

¿Qué entendemos por cambio climático? Estudios sobre las ideas y los modelos explicativos de los estudiantes

Fotografía: © Jozsitoeroe | AdobeStock

36

EN ESTE ARTÍCULO SE DESCRIBEN LAS IDEAS ALTERNATIVAS Y SE analizan los niveles de sofisticación en los que se sitúan los modelos de los estudiantes sobre el cambio climático que se han descrito en la literatura sobre este tema. Consideramos que es importante dar a conocer las ideas previas y los modelos de los estudiantes. Se ha visto que estas ideas y modelos son compartidas por una parte importante de la población (Bostrom, Morgan, Fischhoff y Read 1994; Sterman y Sweeney, 2007). Entender estos modelos ayudará a mejorar la comunicación sobre el cambio climático puesto que se debe de partir de las ideas y modelos de los individuos para a través del diálogo y la discusión buscar estrategias para hacer evolucionar estos modelos hacia modelos más sofisticados y más próximos a los modelos de la Ciencia. Una mejor comprensión sobre esta temática hará a las personas reflexionar sobre la relación existente entre el cambio climático y su estilo de vida, y las hará más conscientes de la necesidad de un cambio.



Isabel García-Rodeja Gayoso

Universidad de Santiago de Compostela (España), Departamento de Didácticas Aplicadas.



https://www.researchgate.net/profile/Isabel_García-Rodeja



<https://scholar.google.com/citations?user=QGVIIJ34AAAAJ&hl=es>



Vanessa Sesto Varela



https://www.researchgate.net/profile/Vanessa_Sesto2

Introducción

El estado actual de alerta planetaria nos lleva a la necesidad de un cambio de rumbo en la forma de gestionar los recursos del planeta. Este cambio para un futuro sostenible requiere modificar aspectos políticos y económicos y requiere además cambios en las formas de pensar y de actuar de las personas. Es por ello que se aboga por poner a la sostenibilidad en el centro del proceso educativo.

Aunque la educación para la sostenibilidad es una materia transversal que se ha de trabajar desde diferentes ámbitos educativos, la educación científica tiene mucho que aportar, ya que uno de sus objetivos es precisamente que los ciudadanos conozcan la naturaleza de los problemas ambientales para que sean capaces de actuar de forma responsable y tomar decisiones bien informadas (García-Rodeja y Lima, 2012). Hoy en día, ya bien entrado el siglo XXI, la alfabetización científica no es suficiente para ayudar a afrontar los retos de un mundo en una emergencia planetaria sin precedentes, y se hace necesario que vaya acompañada de una alfabetización ecológica para todos los ciudadanos (García-Rodeja, Vázquez y Sesto, 2020). Sin embargo, dar a conocer la naturaleza de los problemas ambientales y mejorar la comprensión de otras personas sobre estos temas no es una tarea sencilla y se han señalado distintos factores que pueden dificultar esta tarea como es la existencia de ideas y modelos alternativos a los de la Ciencia que se pretende enseñar.

¿Por qué se estudian las concepciones de los estudiantes?

En el área de didáctica de las ciencias una de las líneas de investigación más prolíficas en las últimas décadas ha sido el estudio de las concepciones alternativas de los estudiantes sobre determinados conceptos científicos porque se vio que estas ideas podían dificultar el aprendizaje de las ideas científicas que quería transmitir el docente (ver, por ejemplo, Duit, 2009).

Algunos autores han hecho referencia a la necesidad de diferenciar entre la diversidad de ideas de los estudiantes, que van desde ideas que se construyen por un inadecuado tratamiento esco-

lar hasta otras que constituyen verdaderos obstáculos epistemológicos, desde nociones aisladas hasta nociones relacionadas que pueden funcionar como teorías o modelos implícitos (Pedrinaci, 1996). Vemos entonces que las ideas alternativas pueden estructurarse en modelos personales de pensamiento, modelos explicativos alternativos o modelos mentales que son percibidos por los individuos como consistentes, incluso en aquellos casos en los que estos modelos son claramente incompletos o contradicen a los modelos de la ciencia escolar (García-Rodeja, 1999; García-Rodeja y Lima, 2012; Reinfried y Tempelmann, 2014).

¿Qué son los modelos mentales?

Dentro del campo de la Didáctica de las Ciencias se hace hincapié en la necesidad de conocer los modelos mentales que construyen los estudiantes. Los modelos mentales consisten en representaciones construidas en la mente de cada individuo en base al conocimiento existente y experiencias pasadas con la finalidad de hacer predicciones, describir o explicar hechos o fenómenos. Los modelos mentales, además de ser idiosincrásicos y personales, son de naturaleza dinámica, pues son constantemente sometidos a un proceso de revisión por parte de los estudiantes conforme interactúan con los hechos y fenómenos, y están expuestos a nuevo conocimiento, ideas y experiencias (Greca y Moreira 2000; Pujol y Márquez 2011). Al ser representaciones dinámicas que pueden expandirse o mejorarse a medida que se incorpora nueva información (Johnson-Laird, 1983).

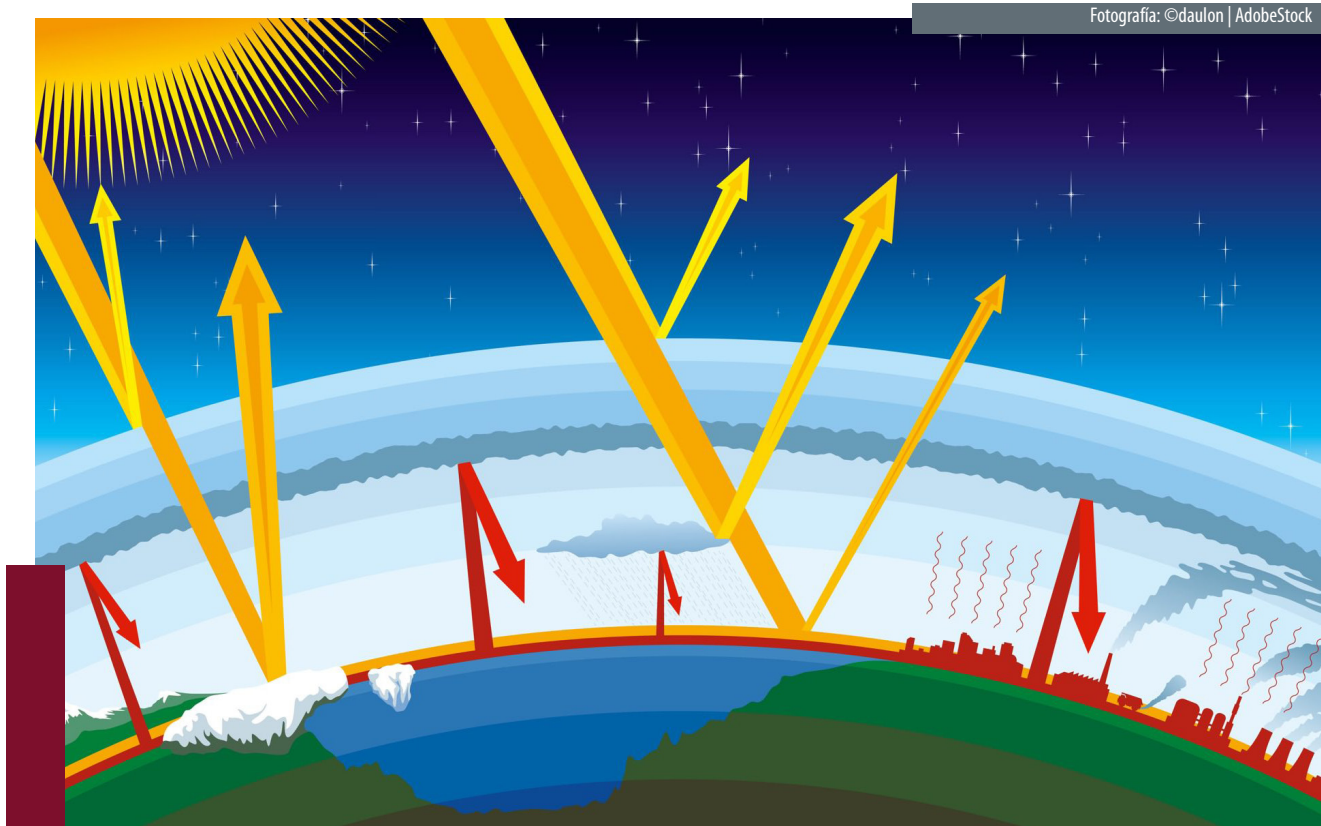
Por otra parte, los modelos mentales están basados en un conjunto de suposiciones que resultan consistentes para los individuos que los sostienen, aun cuando en numerosas ocasiones dichas suposiciones son incompatibles o contradicen los modelos científicos. Si los modelos mentales del individuo implican muchas distorsiones, preconcepciones y concepciones alternativas, estas podrían conducir a explicaciones inexactas (Reinfried y Tempelmann, 2014). Sin embargo, debido a la naturaleza dinámica de los modelos mentales, aquellos que difieren en contenido y estructura de los modelos científicos pueden evolucionar si se implementan estrategias de enseñanza adecuadas.

En pocas palabras: algunas cosas que sabemos del cambio climático

En la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (1992) se define el cambio climático como " un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables" (p. 3). Según el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC), el calentamiento de la Tierra es inequívoco, observándose desde la década de 1950 una serie de cambios sin precedentes. La acción del hombre es clara e incuestionable en el precipitado aumento de la velocidad del cambio climático que se ha producido en las últimas décadas (IPCC 2014). Algunos de los cambios que han tenido lugar en el sistema climático son el calentamiento de la atmósfera y de los océanos, la disminución de los volúmenes de hielo y nieve, y la elevación del nivel del mar (IPCC 2014). También se han producido numerosos impactos sobre los sis-

temas naturales y humanos, así como episodios de fenómenos meteorológicos extremos.

Una de las principales causas de este problema ambiental de escala global son las emisiones de gases de efecto invernadero (dióxido de carbono, metano, clorofluorocarbonos, hexafluoruro de azufre, óxido nitroso, ozono troposférico entre otros), las cuales se han incrementado desde la era preindustrial debido al crecimiento económico y demográfico (IPCC 2014). Entre los principales gases de efecto invernadero (GEI), el dióxido de carbono ha aumentado de 280 partes por millón (ppm) antes de la Revolución Industrial, a 415 ppm. Los otros gases implicados en el calentamiento global tienen también un importante impacto ya que hay que tener en cuenta no solo el incremento en la concentración sino también la contribución por molécula. En otras palabras, si bien algunos GEI no existen de forma natural en la atmósfera, otros sí lo hacen (por ejemplo, CO_2 , CH_4 , N_2O). En cualquiera caso hoy sabemos que el



aumento de la concentración de GEI en la atmósfera se debe a actividades humanas.

¿Cuáles son las ideas alternativas de los estudiantes sobre el cambio climático?

Los primeros estudios acerca de las concepciones de los estudiantes sobre el efecto invernadero y el cambio climático se remontan a la década de los 90. A lo largo de todos estos años, diversas investigaciones han revelado que, en general, los estudiantes desconocen en qué consiste el efecto invernadero (Andersson y Wallin 2000; Fisher 1998; Pruneau et al. 2001), no distinguen entre el calentamiento global y el efecto invernadero (Andersson y Wallin 2000; Boyes y Stanisstreet 1993) y/o vinculan estos fenómenos atmosféricos con la destrucción de la capa de ozono (Boyes y Stanisstreet 1993; Fisher 1998; García-Rodeja y Lima 2012; Groves y Pugh 1999; Liarakou Athanasiadis y Gavrilakis 2011; Meadows y Wiesenmayer 1999; Punter, Ochando-Pardo y García 2011).

Además, investigaciones sobre la comprensión de los estudiantes y futuros profesores sobre el calentamiento global muestran que el pensamiento de estudiantes y adultos comparte elementos comunes, por ejemplo, la tendencia a confundir el efecto invernadero con la disminución de la capa de ozono o considerar la disminución de la capa de ozono causa del calentamiento global (Andersson y Wallin, 2000; Boon, 2010; Bostrom *et al.*, 1994; Boyes y Stanisstreet, 1993; Dove, 1996; Koulaidis y Christidou, 1999; Pruneau *et al.*, 2001; Punter *et al.*, 2011; Sterman y Sweeney, 2007; etcétera).

En general, estos estudios han identificado las siguientes tendencias (García-Rodeja y Lima, 2012): comprender e interpretar el efecto invernadero exclusivamente como un problema ambiental; ignorar el hecho de que es el resultado de un mecanismo natural; confundir la naturaleza de los problemas ambientales (cambio climático y disminución del ozono estratosférico) o atribuirles una relación causal; y confundir las causas, efectos y posibles estrategias para mitigar estos problemas.



Fotografía: ©daulon | AdobeStock



Fotografía: ©malp | AdobeStock

¿Cuáles son los modelos explicativos de los estudiantes sobre el cambio climático?

40

Al estudiar las concepciones de los estudiantes sobre el cambio climático nos podemos limitar a detectar ideas alternativas, o bien podemos indagar sobre si estas ideas se estructuran en modelos explicativos. Mientras las ideas alternativas se pueden pensar como ideas más o menos estáticas y aisladas, los modelos explicativos estarían constituidos por una estructura de creencias e imágenes que, además, es generativa, es decir, permite a los estudiantes integrar nueva información, hacer predicciones, actuar y generar nuevos conocimientos al pensar con dichos modelos. Los modelos pueden generar nuevas ideas que se alejan, a veces, de las ideas de la ciencia escolar. El aprendizaje significativo requiere en estos casos no únicamente adquirir nueva información, sino también una reconstrucción de dichos modelos que son personales y resistentes al cambio (ver, por ejemplo, Hewson, 1981).

Schraw, Crippen y Hartley (2006) consideraron que los estudiantes deben construir modelos mentales adecuados para poder integrar las relaciones funcionales y causales de sistemas complejos como el clima global. Otros autores fueron más allá al estudiar la comprensión de los estudiantes sobre el cambio climático, infiriendo los modelos mentales mediante los cuales se estructuran las concepciones de los estudiantes (p. ej., Andersson y Wallin, 2000; García-Rodeja y Lima, 2012; Koulaidis y Christidou, 1999; Reinfried y Tempelmann, 2014; Shepardson, Niyogi, Choi y Charusombat, 2011).

En un trabajo reciente Varela, Sesto y García-Rodeja (2020) categorizan los modelos mentales de estudiantes de 12 a 13 años con respecto al cambio climático y el efecto invernadero en cuatro niveles (Figura 1). Estos niveles se enumeran del 1 al 4 en orden creciente de sofisticación, intentando mostrar una progresión en el aprendizaje de los estudiantes sobre el efecto invernadero.

Los modelos mentales de nivel 1 son descriptivos y similares a lo que Reinfried y Tempelmann (2014) denominaron “conocimientos aislados”. Este nivel agrupa modelos en los que no se indican mecanismos de funcionamiento, por lo que es considerado el nivel más bajo de sofisticación. El cambio climático se relaciona con el aumento de la temperatura de la Tierra, pero no se hace referencia a qué es el efecto invernadero. Generalmente, los estudiantes cuyos modelos se sitúan en este nivel indican como causa del cambio climático la contaminación, y como medidas para disminuir la velocidad del cambio climático sugieren reducir el uso de coches particulares y no contaminar.

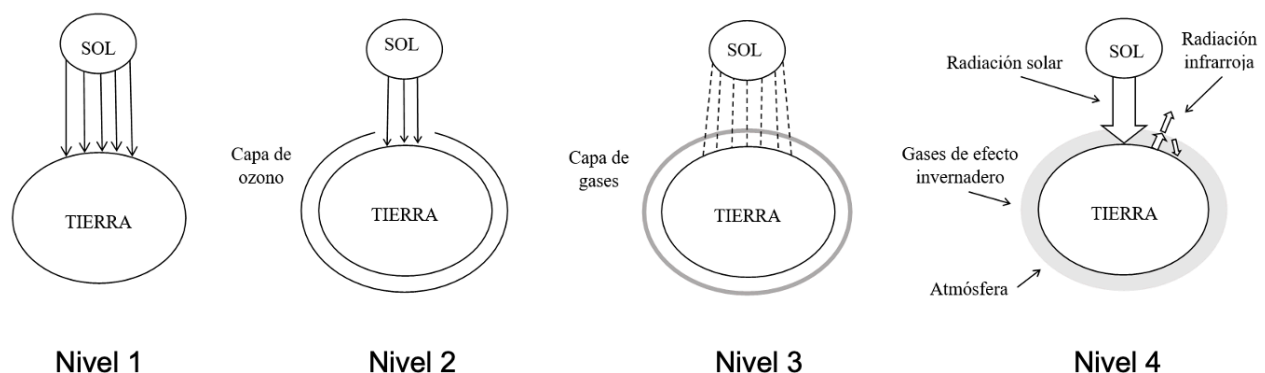
Los modelos mentales de nivel 2 incorporaron la idea de que la destrucción de la capa de ozono permite que más radiación llegue a la Tierra, o que el engrosamiento de la capa de ozono evita que la radiación solar sea emitida de regreso al espacio. Este nivel es comparable al modelo mental 2 identificado por Shepardson et al. (2011). En este nivel se sitúan aquellos modelos en los que se presenta la idea de que la destrucción de la capa de ozono o el agujero de ozono causados por la contaminación permiten que llegue más radiación solar a la Tierra calentándola, o que la contaminación provoca un engrosamiento de la capa de ozono que impide que la radiación solar sea reemitida al espacio.

Para disminuir el cambio climático, en este nivel los estudiantes suelen sugerir reducir las emisiones de gases que afectan a la capa de ozono.

Los modelos mentales de nivel 3 son aquellos que incorporan la idea de que hay gases que se emiten a la atmósfera que atrapan el calor. También se incluye la idea de una capa de gases que envuelve a la Tierra. Para disminuir el cambio climático los estudiantes suelen sugerir reducir la emisión de gases.

Los modelos mentales de nivel 4 son los más cercanos al modelo enseñado en la ciencia escolar. Este nivel agrupa a aquellos modelos en los que se presenta la idea de que los gases de efecto invernadero absorben parte de la radiación emitida por la Tierra impidiendo que salga hacia el espacio en su totalidad. Los modelos de este nivel, a diferencia de los modelos que se encuadran en el nivel 3, incorporan la idea de que los gases de efecto invernadero se encuentran uniformemente distribuidos en la atmósfera, en lugar de estar concentrados formando una capa. En este nivel los estudiantes tienden a diferenciar mejor entre la radiación visible procedente del Sol y la radiación infrarroja emitida por la Tierra. Además, los estudiantes en este nivel suelen reconocer que no toda la radiación es reemitida de nuevo a la Tierra, sino que una parte se emite al espacio. Se considera el nivel de sofisticación más alto.

Figura 1. Diagramas de los niveles en los que se estructuran los modelos mentales de los estudiantes de 12 a 13 años sobre el efecto invernadero





Fotografía: ©malp | AdobeStock

42

Los resultados del trabajo revelaron que modelos descriptivos como los incluidos en el nivel 1 se pueden modificar fácilmente y evolucionar hacia modelos cercanos al modelo ofrecido en el aula de ciencias de la escuela. Los estudiantes con modelos mentales de nivel 1 tienen un conocimiento previo limitado del efecto invernadero. Como consecuencia, son capaces de reconstruir fácilmente sus modelos mentales asimilando nueva información en estructuras de conocimiento existentes. Por el contrario, la evolución de modelos en el nivel 2 es difícil de lograr debido a que implica la modificación de un modelo inicialmente coherente y funcional. Las diferencias entre sus ideas anteriores y la nueva información son tan profundas que los estudiantes tienen que construir un nuevo modelo mental para poder explicar los mecanismos del efecto invernadero (Reinfried y Tempelmann, 2014). Como implicaciones educativas, proponemos crear situaciones en el aula que permitan a los estudiantes hacer explícitas sus representaciones mentales, dándoles la oportunidad de comparar su validez a través de la discusión.

Para terminar

Aunque el tema del cambio climático es uno de los temas científicos sociales más importantes, numerosos estudios han demostrado que las ideas y los modelos mentales de los estudiantes y del público en general sobre el cambio climático siguen siendo inapropiados. Conocer estas ideas y modelos es crucial a la hora de elaborar estrategias para una

mejor comunicación del cambio climático. Puede ocurrir que si una parte de la ciudadanía comparte modelos explicativos del nivel 1 tenga dificultad en entender determinadas estrategias de mitigación del cambio climático. Y puede ocurrir que si una parte de la ciudadanía comparte modelos de nivel 2 considere que el cambio climático es un problema poco relevante el haberse conseguido a través de acuerdos internacionales una reducción importante de los gases que contribuyen al deterioro de la capa de ozono y se suban al carro de los negacionistas. Sin embargo, una ciudadanía bien informada y con una buena comprensión de esta problemática, será una ciudadanía capaz entender lo que está en juego; emprender y apoyar acciones de adaptación al cambio climático, y emprender y apoyar actuaciones que ayuden a su mitigación. Consideramos que cuanto mayor sea la comprensión de los individuos sobre este problema ambiental, y cuanto mayor sea su capacidad para evaluar la validez de los argumentos científicos sobre el cambio climático, mayor será su capacidad de usar esta información en la toma de decisiones acerca de cómo responder a este reto al que nos enfrentamos todos.

Referencias

Andersson, B., & Wallin, A. (2000). Students' Understanding of the Greenhouse Effect, the Societal Consequences of Reducing CO₂ Emissions and the problem of Ozone Layer Depletion. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(10), 1096-1111.

- Boon, H. J. (2010). Climate Change? Who Knows? A comparison of secondary students and preservice teachers. *Australian Journal of Teacher Education*, 35 (1), 104-120.
- Bostrom, A.; Morgan, M. G.; Fischhoff, B., & Read, D. (1994). What Do People Know About Global Climate Change? 1. Mental Models. *Risk Analysis*, 14(6), 959-970.
- Boyes, E., & Stanisstreet, M. (1993). The Greenhouse Effect: Children's perception of causes, consequences and cures. *International Journal of Science Education*, 15(5), 531-552.
- Dove, J. (1996). Students teacher understanding of the greenhouse effect, ozone layer depletion and acid rain. *Environmental Education Research*, 2(1), pp. 89-100.
- Duit, R. (2009). Bibliography STCSE: Students' and teachers' conceptions and science education. Kiel, Germany: University of Kiel.
- Fisher, B. (1998). Australian students' appreciation of the Greenhouse effect and the ozone hole. *Australian Science Teachers Journal*, 44(3), 46-55.
- García-Rodeja Gayoso, I., & Lima de Oliveira, 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), 0195-218.
- García-Rodeja, I. (1999). El sistema Tierra y el efecto invernadero. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, (20), 75-84.
- García-Rodeja, I.; Vázquez, C., & Sesto, V. (2020). Modelos del alumnado de primaria sobre las semillas desde la perspectiva de eco-alfabetización. *Innovación educativa*, (30), 95-111. Recuperado de <https://doi.org/10.15304/ie.30.7063>.
- Greca, I. M., & Moreira, M. A. (2000). Mental models, conceptual models, and modelling. *International Journal of Science Education*, 22(1), 1-11.
- Groves, F. H., & Pugh, A. F. (1999). Elementary Pre-Service Teacher Perceptions of the Greenhouse Effect. *Journal of Science Education and Technology*, 8(1), 75-81.
- Hewson, P. W. (1981). A conceptual change approach to learning science. *European journal of science education*, 3(4), 383-396.
- IPCC. (2014). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (Eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland.
- Johnson-Laird, P. N. (1983) *Mental models. Towards a cognitive science of language, inference and consciousness*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Koulaidis, V., & Christidou, V. (1999). Models of students' thinking concerning the greenhouse effect and teaching implications. *Science Education*, 83(5), 559-576.
- Liarakou, G., Athanasiadis, I., & Gavrilakis, C. (2011). What Greek Secondary School Students Believe about Climate Change? *International Journal of Environmental and Science Education*, 6(1), 79-98.
- Meadows, G., & Wiesenmayer, R. L. (1999). Identifying and Addressing Students' Alternative Conceptions of the Causes of Global Warming: The Need for Cognitive Conflict. *Journal of Science Education and Technology*, 8(3), 235-239.
- Naciones Unidas. (1992). Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.
- Pedrinaci, E. (1996). Sobre la persistencia o no de las ideas del alumnado en geología. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 3(7), 27-36
- Pruneau, D.; Liboiron, L.; Vrain, E.; Gravel, H.; Bourque, W., & 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, 121-138.
- Pujol, R., y Márquez, C. (2011). Las concepciones y los modelos de los estudiantes sobre el mundo natural y su función en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. En P. Cañal (Ed.), *Didáctica de la Biología y Geología* (pp. 71-89). Barcelona: Graó.
- Punter, P.; Ochando-Pardo, M., y García, J. (2011). Spanish secondary students' notion on the causes and consequences of climate change. *International Journal of Science Education*, 33(3), 447-464.
- Reinfried S., & Tempelmann S. (2014) The impact of secondary school students' preconceptions on the evolution of their mental models of the greenhouse effect and global warming. *International Journal of Science Education*, 36(2), 304-333. <http://dx.doi.org/10.1080/09500693.2013.773598>.
- Schraw, G.; Crippen, K. J.; & Hartley, K. (2006). Promoting self-regulation in science education: Metacognition as part of a broader perspective on learning. *Research in Science Education*, 36(1-2), 111-139.
- Shepardson, D. P.; Niyogi, D.; Choi, S. & Charusombat, U. (2011). Students' conceptions about the greenhouse effect, global warming, and climate change. *Climatic Change*, 104(3-4), 481-507.
- Sterman, J. D., & Sweeney, L. B. (2007). Understanding public complacency about climate change: adults' mental models of climate change violate conservation of matter. *Climatic Change*, 80, 213-238.
- Varela, B.; Sesto, V., & García-Rodeja, I. (2020). An investigation of secondary students' mental models of climate change and the greenhouse effect. *Research in Science Education*, 50(2), 599-624. <https://doi.org/10.1007/s11165-018-9703-1>.