cómo la nueva información puede influir en las representaciones del alumnado sobre el cambio climático y/o la capa de ozono. Nótese que, tanto en los instrumentos desarrollados como en la discusión de este trabajo, se utilizará el término “agujero en la capa de ozono” por ser la representación mayoritariamente difundida en la sociedad.

La actividad de investigación que se pretende analizar se diseñó para llevarse a cabo durante una sesión de 50 minutos en un aula de Educación Secundaria y se compone de tres fases distintas y secuenciales. En la primera etapa, las personas participantes dispusieron de 10 minutos para leer el artículo de forma individual. Tras la fase de lectura, se aplicó un instrumento proyectivo de dibujo y texto libre y un cuestionario. Aunque el artículo se presenta en castellano, tanto la comunicación oral con el alumnado como el texto de los instrumentos se realizó íntegramente en gallego. Los instrumentos empleados se han compartido en un repositorio y se pueden consultar en acceso abierto (Conde, 2024).

El **texto** seleccionado es un artículo de la edición española de la revista de divulgación científica *National Geographic*, titulado *La capa de ozono se recuperará por completo antes de mediados de siglo* (Alcaide, 2023). La información contenida en este artículo se basa principalmente en la información del comunicado de prensa de la OMM analizado por Conde y Meira-Cartea (2024). Concretamente, el artículo destaca las esperanzadoras noticias sobre la recuperación de la capa de ozono, así como la existencia de otros fluorocarbonos no prohibidos en Montreal y recientemente incluidos en la lista de sustancias prohibidas (sin hacer mención específica a la Enmienda de Kigali), precisando que son inofensivos para la capa de ozono, pero con un efecto importante sobre el calentamiento global. Sin embargo, aunque la información transmitida es científicamente correcta, tal y como se explicaba en la introducción, existe un riesgo de que las representaciones sociales sobre estos fenómenos puedan influir en la comprensión del contenido del artículo.

Se utilizó el **dibujo y texto libre** como técnica de registro de datos para abordar el tema del cambio climático y la degradación de la capa de ozono, con la finalidad de facilitar la explicación de conceptos con un alto grado de complejidad, tanto desde el

punto de vista científico como socioeconómico (Arto, 2010). Para comprender la representación del cambio climático y del agujero de la capa de ozono como cuestiones científicas trasladadas a la cultura común, es apropiado analizar la información visual que recibimos, ya que las imágenes y la iconografía tienen gran importancia en la sociedad actual, la cual está ligada a la influencia de los medios de comunicación, las redes sociales e incluso los libros de texto escolares, así como las interacciones sociales y la propia experiencia cotidiana (Arto, 2021). De esta manera, el primer instrumento proporciona un texto explicativo en el que se requiere a las personas participantes una explicación sobre el artículo divulgativo para transmitir la información de forma sintética y comprensible para ser explicada a personas que no tienen conocimientos ni información al respecto. La construcción del texto es abierta y pretende evitar condicionar el enfoque o el formato que utilice el alumnado, abriendo la posibilidad de que surjan otros conceptos, creencias, lógicas interpretativas o temas asociados al cambio climático o la capa de ozono. Este primer instrumento emplea **dos modelos** diferentes en los que se pide al alumnado que explique los contenidos del texto para transmitir sus conocimientos sobre el cambio climático o el agujero de la capa de ozono, con el objetivo de obtener las representaciones sociales del alumnado sobre ambos fenómenos.

La segunda técnica consiste en una encuesta para recoger datos sobre conocimientos y opiniones en relación con los dos fenómenos estudiados, con el objetivo de complementar y contrastar la coherencia de las respuestas recogidas con la primera técnica. Como instrumento se utilizó un **quesionario** diseñado *ad hoc* para esta investigación, apoyándose en diferentes cuestionarios desarrollados –y validados– en el marco de proyectos anteriores en la línea de investigación de RESCLIMA con el objetivo de explorar la representación social del cambio climático, la capa de ozono y las relaciones entre ambos en estudiantes de Educación Secundaria (García-Vinuesa et al., 2022, 2023). El cuestionario consta de 14 ítems y dos bloques diferenciados sobre el conocimiento de las causas y efectos del agujero de la capa de ozono y el cambio climático (10 ítems en escala Likert de 4 puntos), así como las creencias sobre el origen y el consenso científico en torno al cambio climático (una pregunta de respuesta dicotómica y tres ítems en escala Likert de 4 puntos).

2.1. Análisis de datos

El sistema de codificación para la técnica de dibujo y texto libre fue adaptado del trabajo de Arto (2010), en el que se analiza una muestra de estudiantes de Secundaria, de edades comprendidas entre 12 y 16 años, de diferentes centros de Galicia durante el curso escolar 2007/2008. En este trabajo, a partir de una noción articulada del discurso, las categorías se organizan teniendo en cuenta la estructura más simple, las unidades de significado. Una categoría se considera central si está presente en más del 50% de las muestras, central/periférica si está presente entre el 49 y el 25%, y periférica si está presente en menos del 25%.

En el caso de la técnica de la encuesta, los resultados se compararán, por un lado, con un estudio de García-Vinuesa et al. (2022) en el que participó alumnado de entre 15 y 17 años de institutos públicos de Santiago de Compostela durante el curso 2016/2017, con una muestra de 210 estudiantes; y por otro lado, con un artículo de García-Vinuesa et al. (2023) que recoge datos de la última investigación realizada en la línea RESCLIMA durante el año 2021, mediante un cuestionario de respuesta cerrada y aplicado a una

muestra representativa de alumnado de 1º y 4º de la ESO de seis Comunidades Autónomas del Estado Español: Andalucía, Cataluña, Euskadi, Baleares, Galicia y Madrid. Los datos tomados para comparación en este último estudio fueron los de la muestra que corresponde a alumnado de 1º de ESO de todas las comunidades mencionadas anteriormente.

2.2. Contexto y caracterización de los participantes

El estudio se realizó en un Instituto Público de Educación Secundaria de Galicia en el mes de marzo de 2023. Participó alumnado de dos grupos de 2º de ESO durante el tiempo correspondiente a las clases de Física y Química. La caracterización de la muestra se recoge en la Tabla 1. El estudio cumplió con los principios éticos del código de buenas prácticas en la investigación de la Universidad de Santiago de Compostela. De acuerdo con estas directrices, no se requería una revisión ética formal por parte del Comité de Bioética de la Universidad de Santiago de Compostela para este estudio en el momento en que fue llevado a cabo. Antes de otorgar su consentimiento verbal, se informó a los participantes y a los responsables del centro que los datos recogidos serían codificados por el equipo de investigación, garantizando que la información no pudiera atribuirse a ningún participante individual, y que los resultados se utilizarían de forma agregada únicamente con fines académicos y científicos.

N	Año de nacimiento ¹		Sexo ²		
	2008	2009	Hombre	Mujer	Otros
54	1	52	21	29	1

Tabla 1. Caracterización de la muestra. Notas: ¹ N perdido = 1, ² N perdido = 3

El conocimiento sobre los problemas ambientales en Educación Secundaria objeto de investigación, se integra curricularmente en las materias troncales de Física y Química (2º de ESO) y Biología y Geología (1º de ESO). Los contenidos de la asignatura de Física y Química quedan fijados por el Decreto 86/2015 (Consellería de Cultura, Educación e Ordenación Universitaria, 2015), por el que se regula la organización y se establece el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad de Galicia con base en la LOMCE (Ley orgánica 8/2013). En concreto, el Bloque 5 –Energía–, de 2º de ESO incluye contenidos sobre problemas ambientales relacionados con el consumo de energía, explicando en qué consiste el cambio climático y profundizando en las importantes consecuencias para el planeta. Además, el alumnado de 2º de ESO cursó Biología y Geología en 1º de la ESO, que, según el citado Decreto 86/2015, incluye entre sus contenidos de aprendizaje la relación entre la contaminación y el deterioro ambiental, la interferencia de la actividad humana con la acción protectora de la atmósfera y las características que posibilitan el desarrollo de la vida en la Tierra. En este sentido, la asignatura de Biología y Geología tiene como uno de sus principales objetivos que valoren y comprendan la importancia de preservar el medio ambiente por las repercusiones que tiene en su salud y aprendan que sus decisiones diarias tienen consecuencias en su salud y en el medio ambiente.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Dibujo y texto libre

La finalidad de la técnica de dibujo y texto libre es recopilar información para indagar en cómo el alumnado integra y comprende objetos complejos como el cambio climático o el deterioro de la capa de ozono, tanto desde un punto de vista científico como desde sus implicaciones sociales, éticas, económicas o culturales. Para analizar los elementos que componen las diferentes narrativas de los participantes, se cuantificaron sus pesos porcentuales sobre el conjunto de la muestra. En la Tabla 2 se presenta la proporción de la muestra total de las categorías recolectadas para cada unidad de significado, mostrando por separado los resultados de los modelos que hacen referencia al cambio climático (CC) y al agujero de la capa de ozono (O_3).

	Uds. de significado	Categorías	CC / %	O_3 / %
Agentes causantes	Cosméticos / insecticidas / aerosoles / CFC	33,3	40,0	
	Contaminación / sustancias tóxicas	11,1	16,0	
	Fábricas y centrales térmicas	11,1	12,0	
	Emissions de vehículos	7,4	12,0	
	Tabaco	7,4	0	
	Deforestación	3,7	4,0	
Consecuencias	Gases de efecto invernadero	3,7	0	
	No aparecen referidos	48,1	36,0	
	Aumento de la temperatura global	18,5	16,0	
	Pérdida de espacios por aumento del nivel del mar	7,4	8,0	
	La Tierra puede ser un planeta inhabitable	3,7	0	
	Fuego / incendios	3,7	0	
Procesos	Alteraciones de ecosistemas y extinciones	0	4,0	
	Desertificación / Escasez de agua	0	4,0	
	Daño a los seres humanos	0	4,0	
	No aparecen referidos	70,4	68,0	
	Recuperación de la capa de ozono	63	44,0	
	La radiación solar rebota/entra por el agujero de la capa de ozono	44,4	56,0	
Soluciones	Los gases y la contaminación dañan la capa de ozono	40,7	48,0	
	El problema del cambio climático se soluciona en el futuro / La temperatura global disminuye	37,0	20,0	
	El aumento de la temperatura derretirá el hielo y los glaciares	11,1	16,0	
	Los CFC entran a través de la capa de ozono	0	12,0	
	Protocolo de Montreal / Prohibición de CFC o HFC	25,9	36,0	
	Evitar contaminar	3,7	0	
	Procesos industriales menos contaminantes	3,7	0	
	No aparecen referidos	66,7	64,0	

Tabla 2. Categorización de unidades de significado recogidas con la herramienta de dibujo y texto libre

La primera de las unidades de significado analizadas, la de los **agentes causantes**, destaca por no presentar ninguna categoría central, tanto en el modelo del instrumento que se refiere al cambio climático como en el de la capa de ozono. La respuesta con mayor porcentaje es la que identifica como causa del agujero de la capa de ozono los gases CFC

(o productos que los contienen), algo esperable porque aparece explícitamente en el texto previo a la etapa de elaboración de este instrumento.

En las representaciones de los agentes causantes podemos observar las concepciones erróneas que presenta el estudiantado en relación con el cambio climático y la degradación de la capa de ozono (ver Figura 1). Por un lado, se señala erróneamente a las fábricas, el transporte y la deforestación como las causas del agujero de la capa de ozono, incluso cuando el texto divulgativo menciona explícitamente a los CFC como la única causa de la destrucción del ozono estratosférico.

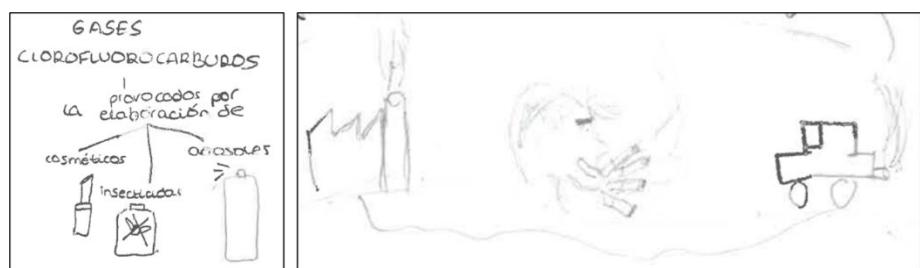


Figura 1. Ejemplos de representaciones de las causas del cambio climático y el agujero de la capa de ozono

Por otro lado, las fábricas, el transporte, la deforestación y la emisión de gases de efecto invernadero se identifican correctamente como causas del cambio climático, aunque en proporciones muy bajas. La respuesta mayoritaria de las personas participantes es que los CFC son los causantes del cambio climático, algo especialmente relevante, ya que en el estudio de Arto (2010) estos compuestos no están presentes en las representaciones recogidas sobre las causas del cambio climático.

En el análisis de las **consecuencias** que representan el agujero de la capa de ozono y el cambio climático (ver Figura 2), lo más destacable es que la mayoría de las personas participantes no incluyen referencia alguna en ninguno de los dos modelos.

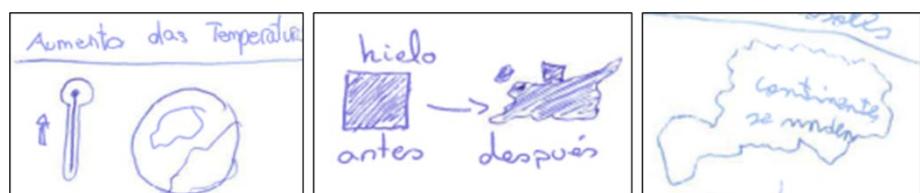


Figura 2. Ejemplos de representaciones de las consecuencias del cambio climático y el agujero de la capa de ozono

Entre el alumnado que consideró algún elemento que incluyera consecuencias, el más común es el aumento de la temperatura global, indiferentemente del fenómeno que explicaban. Si bien es cierto que es una consecuencia del cambio climático, el alumnado se equivoca al asociar esta consecuencia con el agujero de la capa de ozono.

También cabe destacar la reducida proporción de elementos habituales en las representaciones, por ejemplo, en comparación con el estudio de referencia de Arto (2010), como la extinción de animales, la desertificación o el aumento del nivel del mar en el caso del cambio climático; o el cáncer de piel u otros problemas de salud en el caso de la capa de ozono.

Atendiendo a las representaciones sociales sobre los **procesos climáticos y geofísicos** que se producen en relación con el cambio climático y la degradación de la capa de ozono (ver Figura 3), llama especialmente la atención que las proporciones de las categorías cuantificadas son muy similares cuando se intenta transmitir información sobre ambos problemas ambientales.

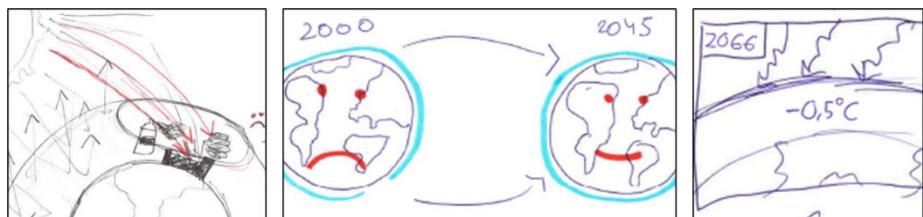


Figura 3. Ejemplos de procesos en representaciones del cambio climático y el agujero de la capa de ozono

En el caso del alumnado que intentaba explicar el cambio climático es destacable la inclusión en los dibujos del proceso de recuperación de la capa de ozono; de la radiación que “entra” por el agujero de la capa de ozono; y de los gases que degradan la capa. Esto parece indicar que la lectura del texto refuerza las representaciones sobre la relación causal entre ambos fenómenos. Asimismo, en sentido contrario, el proceso de recuperación de la capa de ozono también se relaciona erróneamente como una solución al cambio climático (o, en ocasiones, con la disminución de la temperatura global del planeta), así como al proceso de deshielo de los polos.

Algo sorprendente en términos de procesos relacionados con el cambio climático es la representación, aunque en un porcentaje muy bajo, de que los CFC ingresan a la Tierra a través de la capa de ozono. Con base en el conocimiento de los autores, esta representación no había sido reportada en la literatura científica, aunque probablemente podría deberse a una mala interpretación de la información del artículo divulgativo, así como al hecho de que no constituía un elemento periférico preexistente en la representación del cambio climático.

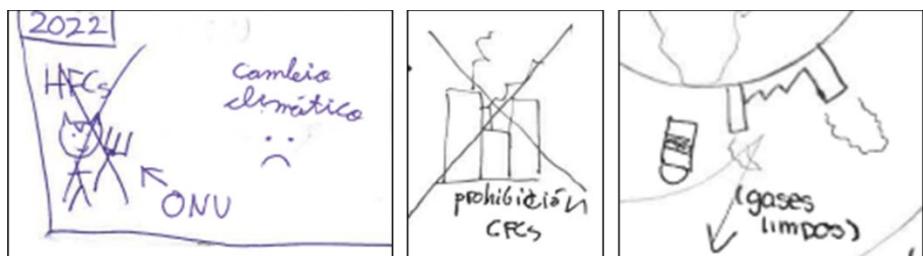


Figura 4. Ejemplos de representaciones de soluciones al cambio climático y al agujero de la capa de ozono

De manera análoga a lo que ocurre con las consecuencias del cambio climático y el agujero de la capa de ozono, la inclusión de posibles **soluciones** como elementos de las representaciones no se menciona en la mayoría de las explicaciones recogidas (ver Figura 4). Esta tendencia coincide con los resultados del estudio de Arto (2010), en el que la solución con mayor presencia, la de utilizar el transporte público y no el vehículo privado, ronda el 5 % de frecuencia.

La categoría mayoritaria, excluyendo cuando no se menciona ninguna, es la de la toma de acciones bajo el Protocolo de Montreal o la prohibición de los CFC (alrededor del 25-35%), probablemente debido a la lectura inmediatamente anterior del texto divulgativo. La paridad de respuestas en esta categoría entre los dos modelos sugiere una vez más el efecto negativo del texto al reafirmar la relación causal entre el cambio climático y el agujero de la capa de ozono.

3.2. Cuestionario

El segundo instrumento, aplicado inmediatamente después de la finalización del dibujo y el texto libre, pretende analizar el conocimiento de las causas y efectos del agujero de la capa de ozono y el cambio climático. Como se mencionó anteriormente, las preguntas de este instrumento se basan en cuestionarios empleados en investigaciones anteriores, lo que permite comparar las frecuencias de respuesta entre la muestra de este estudio tras la lectura del texto divulgativo, con otra muestra que ha respondido a un cuestionario sin ningún tipo de información previa.

En la Figura 5 se presentan los resultados de la frecuencia (en porcentaje) de las respuestas a los ítems sobre el conocimiento de las causas y efectos del agujero en la capa de ozono y del cambio climático en comparación con los estudios previos (García-Vinuesa et al., 2022, 2023). La comparación presentada apunta a la estabilidad de las representaciones sociales sobre el cambio climático y la capa de ozono, ya que los resultados de muchos de los ítems tienen frecuencias de respuesta muy similares entre las tres muestras comparadas. El alumnado conserva representaciones en las que suponen, erróneamente, que el agujero en la capa de ozono está causando el derretimiento de los polos o que el cambio climático es una consecuencia del agujero en la capa de ozono. Asimismo, las muestras comparadas también mantienen las representaciones acertadas con relación al CO₂ como componente natural de la atmósfera; con el origen del efecto invernadero; con la actividad humana como causante del cambio climático; y con la menor vulnerabilidad al cambio climático al reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

Una de las principales diferencias entre los estudios reside en la considerable reducción del número de estudiantes que cree que el CO₂ provoca la destrucción de la capa de ozono, algo que podría ser consecuencia de que el texto sólo hable de los CFC como causantes de la destrucción del ozono estratosférico. Esta respuesta podría estar relacionada con el alto porcentaje de estudiantes que identificaron a los CFC como causa del cambio climático a través del dibujo y del texto libre. Sin embargo, el 50% de la muestra (frente al 72% del estudio sin información previa) sigue manteniendo esta representación, lo que de nuevo aporta indicios sobre la estabilidad del núcleo central de representaciones sociales.

Otra diferencia destacable se da en el ítem que afirma que el CO₂ es el principal gas responsable del cambio climático, donde el número de estudiantes que están de acuerdo se reduce del 80% en una muestra anterior al 53% en la muestra de esta investigación. Este resultado puede deberse a que el texto sólo habla de los CFC, junto con la relación causal que suponen entre el cambio climático y la capa de ozono, lo que indicaría que, tras la lectura del texto, se podría restar importancia a la influencia del consumo de combustibles fósiles como principal causa del cambio climático.

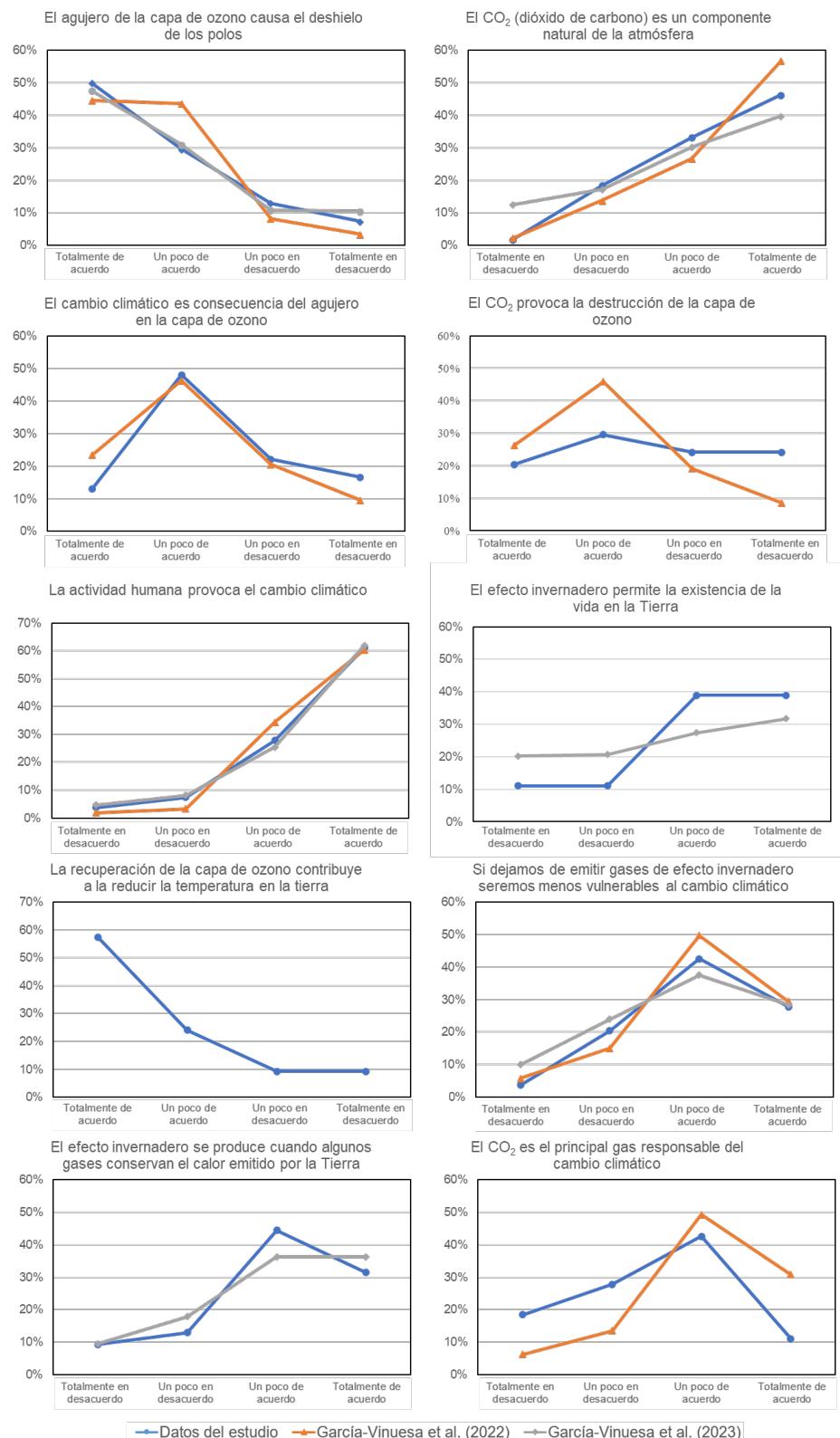


Figura 5. Frecuencia de respuestas a los ítems del Bloque 1 del cuestionario, frente a los datos de los estudios de García-Vinuesa et al. (2022, 2023)

Como pregunta específica de este cuestionario, y relacionada con el contenido del texto, más del 80% de la muestra (respondiendo más del 57% que está totalmente de

acuerdo) cree que la recuperación de la capa de ozono ayuda a frenar el aumento de temperatura en la Tierra. Estos resultados confirmarían la preocupación a partir de la cual se concibe el presente estudio, ya que el estudiantado está asumiendo la existencia de una relación causal entre la recuperación del ozono estratosférico y la reducción de la temperatura global de la Tierra.

Sin embargo, estos resultados contrastan con los obtenidos en el ítem que afirma que el cambio climático es consecuencia del agujero de la capa de ozono (13% totalmente de acuerdo y 48% algo de acuerdo), donde se reduce el porcentaje de acuerdo con la afirmación. En esta línea, el 70% del alumnado piensa que la vulnerabilidad al cambio climático depende también de la emisión de gases de efecto invernadero, lo que podría estar indicando que considera que la degradación de la capa de ozono sería una de las causas del cambio climático, al igual que la emisión de gases de efecto invernadero. De estas respuestas se desliza una representación de “múltiples causas” del cambio climático, donde el agujero de la capa de ozono contribuye al aumento de temperatura en la Tierra de forma paralela a los gases de efecto invernadero producidos por las actividades humanas.

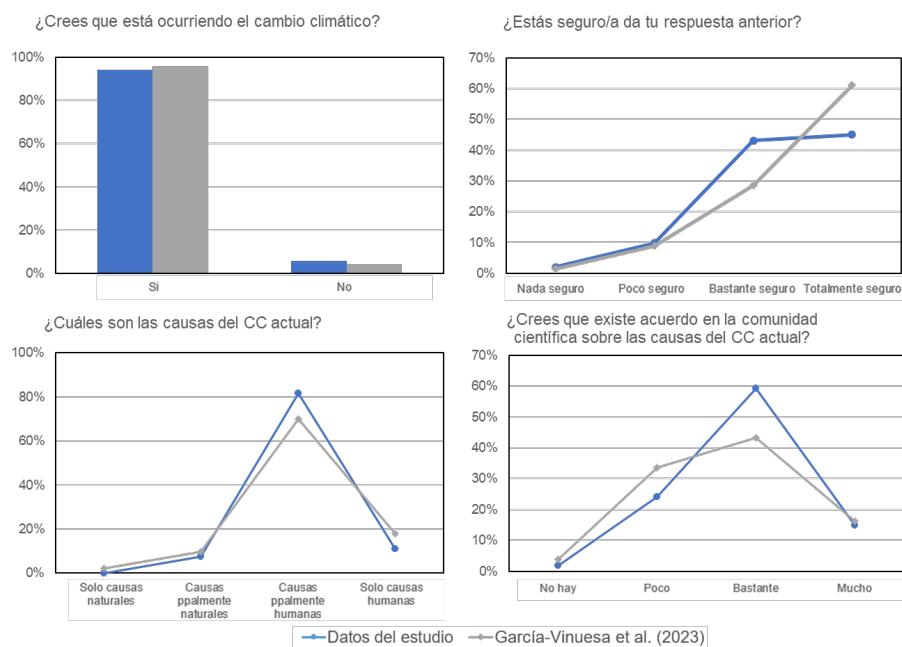


Figura 6. Frecuencia de respuestas a los ítems del Bloque 2 del cuestionario, frente a los datos del estudio de García-Vinuesa et al. (2023)

En otro orden de análisis, los resultados recopilados en la Figura 6 recogen información sobre las creencias del origen y del consenso científico sobre el cambio climático, representando las frecuencias en las respuestas a cada uno de los cuatro ítems, junto con los resultados de uno de los estudios previos (García-Vinuesa et al., 2023).

Los resultados indican que en ambas muestras existe una creencia casi total en la existencia del cambio climático. Podemos concluir que, para el alumnado, la existencia del cambio climático antropogénico es una realidad sobre la cual no existen dudas, así como sobre la responsabilidad humana en sus causas. En este último punto cabe destacar

que ningún/a alumno/a respondió que el cambio climático se debe únicamente a causas naturales y solo el 7% piensa que se debe principalmente a causas naturales.

Sin embargo, tras la lectura del texto, existen pequeñas variaciones respecto a la muestra del estudio de García-Vinuesa et al. (2023). Por un lado, la certeza total sobre la existencia del cambio climático se reduce por el aumento de la proporción de estudiantes que están bastante seguros de su respuesta, y, por otro lado, la creencia sobre el acuerdo en la comunidad científica en torno al cambio climático aumenta en casi 20 puntos porcentuales. Estos resultados podrían indicar que la lectura del texto reafirma el consenso existente entre el alumnado a la vez que incrementa las dudas acerca de su conocimiento sobre el cambio climático.

4. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

La recuperación de la capa de ozono es una excelente noticia y debe celebrarse como un ejemplo destacado de cómo se pueden lograr objetivos ambientales ambiciosos mediante la colaboración internacional. Sin embargo, esta celebración no debe conducir a un optimismo infundado que haga que la sociedad pierda el foco sobre las medidas urgentes y drásticas necesarias para controlar el cambio climático. La investigación, con el objetivo de evaluar la relevancia de comunicar noticias positivas sobre la recuperación de la capa de ozono, muestra que, tras leer una pieza divulgativa sobre la recuperación del ozono estratosférico con información sobre la Enmienda de Kigali, las representaciones sobre las relaciones causales entre la destrucción del ozono estratosférico y el cambio climático se mantienen en la población analizada. Los resultados indican que las creencias erróneas –como que el agujero de la capa de ozono provoca el derretimiento de los casquitos polares; que la radiación solar “entra” a través de la capa de ozono; o que el cambio climático es una consecuencia del agujero de la capa de ozono– se mantienen en comparación con anteriores investigaciones.

Además, los resultados sugieren que la lectura del texto profundiza en las representaciones sociales del estudiantado asociadas a concepciones erróneas desde el punto de vista científico. De hecho, un porcentaje importante de la muestra entiende que los CFC son la causa del cambio climático, así como que su eliminación sería una solución para su mitigación. Además, el porcentaje de estudiantes que creen que el CO₂ es el principal gas responsable del cambio climático se reduce significativamente respecto a estudios anteriores tras la lectura de la noticia. Por tanto, el hecho de que el texto sólo hable de los CFC, junto con la relación causal que asumen entre el cambio climático y la capa de ozono, podría redundar en la reafirmación de esta relación causal y restar importancia a la influencia del consumo de combustibles fósiles como principal causa del cambio climático.

Los resultados también parecen mostrar una representación de “múltiples causas” del cambio climático, ya que mientras el 80% de la muestra cree que la recuperación de la capa de ozono contribuye a frenar el aumento de la temperatura en la Tierra, sólo el 60% piensa que la causa del cambio climático es el agujero de la capa de ozono, mientras que el 70% afirma que la vulnerabilidad al cambio climático también depende de la emisión de gases de efecto invernadero. Por tanto, podemos deducir que la representación del estudiantado es que el agujero de la capa de ozono, si contribuye al cambio climático, no sería la única causa de este.

Desde una perspectiva educativa, este trabajo resalta la importancia de estudiar las representaciones sociales del estudiantado de Secundaria, cuestionando la efectividad de los enfoques pedagógicos que se limitan a ofrecer la mejor información científica disponible sin prestar atención al abismo que separa el conocimiento científico y las representaciones sociales de la ciencia que maneja el estudiantado de Secundaria. Por lo tanto, los resultados pueden ser útiles para orientar a docentes de Secundaria, e incluso a comunicadores científicos, para adoptar estrategias más efectivas en los procesos de enseñanza-aprendizaje de la crisis climática. A tal efecto se plantean dos recomendaciones:

- Teniendo en cuenta las ideas preexistentes en la cultura común respecto de la capa de ozono y el cambio climático, así como la observación de la difusión de información inexacta proveniente del comunicado de prensa de la OMM, se recomienda que la información sobre la recuperación de la capa de ozono debe transmitirse al estudiantado con precaución para evitar reducir la percepción social sobre la amenaza del cambio climático.
- Se considera imprescindible tener en cuenta los resultados de las investigaciones sobre las representaciones sociales del cambio climático para su aplicación en el diseño de programas, experiencias y recursos educativos y comunicativos más eficaces y coherentes con la necesidad de acelerar las políticas de respuesta a un escenario de emergencia climática.

Debido a la naturaleza exploratoria de este estudio, el trabajo futuro en torno a esta investigación debería incluir muestras más amplias, incluyendo estudiantes de otros centros y ciudades, así como de cursos superiores, para evaluar si la edad y el nivel académico son variables que influyen en las representaciones sociales del cambio climático y de la degradación de la capa de ozono. Adicionalmente, con relación a la mejora de la metodología de investigación, sería interesante considerar la inclusión de un instrumento adicional que complemente los dos ya utilizados en este trabajo. En este sentido, se propone el uso de grupos de discusión (o entrevistas grupales) para complementar las técnicas aplicadas a nivel individual. Las metodologías orientadas al debate pueden ser de gran utilidad para ampliar la comprensión de las representaciones sociales sobre el cambio climático, ya que las técnicas de investigación grupal permiten investigar no sólo el conocimiento, sino también la forma en que se alcanzan consensos o polémicas en el aula sobre el cambio climático.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación se ha realizado en el marco del proyecto RESCLIM@TIEMPO (PID2022-136933OB-C21/22), financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y por FEDER-Una manera de hacer Europa. JJC agradece a la Agencia Estatal de Investigación (AEI) por su beca postdoctoral (Ref. FJC2021-047345-I) financiada por MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y por NextGenerationEU/PRTR. SEPA-interesa es un Grupo de Referencia Competitiva de Galicia (GRC) financiado por la Xunta de Galicia (Ref. ED431C-2025/28).

BIBLIOGRAFÍA

Abric, J.C. (2015). Las representaciones sociales: aspectos teóricos. En J.C. Abric (Ed.). *Prácticas sociales y Representaciones* (pp. 11- 32). Ediciones Coyoacán.

- Alcaide, S. (2023, 27 de enero). La capa de ozono se recuperará del todo antes de mitad de siglo. *National Geographic*.
https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/capa-ozono-se-recuperara-todo-antes-mitad-siglo_19438
- Arto, M. (2010). El cambio climático narrado por alumnos de educación primaria y secundaria: Propuesta de análisis para dibujos y texto. En M. Junyent y L. Cano (Eds.). *Investigar para avanzar en educación ambiental* (pp. 11-27). Organismo Autónomo de Parques Nacionales.
- Arto, M. (2021). *La representación social del cambio climático en el alumnado universitario de Veracruz y Galicia: Un estudio desde el campo de la educación ambiental*. [Tesis doctoral, Universidade de Santiago de Compostela]. Minerva – Repositorio institucional da USC. <https://minerva.usc.es/xmlui/handle/10347/27384>
- Carretero, M. y Rodríguez, M. (2008). Ideas previas, cambio conceptual y razonamiento. En M. Carretero y M. Asensio (Coords.). *Psicología del pensamiento: teoría y prácticas* (pp. 59-81). Alianza.
- Conde, J.J. (2024). Instruments for an exploratory study on the social representations of ozone layer recovery and climate change. *Zenodo*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.12683554>
- Conde, J.J., García-Vinuesa, A., Bisquert, K.M. y Meira-Cartea, P.Á. (2024). RESCLIMA: Two decades of research in educational and social responses to climate change. En W. Leal Filho, M. Sima, A.L. Salvia, M. Kovaleva y M. Manolas (Eds.). *University Initiatives on Climate Change Education and Research*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-25960-9_109-1
- Conde, J.J. y Meira-Cartea, P.Á. (2024). Regarding the Montreal Protocol communication after the Kigali Amendment. *Australian Journal of Environmental Education*, 40(1), 65-69. <https://doi.org/10.1017/aee.2023.35>
- Decreto 86/2015, do 25 de xuño, polo que se establece o currículo da educación secundaria obligatoria e do bacharelato na Comunidade Autónoma de Galicia. Diario Oficial de Galicia, núm. 120, de 29 de xuño de 2015, pp. 25.434 a 27.073.
https://www.xunta.gal/dog/Publicados/2015/20150629/AnuncioG0164-260615-0002_gl.html
- Farr, R.M. (1993). Common sense, science and social representations. *Public Understanding of Science*, 2(3), 189-204. <https://doi.org/10.1088/0963-6625/2/3/001>
- García-Vinuesa, A., Carvalho, S. y Meira Cartea, P.Á. (2024). Cambio climático en Educación secundaria: la representación social del alumnado portugués. *Enseñanza de las Ciencias*, 42(3), 139-157. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.6059>
- García-Vinuesa, A., Meira Cartea, P.Á., Caride Gómez, J.A. y Bachiorri, A. (2022). El cambio climático en la educación secundaria: Conocimientos, creencias y percepciones. *Enseñanza de las Ciencias*, 40(2), 25-48. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3526>
- García-Vinuesa, A., Meira Cartea, P.Á. y Gutiérrez Pérez, J. (2023). RESCLIMA-EDU2. La representación social del cambio climático en la educación secundaria obligatoria (ESO) en España. *Livro de Atas do XXXIV Congresso Internacional da Sociedade Iberoamericana de Pedagogia Social* (pp. 340-353). Sociedad Iberoamericana de Pedagogía Social. <https://doi.org/10.25766/d6g0-b749>
- Gobierno de España (2020, 21 de enero). Acuerdo de Consejo de Ministros por el que se aprueba la declaración del gobierno ante la emergencia climática y ambiental [Nota de prensa].
- González-Gaudiano, E.J. y Meira-Cartea, P.Á. (2019). Environmental education under siege: Climate radicality. *The Journal of Environmental Education*, 50(4-6), 386-402. <https://doi.org/10.1080/00958964.2019.1687406>
- Heath, E.A. (2017). Amendment to the Montreal Protocol on substances that deplete the ozone layer (Kigali Amendment). *International Legal Materials*, 56(1), 193-205. <https://doi.org/10.1017ilm.2016.2>
- Kempton, W. (1997). How the public views climate change. *Environment: Science & Policy for Sustainable Development*, 39(9), 12-21. <https://doi.org/10.1080/00139159709604765>
- Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa. Boletín Oficial del Estado, núm. 295, de 10 de diciembre de 2013, pp. 122.868 a 122.953. <https://www.boe.es/eli/es/lo/2013/12/09/8/con>
- Mazzitelli, C.A. y Aparicio, M. (2010). El abordaje del conocimiento cotidiano desde la teoría de las representaciones sociales. *Eureka: Enseñanza y divulgación de las ciencias*, 10(7), 636-652. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2010.v7.i3.03

- Moscovici, S. (1963). Attitudes and opinions. *Annual Review of Psychology*, 14(1), 231-260. <https://doi.org/10.1146/annurev.ps.14.020163.001311>
- Organización Meteorológica Mundial (2022). Executive Summary. Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2022. *GAW Report No. 278*. World Meteorological Organization.
- Pozo, J.I. (1996). Las ideas del alumnado sobre la ciencia: de dónde vienen, a dónde van... y mientras tanto qué hacemos con ellas. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 3(7), 18-26.
- Reynolds, T.W., Bostrom, A., Read, D. y Morgan, M.G. (2010). Now what do people know about global climate change? Survey studies of educated laypeople. *Risk Analysis*, 30(10), 1.520-1.538. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2010.01448.x>
- Rich, N. (2020). *Perdiendo la tierra: La década en que podríamos haber detenido el cambio climático*. Capitán Swing.
- Rouquette, M.L. (1986). La comunicación de masas. En S. Moscovici (Ed.). *Psicología social II. Pensamiento y vida social; Psicología social y problemas sociales* (pp. 627-648). Paidós.
- Ungar, S. (2000). Knowledge, ignorance and the popular culture: Climate change versus the ozone hole. *Public Understanding of Science*, 9(3), 297-312. <https://doi.org/10.1088/0963-6625/9/3/306>