



Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación
de las Ciencias
ISSN:
ISSN: 1697-011X
revista.eureka@uca.es
Universidad de Cádiz
España

Estudio sobre la importancia de la alfabetización climática en la Escuela Secundaria Obligatoria: un estudio de caso

 **Agosta Scarel, Eduardo**

 **Cuetos Revuelta, María José**

Estudio sobre la importancia de la alfabetización climática en la Escuela Secundaria Obligatoria: un estudio de caso

Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, vol. 20, núm. 3, pp. 350101-350122, 2023

Universidad de Cádiz

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92074779001>

DOI: https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2023.v20.i3.3501

Estudio sobre la importancia de la alfabetización climática en la Escuela Secundaria Obligatoria: un estudio de caso

Climate Literacy in Compulsory Secondary Schools: a case study

Eduardo Agosta Scarel

Movimiento Laudato Si', Ciudad del Vaticano, España.

Consejo Nacional De Investigaciones Científicas y Técnicas, CONICET. Argentina, España

eduardo@laudatosimovement.org

 <https://orcid.org/0000-0003-1182-8877>

María José Cuetos Revuelta

Universidad Internacional de La Rioja. Facultad de Educación. Área de Didáctica de las Matemáticas y de las

Ciencias Experimentales. La Rioja, España

mjose.cuetos@unir.net

 <https://orcid.org/0000-0002-9555-8765>

DOI: <https://doi.org/10.25267/>

Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2023.v20.i3.3501

Recepción: 07 Julio 2022

Revisado: 15 Octubre 2022

Aprobación: 29 Marzo 2023



Acceso abierto diamante

Resumen

La crisis climática es, desde el punto de vista científico, el mayor desafío que enfrentan las sociedades. Se hace urgente preparar a la ciudadanía para generar cambios de comportamiento a favor del clima en los próximos años. El objetivo específico de este trabajo era evaluar el nivel de desarrollo de la alfabetización climática (AC) antes (fase PRE) y después (fase POS) de la implementación de una intervención sobre el cambio climático (CC), en el alumnado de 3º de ESO perteneciente a un centro educativo de Castellón, España. Previamente se realizó el diagnóstico de las opiniones y el nivel de conocimiento acerca de la ciencia del clima o AC en los alumnos de 2º, 3º y 4º de la ESO y en el profesorado de este centro. Por tanto, este trabajo de investigación tuvo como meta global ser una contribución a la AC mejorando la comprensión por parte del alumnado de 3º de ESO del tema del calentamiento global antropogénico, o CC, a través de la implementación del programa "cambio climático" diseñado para este fin. La comparativa de resultados antes y después de implementar este programa mostró la existencia de mejoras estadísticamente significativas en algunos de los dominios de conocimiento de la ciencia del clima. Se trasciende que la educación climática es esencial para el desarrollo de visiones del mundo significativas, la comprensión de la ciencia del clima y el compromiso y participación en actividades pro-climáticas.

Palabras clave: Crisis climática, Educación secundaria, Alfabetización climática, Cambio climático.

Abstract

From a scientific perspective, climate crisis is the greatest challenge facing societies. There is an urgent need to prepare citizens for pro-climate changes in the coming years. The specific objective of this study was to evaluate the level of development of climate literacy (CL) before (PRE phase) and after (POS phase) the implementation of an intervention on climate change (CC) in the 3rd grade students in Compulsory Secondary School belonging to an educational centre in Castellón, Spain. Previously, the diagnosis on the opinions and the level of knowledge about climate science or CL of 2nd, 3rd and 4th grade students and teachers at this school was made. Therefore, the overall goal of this research work was to contribute to climate literacy by improving the understanding of 3rd grade students of the topic of anthropogenic global warming, or CC, through the implementation of the "climate change" program designed for this purpose. Comparison of results before and after

implementing this program showed statistically significant improvements in some of the climate science knowledge domains. It is transcended that climate education is essential for the development of meaningful worldviews, understanding of climate science and engagement and participation in pro-climate activities.

Keywords: Climate crisis, Secondary education, Climate literacy, Climate change.

Introducción y objetivos

Hoy por hoy, en el contexto global de urgencia por la crisis climática en el que estamos, comprender el cambio climático (CC) antropogénico es considerado crucial (IPCC, 2021). La emergencia climática es el resultado de ciertas actividades humanas con capacidad de alterar los ecosistemas terrestres al punto de poner en peligro la propia supervivencia de la humanidad (UNESCO, 2020). La Educación en el Desarrollo Sostenible para 2030 es un marco de implementación global para la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) a lo largo de la década de 2020-2030, publicado por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). En este sentido, la hoja de ruta trazada contextualiza la actual emergencia climática como el punto de partida para comprender el estado en el que se encuentra la sociedad global. Por lo tanto, la emergencia climática es el pretexto desde donde se convoca a la acción educativa para la sostenibilidad en la que se van integrando el CC y las demás cuestiones planteadas en los 17 ODS en cada uno de los tipos de aprendizaje (UNESCO, 2020). Hay que destacar la necesidad de mejorar la educación y la sensibilización respecto de la mitigación del cambio climático, la reducción de sus efectos y la alerta temprana (ODS 13).

Lograr una adecuada alfabetización climática (AC), entendida como un conocimiento suficiente sobre los principios esenciales del funcionamiento del clima, puede garantizar una educación inclusiva que empodere al alumnado con una formación ciudadana que le permita la toma de decisiones guiada por el conocimiento científico en vistas al desarrollo integral humano y la consecución de los ODS (UNESCO, 2017, 2020). El concepto de AC puede definirse como el proceso de enseñanza-aprendizaje que permite «la comprensión de tu propia influencia en el clima y la influencia del clima en ti y la sociedad» (USGCRP, 2009, pág. 4). Lo anterior significa que no basta con abordar los desafíos ambientales tecnocientíficamente, también es necesario comprender las complejas interrelaciones sociales y económicas, como la desigualdad social, que están interconectadas con la causa y el impacto de estos problemas socioambientales. Se debe buscar la resolución colaborativa de problemas y la innovación en múltiples dimensiones de instituciones y sistemas ambientales, sociales, económicos, políticos y educativos (Stevenson *et al.*, 2017).

Si bien hay una robustez científica de la emergencia climática, puede constatarse cierta confusión alrededor del CC en la ciudadanía en general y, particularmente, entre los estudiantes tanto de niveles universitarios como de escuela media debido a «una serie de mitos relativos al CC, propagados por los blogs y los medios de comunicación» (Benestad *et al.*, 2016, p. 699). La confusión sobre el CC emerge de malas interpretaciones, o por desconocimiento del tema, o por intereses creados en sectores socioeconómicos de la sociedad. Por ejemplo, un estudio sobre futuros maestros en formación universitaria mostró que, la principal información sobre el cambio CC que adquieren procede de los medios de comunicación digital (TV, Internet y Redes Sociales), con una información fragmentada y desarticulada que deriva en una comprensión deficiente del fenómeno (Morote *et al.*, 2021).

Lo anterior nutre un vasto universo sesgado de concepciones o modelos mentales respecto a causas y efectos del CC que consolidan ideas alternativas, difíciles de desmontar con una sola intervención pedagógica. Es común encontrar relaciones equívocas del rol gases de efecto invernadero en el balance energético (radiación solar entrante y radiación terrestre saliente) y el CC; o relacionar la contaminación atmosférica urbana, o el agujero de ozono, o la lluvia ácida, con el calentamiento global (Andersson y Wallin, 2000; Boyes y Stanistreet, 1993, 1997; Gowda *et al.*, 1997; Koulaidis y Christidou, 1999; Pruneau *et al.*, 2001, 2003). Asimismo, la compleja interrelación entre sistema climático y la biósfera (bioma y sociedades humanas), añade dificultad a la hora de pensar sus consecuencias en escalas de espacio y tiempo (Shepardson *et al.*, 2011). Por tanto, la AC tiene ante sí el desafío de aprender y enseñar la complejidad científica del calentamiento global y el CC, y de partir de las concepciones previas del alumnado, mediante el desarrollo de experiencias de aprendizaje que sean conceptualmente innovadoras y personalmente significativas para el alumnado, que les haga confrontar sus ideas alternativas.

Más aún, el conocimiento deficiente, la desinformación y los «mitos» culturales influyen en la disminución del interés por el conocimiento del clima (Ranney y Clark, 2016) y siembran dudas que influyen en la opinión y desmotivan para la acción climática a favor de la mitigación y adaptación (van del Linden *et al.*, 2017). Hay que tener en cuenta que nuestros estudiantes de la escuela media están inmersos en un ambiente cultural concreto y se ven afectados por las visiones del mundo significativas heredadas a través de la comunidad, de los amigos y familiares. Harcker-Schuch (2019) toma el concepto de “visión del mundo” como una perspectiva global de la vida que resume lo que sabemos del mundo, cómo lo evaluamos emocionalmente y cómo respondemos ante él. Cabe destacar que la visión del mundo desempeña un papel importante en la actitud o el compromiso de las personas ante el CC (Wolf y Moser, 2011), y en el desarrollo de sus conocimientos (Lewandowsky *et al.*, 2012). Suele ser con frecuencia un factor de predicción más fuerte para la negación del CC que el grado de comprensión de sus bases científicas.

Ahora bien, son los adolescentes de nuestras escuelas de secundaria, esta ciudadanía susceptible de AC para lograr la transformación social requerida para el desarrollo sostenible y la acción climática. Ellos pertenecen a la generación que sociológicamente se conoce como la Generación Z, los nacidos entre 1997 y el 2012, aproximadamente, que posee, entre otras, las siguientes características (Milotay, 2020): Se trata del grupo etario más numeroso de la población mundial (cerca del 30 % del total mundial); se los considera nativos digitales, o sea, han nacido en la era de internet, las redes sociales, y los teléfonos móviles inteligentes; y, por tanto, viven la «cultura del dormitorio», es decir, se conectan con el mundo en la soledad de sus dormitorios mediante la virtualidad, y, por ende, pueden llegar a carecer de la experiencia de relaciones humanas profundas y significativas.

Para los jóvenes y adolescentes de la generación Z el CC emerge como una amenaza existencial, que ensombrece el futuro y les parece más difícil de resolver incluso que la desigualdad social creciente, la crisis actual de los refugiados y la relativamente pobre educación existente en muchos países en desarrollo (Arnaldo, 2021; Broadbert *et al.*, 2017). Asimismo, son idóneos para la comunicación digital y la tecnología, medios claves hoy en día para el intercambio de información en la sociedad, sumado al hecho de estar en una etapa obligatoria de escolaridad, lo que los hace candidatos muy accesibles para la comunicación del CC.

En un trabajo que analiza las tendencias internacionales respecto a la educación climática, Leal Filho y Hemstock (2019) concluyen que «la educación climática debería llevarse a cabo tanto en las escuelas secundarias como en las universidades, preferiblemente de forma más sistemática mediante políticas y programas formales» (p. 14) a fin de ofrecer una sensación de continuidad. Esta falta de continuidad en el proceso de enseñanza y aprendizaje del CC se percibe asimismo en la educación secundaria española, donde la normativa educativa vigente en España apenas da lugar a la formación en CC en el curso de FQ de 2º y 3º año de la ESO, de forma esporádica y poco sistemática.

A esta falta de continuidad en los programas educativos, se le suma la falta de confianza a la que se enfrentan los profesores debido a su escaso conocimiento o falta de formación de los temas relacionados con el clima (Chopra *et al.*, 2019). Incluso en países como Australia y Noruega, donde se enseña el CC, los resultados de Harker-Schuch y Watson (2019) sugieren que se mejora muy poco la comprensión de la ciencia climática durante el período de la escuela secundaria. Los autores indican que para mejorar la AC en la escuela secundaria hay que hacer más hincapié en los fundamentos científicos de la variación natural del clima y en las causas y mecanismos físicos que subyacen a la ciencia del clima, y no tanto en las consecuencias e impactos del CC. Es decir, los impactos del CC sólo deberían enseñarse en un segundo momento, tras haber aprendido sus bases científicas físicas.

Siguiendo a Monroe *et al.* (2017), un programa de AC eficaz deberá tener en cuenta la importancia de a) ofrecer información contextualizada, relevante y significativa para el alumnado, empleando métodos de enseñanza activos y atractivos, por ejemplo, a través del análisis de datos, juegos en línea, o el uso de simulaciones; b) participar en debates deliberativos, por ejemplo, con la proyección de un vídeo corto disparador y posterior debate; c) interactuar con científicos, programas científicos y herramientas de análisis y visualización de datos científicos; d) abordar los conceptos erróneos que se identifiquen en el

alumnado; y e) poner en marcha proyectos escolares o comunitarios, tales como el reciclado, instalación de paneles solares, reducción del consumo eléctrico escolar y plantación de árboles, en otros.

A nivel nacional, existen diversos trabajos que estudiaron el nivel de alfabetización climática en estudiantes de secundaria (García-Rodeja y Lima, 2012; García-Vinuesa *et al.*, 2022; Varela *et al.*, 2020) y con estudiantes universitarios (García-Vinuesa *et al.*, 2020, Meira-Carrea *et al.*, 2018; Morote *et al.*, 2021) que ponen de relevancia que hay cierta mejora en los porcentajes de acierto de estos últimos con respecto a otros grupos de población, pero que la cultura común sigue estando presente en su representación del CC. Siendo entonces importante la realización de estudios que indaguen sobre la alfabetización climática en la Escuela Secundaria Obligatoria así como que ayuden a implementar programas de intervención sobre CC que mejore su nivel de AC.

Por ello, en este trabajo se pretende, por un lado, estimar el nivel de AC del alumnado y profesorado en un centro educativo de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) en una localidad de Castellón, España. Por el otro, evaluar las mejoras producidas en la AC en el curso de 3º de ESO tras la implementación de una intervención con un programa innovador sobre CC para la asignatura de Física y Química (FQ), que contempla las principales sugerencias de Monroe *et al.* (2017).

Para alcanzar esta meta trazada, se llevarán a cabo los siguientes objetivos específicos en dos etapas:

- Realizar un diagnóstico del nivel de AC en un colegio de ESO (alumnado de 2º, 3º y 4º de ESO) en Castellón.
- Evaluar el grado de desarrollo de la AC antes y después de la implementación de una intervención sobre el CC en el alumnado de 3º de ESO en un colegio de Castellón.

La hipótesis (H1) de partida es que la implementación de un programa sobre CC produce mejoras en el nivel de conocimiento de la ciencia del clima que posee el alumnado de 3º de ESO en al menos algún área o dominio de conocimiento de esta ciencia.

Material y métodos

Población y muestras analizadas

La investigación se llevó a cabo entre septiembre y diciembre de 2021 en un colegio concertado de Onda, en Castellón. Durante la fase PRE, mediante encuesta, se exploraron las opiniones y se ponderó el grado de AC, o de conocimiento de clima, que posee la población de una parte del alumnado de ESO del colegio, previo consentimiento de sus tutores legales, considerando una estratificación etaria según los cursos de 2º, 3º y 4º de ESO, con población de 54, 36 y 36 individuos, respectivamente. La muestra fue elegida de manera no probabilística e intencional. A modo de contraste se encuesta a la población adulta instruida, constituida por 54 docentes del centro en activo (la mayor parte de los docentes encuestados provienen de la etapa secundaria y del área de Ciencias y de Lenguas) de los cuales 27 docentes respondieron libremente a la encuesta (56% de secundaria, 41% primaria y 4% infantil; un 25% de Ciencias). La muestra docente, por tanto, presenta un 95% de significancia, es decir, es capaz de reflejar la opinión y el conocimiento climático de 19 de cada 20 miembros del cuerpo docente, con un margen de error del 13,5% (rango medio de respuestas que pueden variar en el cuerpo docente total respecto de la muestra).

La población entrevistada es mayoritariamente femenina en cada curso encuestado de la ESO y en el cuerpo docente muestreado. El curso de 4º de ESO es el que presenta la mayor proporción de mujeres, con el 67% del alumnado. Dicha proporción es del 56% entre el alumnado de 2º y 3º de ESO y entre los docentes.

Diseño de la Investigación y del programa de intervención

La fase PRE se realizó en la segunda semana de octubre. Se explicó a los encuestados que la encuesta forma parte de una investigación y debe ser respondida pensando en la mejor opción en cada caso. El programa “Cambio Climático” se implementó como una intervención de FQ durante 7 sesiones, entre la última semana de noviembre y la primera de diciembre. Se tuvo en cuenta el reto de hacer énfasis en

enseñar la física del clima y las causas del CC más que las consecuencias futuras para motivar la participación del alumnado y mantener la esperanza como elemento psicológico dinamizador del cambio.

Se utilizó el enfoque de enseñanza mediante investigación dirigida como modelo constructivista de enseñanza para que el alumnado se apropie del método científico y realice su proceso de aprendizaje en un contexto muy similar al que los científicos desarrollan su labor, con la supervisión constante del docente, para lograr mejoras conceptuales, metodológicas y actitudinales (Moya-Segura *et al.*, 2011). Para ello, el alumnado podrá vivenciar el contexto de actividad similar al que vive un climatólogo o científico del clima. El enfoque experiencial ha demostrado ser eficaz para el aprendizaje de la ciencia y la educación ambiental, al aumentar la conciencia, la confianza y la comprensión sobre el cambio climático (Monroe *et al.*, 2017). Se planificaron 4 fases:

- La Fase 1 de presentación de la situación problemática, mediante la realización de gráficas de mediciones en el tiempo para abrir el cuestionamiento sobre el CC como fenómeno observado en la vida real y de aparente naturaleza diversa, favoreciendo una lluvia de ideas y el reconocimiento de ideas alternativas.

- La Fase 2 de observación, identificación de variables claves y de relación con teorías explicativas de la ciencia mediante la lectura de información científica adecuada, la búsqueda orientada de información en internet y la exposición de conceptos claves sobre el clima de la Tierra.

- La Fase 3 de experimentación para comprobar las hipótesis y fórmulas, mediante el diseño de una prueba simulada del efecto de los gases de efecto invernadero en el clima terrestre y el uso de una simulación en línea propuesta por la PhET de Colorado sobre el efecto de los gases de efecto invernadero en el calentamiento global (LeMaster y Blanco, 2011).

- La Fase 4 de organización e interpretación de resultados, en la que se elabora un póster-mural infográfico con los resultados obtenidos y expresión de la preocupación por el tema. En otra sesión se hace la visión de un vídeo corto sobre CC y mini-debate en torno a los problemas y posibles soluciones.

- Finalmente, la Fase 5 de reflexión sobre el proceso seguido y los resultados obtenidos, se realiza una autoevaluación por medio de un juego serio en línea (uso de un juego propiamente dicho con el objetivo de aprender). Esta herramienta ofrece una experiencia de primera mano con un alto componente emocional, ya que el cerebro humano prefiere la información visual en tres dimensiones sobre cualquier otra entrada sensorial (Harker-Schuch *et al.*, 2020). Los jugadores pueden aprender a través del hacer y el ser, en lugar de sólo absorber la información por medio de lecturas y los formatos tradicionales aprendizaje (Wu y Lee, 2015).

En la fase POS, se volvió a realizar la encuesta sobre AC en 3º de ESO, usando el mismo cuestionario de la fase PRE una semana después de haber terminado la intervención.

El cuestionario y la recogida de información

Se desarrolló un cuestionario de 16 preguntas que indagan tres dimensiones (Tabla 1): la personal, la de opinión sobre CC antropogénico, y la del conocimiento de la ciencia del clima en algunas áreas del conocimiento que llamaremos dominios de conocimiento (DC). El instrumento se basa en los utilizados por Harker-Schuch *et al.* (2020) y Harker-Schuch y Bugge-Henrikssen (2013). Para su validación se recurrió a un grupo de 6 expertos del área de didáctica de las ciencias experimentales, siendo analizada la consistencia interna para el estudio de la fiabilidad de la herramienta. Las primeras tres preguntas pertenecen a la dimensión personal (P1-3) y colectan datos sobre nombre, género, curso y asignatura de preferencia. En el cuestionario para docentes, esta última pregunta hace referencia al área de la especialidad. Las siguientes tres preguntas (P4-P6) pertenecen a la dimensión de opinión acerca de la amenaza, causa e inminencia del CC, graduada con una escala de Likert de 4 elementos: No; Posiblemente no; Quizás/ Posiblemente Sí, y Sí, para forzar al encuestado a decidir (Krosnick *et al.*, 1996). En este sentido, se consideró preguntar por “En tu opinión, ¿crees que el cambio climático...?” para evitar la interferencia emocional que puede generar preguntas del tipo, por ejemplo: “¿estás personalmente preocupado por el cambio climático?” De esta manera se garantiza que la respuesta se aproxime a la pauta sociocultural

(Harker-Schutz *et al.*, 2020). El cuestionario prosigue con diez preguntas relacionadas con el conocimiento de aspectos científico-sociales de la ciencia del clima y del CC antropogénico (P7-P16). Para evitar la fatiga del encuestado son preguntas de diverso tipo: respuestas múltiples en una, opción de imágenes y opción múltiple. Para medir el grado o nivel de conocimiento en un dominio se tabuló cada respuesta con un peso numérico o puntuación (escala de 1 a 100), con una ponderación global para cada pregunta en intervalos cuartílicos: 25: Insatisfactorio; 50: Poco satisfactorio; 75: Satisfactorio; y 100: Muy satisfactorio, como resultado de las posibles respuestas, como lo haría un docente en su clase para ponderar respuestas a preguntas más complicadas.

Tabla 1

Dimensiones, variables, orden de pregunta (P) en el cuestionario, y dominios de conocimiento del clima (DC) incluidos en el instrumento de investigación.

Dimensión	Variables	P
De la información personal	Curso, sexo, asignatura de preferencia/área de docencia, preferencia	De P1 a P3
De la opinión	Sobre la amenaza, causas humanas e inminencia del CC	De P4 a P6
DC1: El clima de la Tierra	La Tierra en el sistema solar Relación clima y habitabilidad Nociones generales de clima	P11
DC2: Los gases de efecto invernadero (GEI)	Características generales de los GEI Efecto de los GEI en el clima de la Tierra	P10
DC3: El albedo	Descripción del albedo Identificación de regiones con alto albedo Relación albedo y color de superficies	P8, P9
DC4: Balance de energía	Distancia Sol/Tierra Balance de radiación Concentración de GEI	P13
DC5: Factores claves que determinan cambios de clima	Variación de la insolación Cambios en los GEI Las actividades humanas relacionadas con los cambios de GEI Parámetros globales del clima	P7, P14
DC6: CC antropogénico	Aumento sostenido de la temperatura global Teoría científica explicativa Desequilibrio de energía causado por actividades humanas	P12, P16
DC7: CC y sus consecuencias	Aumento nivel del mar Derretimiento del hielo de los polos Desertificación e inundaciones	P15

Elaboración propia

Asimismo, se define el “éxito” de una respuesta como la única elección (o combinación de elecciones, para una en pregunta compleja, de múltiples respuestas válidas) más correcta para esa pregunta, que en términos de puntuación significa obtener 100 ptos., o muy satisfactorio. A partir de esta información, se obtiene el número total por grupos de éxitos y fracasos por pregunta, lo cual permite obtener proporciones o frecuencias relativas de éxito y fracaso para cada pregunta. El criterio es que una frecuencia de éxito superior al 50% (más de la mitad de la clase con respuesta correcta) es aceptable, mientras que si es menor al 50% (menos de la mitad de la clase con respuesta correcta) es una frecuencia de éxito baja. Sobre estos datos de puntuación y de frecuencia de éxito se realiza un análisis de estadística descriptiva y algunas pruebas de hipótesis no paramétricas. Se obtuvo una alta consistencia interna en el análisis de fiabilidad del instrumento, ya que el valor Alfa de Cronbach obtenido ha sido superior a 0,80 (de Vellis, 2003), en concreto de 0,856. En el anexo A se recoge el cuestionario en cuestión.

Se empleó la herramienta de Formulario de Google y la interfaz del Google Classroom para el acceso a los cuestionarios por parte del alumnado y el profesorado. La información se almacena en la nube de forma codificada para guardar el anonimato.

Tratamiento de los resultados: herramientas y métodos de análisis

Por la naturaleza de los datos se aplicó una estadística descriptiva con pruebas no paramétricas que no exigen ajuste a la función normal de distribución de probabilidad para la distribución de las frecuencias observadas (Wilks, 2011). Se llevó a cabo el análisis descriptivo de los datos y se realizaron histogramas de frecuencias por intervalos del grado de conocimiento, para cada población muestreada, expresados como barras verticales. Para algunas variables de DC se muestra la distribución de frecuencia de la puntuación mediante gráficos de bigote y caja (o «boxplot»), que visualmente ofrece información de valores mínimo, máximo, media, mediana, primer cuartil (Q1) y tercer cuartil (Q3).

El estudio de cambios significativos en los resultados para las fases PRE y PRO, así como de asociación entre distintas variables, se realizó mediante la estimación de pruebas de hipótesis sobre frecuencias absolutas observadas de éxitos y fracasos a través de Tablas de Contingencia testeadas mediante las pruebas de Chi-cuadrado de Pearson con corrección de Yates por continuidad y la prueba exacta P de Fisher para el caso de número pequeño de la muestra (Agresti, 2007). También se realizó, para algunos casos, la prueba Z de igualdad de proporciones de éxito (Brown *et al.*, 2001). En alguna variable se estimó la prueba de cambio en las medias de Mann-Wilcoxon aplicado a los valores de puntuación, tras haber superado la prueba de Fligner-Killen sobre la homogeneidad o igualdad de varianzas (Conover *et al.*, 1981).

El análisis se hizo mediante Excel y por medio de la implementación de paquetes de funciones del proyecto R de código libre (R Core Team, 2018).

Resultados

Opinión sobre la amenaza del CC

Por unanimidad, el total de estudiantes de 2º, 3º y 4º de ESO y del cuerpo docente muestreado, 126 alumnos y 27 docentes, respectivamente, tiene la opinión de que el CC puede ser (Posiblemente sí) o es (Sí) una amenaza. El 16,7 % del alumnado de 2º y 4º de ESO, el 11% de 3 de ESO, y el 7,4% de docentes opinan que posiblemente es una amenaza. La proporción porcentual de quienes opinan que es (Sí) una amenaza es del 83,3%, 88,9% y 92,6% para estos conjuntos, respectivamente.

Opinión sobre el origen humano del CC

En total, 125 alumnos y 27 docentes, correspondientes al 99% de la población entrevistada, tiene la opinión en forma agregada de que el CC puede ser (posiblemente sí) o es (Sí) causado por los seres humanos. El 1% indica que probablemente no es causado por los seres humanos. La población que opina

afirmativamente (Sí) por la causalidad humana del CC es mayoritaria tanto en 2º, 3º y 4º de ESO como en el cuerpo docente, con el 70,4%, 63,0%, 73,3% y 77,8%, respectivamente.

Opinión sobre la inminencia del CC

En total, 118 alumnos de 2º, 3º y 4º de ESO, esto es, entre el 89% y el 100% del alumnado, y 26 profesores, o sea el 96%, opinan que el CC puede estar (Posiblemente sí) o está (Sí) ocurriendo ahora. Nadie en 4º de ESO respondió por la negativa. De 3º de ESO, tan solo 5,5% (2 encuestados) optaron por la negativa (probablemente no y no), sin asociaciones significativas para con las otras variables valoradas por la encuesta. Cabe destacar que en la fase POS estas opiniones se hicieron afirmativas. El curso de 2º de ESO presentó la mayor proporción de quienes opinan que puede no estar (Probablemente no) o no está (No) ocurriendo el CC ahora mismo, con una proporción agregada del 11% (6 encuestados).

Se evaluó, entonces, para el curso de 2º de ESO, la posible asociación del género o del área de preferencia con la opinión sobre la inminencia del CC mediante las tablas de contingencia para las opiniones agregadas por la opción afirmativa y la opción negativa y las variables género y preferencia. El resultado tanto de la prueba de Chi-cuadrado de Pearson como la de Fisher exacta indican que no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula de que las variables son independientes. En cambio, para la asociación entre conocimiento previo y opinión de amenaza, la prueba de Chi-cuadrado da un valor $\chi^2 = 4,0067$ con un valor de probabilidad de $p = 0,04532$ para 1 grado de libertad, y la prueba P exacta de Fisher da un valor de $P = 0,48037$ con un valor de probabilidad $p = 0,03648$. Ambas pruebas rechazan para un $\alpha = 0,05$ la hipótesis nula de que las variables son independientes; por tanto, hay una significativa asociación entre conocimiento previo (éxito y fracaso en las respuestas a las preguntas del cuestionario) y opinión de la inminencia del CC. La frecuencia relativa de éxito entre los que respondieron por la negativa agregada es del 18% contra el 32% de éxito de quienes respondieron por la afirmativa agregada, en consecuencia, a menor conocimiento previo es más probable formar parte del conjunto de quienes niegan la inminencia del CC.

Nivel de desarrollo en los DC de la ciencia del clima

Las Tablas 2 y 3 recogen el promedio de la puntuación obtenida en cada DC por cada grupo (alumnado y profesorado) encuestado junto con el promedio de la frecuencia porcentual de éxito en las respuestas.

De la Tabla 2 es evidente que el alumnado de la ESO obtiene una puntuación alta, superior a 75 pts. de media en el DC1 y el DC6, con un porcentaje de éxito cercano o superior al 60% de media (6 de cada 10 discentes ha acertado las respuestas). En el DC3 la puntuación medio es cercana a 75 pts. aunque el porcentaje de éxitos es menor a 35%, es decir, apenas 7 de 20 miembros de cada grupo-clase en promedio ha acertado las respuestas. En general, se puede afirmar que el alumnado de ESO posee un conocimiento ligeramente superior a satisfactorio, y aceptable tasa de éxito, en los DC el clima de la Tierra (DC1), y el origen humano del CC (DC6) y algo menos que satisfactorio, y baja tasa de éxito, en el tema de albedo y radiación solar (DC3).

Tabla 2

Resultados de la puntuación (Ptos.) promedio y frecuencia de éxitos (%FE) promedio en cada grupo, para las respuestas (P) cuya puntuación promedio dentro de cada dominio de conocimiento (DC) muestra mayormente un conocimiento entre satisfactorio (cercano a 75 pts.) y muy satisfactorio (cercano a 100 pts.).

DC	DC1 - P11		DC3 - P8, P9		DC6 - P12, P16	
Grupo	Ptos.	%FE	Ptos.	%FE	Ptos.	%FE
2°	88,4	66,7	63,7	24,2	77,3	59,3
3°	75,7	58,2	74,0	33,5	79,2	61,1
4°	94,4	83,3	73,3	33,8	83,7	66,7
Docentes	87,0	63,0	78,2	57,4	79,6	59,3
3° POS	-	-	84,2	60,3	-	-

Se evaluó sólo en caso de que la frecuencia de éxito en este curso fuera menor a la mitad del grupo-clase (50%).

La Tabla 3 muestra que, en los DC2, DC5 y DC7, el alumnado presenta una puntuación media cercana a 50 pts. y una frecuencia de éxitos inferior al 25 % (casi 4 de cada 10 discentes ha acertado las respuestas). El peor resultado en frecuencia de éxitos se lo lleva el DC4, con un valor por debajo del 6% en promedio. Es decir, para el alumnado, el nivel de conocimiento relacionado con el DC del balance de energía entre el Sol y la Tierra (DC4) es el más bajo, seguido de los DC relacionados con las consecuencias del CC, los factores claves que determinan cambios de clima en la Tierra y aquellos aspectos relacionados a los GEI.

Tabla 3

Resultados de la puntuación (Ptos.) promedio y frecuencia de éxitos (%FE) promedio en cada grupo, para las respuestas (P) cuya puntuación promedio dentro de cada dominio de conocimiento (DC) muestra mayormente un conocimiento poco satisfactorio (cercano a 50 pts.).

DC	DC2 – P10		DC4 – P13		DC5 – P7, P14		DC7 – P15	
Grupo	Ptos.	%FE	Ptos.	%FE	Ptos.	%FE	Ptos.	%FE
2°	59,0	22,2	61,1	5,6	60,7	18,5	56,5	7,4
3°	53,8	8,3	61,1	2,8	56,4	14,0	57,6	8,3
4°	67,0	22,2	66,6	5,6	64,9	22,3	66,0	22,2
Docentes	63,8	0,0	52,8	3,7	63,3	7,4	77,8	51,9
3° POS	63,8	17,6	75,0	29,6	79,0	45,8	66,2	23,5

Se evaluó sólo en caso de que la frecuencia de éxito en este curso fuera menor a la mitad del grupo-clase (50%).

Por otra parte, el profesorado presenta conocimiento satisfactorio comparable al del alumnado en los mismos DC (DC1, DC3 y DC6), con la mejor percepción en los temas relacionados con el clima de la Tierra (Tabla 2, Docentes). El profesorado también comparte con el alumnado su conocimiento poco

satisfactorio y baja frecuencia de éxito en similares DC. Es llamativo el hecho de que el profesorado presenta una frecuencia de éxito nula en el DC sobre los GEI, incluso los docentes de asignaturas más afines a la ciencia del clima (Tabla 3, Docentes).

Comparación del nivel conocimiento de la ciencia del clima en la fase PRE y POS

A continuación, se evalúan los potenciales cambios en la puntuación y en la frecuencia de éxitos en 3° de ESO entre la fase PRE y la fase POS en aquellos DC que presentaron niveles de conocimiento poco satisfactorios durante la fase PRE. Estos DC son: DC4, DC7 y DC5.

Primero se evalúa la significancia de los cambios en las proporciones de éxito obtenidos para cada pregunta dentro de cada DC. Esto se realiza, por un lado, mediante la prueba de igualdad de proporciones entre ambas fases y, por el otro, mediante la tabla de contingencia de éxitos y de fracasos observados en cada fase. Los resultados se muestran en las Tablas 4 y 5, respectivamente.

En general, es evidente que para el DC4 y la P14 del DC5 el cambio en la tasa de éxitos tras la implementación de la intervención es estadísticamente significativo. El salto del 3% al casi 30% en los éxitos para la P13 del DC4 presenta un nivel de significancia pequeño, a $<0,01$. De igual modo, el aumento de 22% a 79% en la tasa de éxitos para la P14 del DC5 es significativo para niveles de significancia a aún menores. Este prominente incremento en el éxito se aprecia mejor en la Figura 1 que muestra el histograma de frecuencia de puntuación por intervalo de conocimiento para la P14, para cada curso analizado. En la figura es evidente el progreso de conocimiento climático realizado por del curso de 3° ESO tras la intervención.

Asimismo, para la P15 de DC7 en 3° de ESO, el salto del 8% a casi 24% de éxitos es significativo para $\alpha \leq 0,10$ según la prueba Z (Tabla 4) y, con la correspondiente disminución de los fracasos, el salto alcanza a ser significativo para un nivel de significancia cercano a $\alpha = 0,10$ según la prueba P exacta de Fisher (Tabla 5). Por tanto, no se trata de un cambio despreciable. Esto se evidencia en el modesto aumento de la puntuación promedio para la DC7, de 57,6 pts. en la fase PRE a 66,2 pts. en la fase POS (Tabla 3), poniendo de manifiesto también un desarrollo progresivo en el DC7 por parte del alumnado de 3° de ESO.

Tabla 4

H ₀ : Las proporciones son iguales	prop	prop	Z	Valor de p
H _a : Las proporciones son diferente	PRE	POS		
P13, DC4	1/36	10/34	3,060	0,00221*
P15, DC7	3/36	8/34	1,746	0,08081
P7, DC5	2/35	4/33	0,931	0,35190
P14, DC5	8/36	27/34	4,783	1,7e-06*

Proporción de éxito (prop) para cada pregunta (P) en un dominio de conocimiento (DC) antes (PRE) y después (POS) de la intervención. Prueba Z de igualdad de proporciones. Valor de probabilidad (p) de rechazo de la hipótesis nula (H₀) y validación de la hipótesis alternativa (H_a).

* Valores significativos para $\alpha = 0,05$ (5%)

Tabla 5

H ₀ : Las variables son independientes H _a : Hay asociación de las variables	c ²	Valor de p	Gl.	P	Valor de p
P13, DC4	7,46200	0,00630*	1	0,07085	0,00259*
P15, DC7	3,04860	0,15630	1	0,30055	0,10620
P7, DC5	0,25322	0,61480	1	0,44463	0,42120
P14, DC5	20,64500	5,5e-06*	1	0,07778	3,1e-06*

Pruebas de c² de Pearson con corrección con Yates por continuidad y prueba P exacta de Fisher para las tablas de contingencia de doble entrada: éxito/fracaso observado, PRE/POS. Gl.: grados de libertad. Valor de probabilidad (p) de rechazo de la hipótesis nula (H₀) y validación de la hipótesis alternativa (H_a).

* Valores significativos para $\alpha=0,05$ (5%)

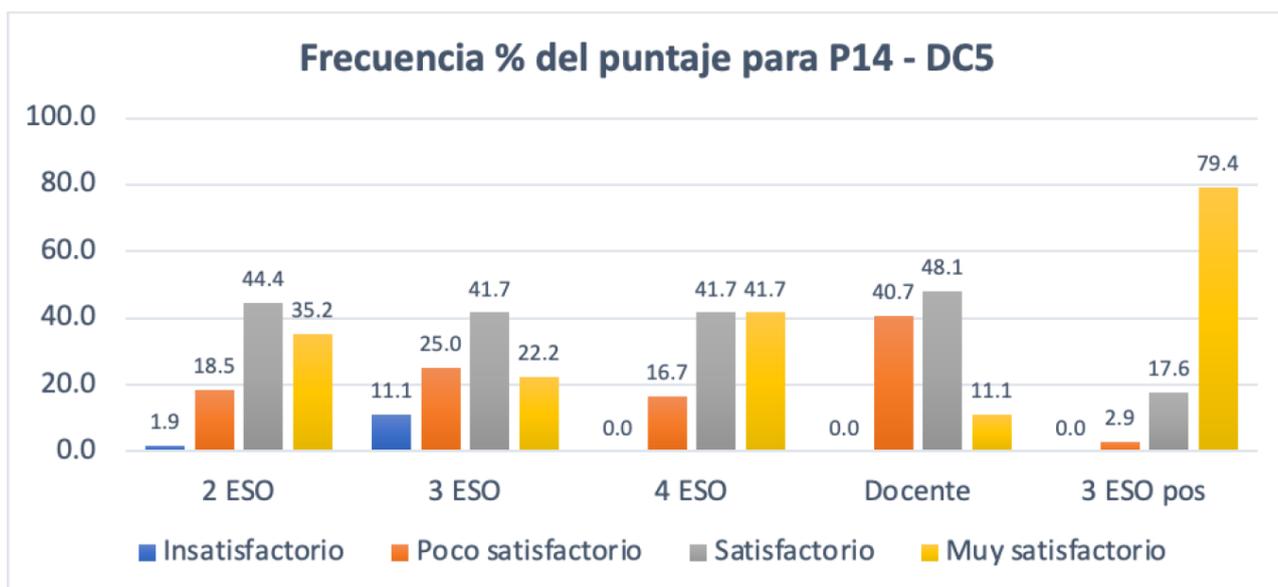


Figura 1

Histograma de frecuencia porcentual de la puntuación obtenido como respuesta a la pregunta P14 del dominio de conocimiento DC5, en intervalos cuartílicos de conocimiento para cada curso de la ESO: 2°, 3° y 4° y el cuerpo docente encuestado.

Con respecto al DC5, cabe destacar que este, además de la P14 testeada, también incluye la P7, que en las pruebas estadísticas para las proporciones observadas de éxito y de la proporción éxito/fracaso aplicadas no ha arrojado resultados significativos (Tabla 4 y Tabla 5). No obstante, se observa que la distribución de puntuación de conocimiento experimenta un interesante incremento entre la fase PRE y POS para 3° de ESO, como queda evidenciado en la Figura 2, escala que se eleva superando incluso a la de los docentes. Este cambio en la distribución de puntuación es perceptible en los cambios en las medianas y en los cuartiles entre la fase PRE y POS. Para probarlo estadísticamente se aplica la prueba Wilcoxon de cambios en las medianas. Previamente debe probarse que las varianzas son similares. Así, la prueba de Filgner-Killeen de homogeneidad de varianzas (H₀: hay homogeneidad de varianzas), arroja un $c^2 = 2,3451$ con un valor de probabilidad $p = 0,1257$ ($gl = 1$), por lo que no se rechaza la H₀ y, por tanto, no hay evidencias en

contra de la igualdad de varianzas. Posteriormente, la prueba de Wilcoxon aplicada a las medianas de la puntuación de la P7 en las fases PRE y POS, arroja un valor del estadístico $V = 102.5$ con una probabilidad $p = 0,00259$. Esto implica un rechazo de la hipótesis de igualdad de las medianas y, por tanto, hay un cambio estadísticamente significativo ($\alpha \leq 0,01$) de las medianas en la distribución de puntuación antes y después de la implementación. Este cambio junto con el salto significativo en la tasa de éxitos para la P14 hace que el DC5 muestre un relevante incremento en la puntuación media, pasando de 56,4 ptos. en la fase PRE a 79,6 ptos. en la fase POS. Esto indica que hay un desarrollo de conocimiento de poco satisfactorio a conocimiento satisfactorio para el grupo-clase de 3° de ESO en este DC, con una tasa de éxitos incrementada del 14% al 46% (Tabla 3).

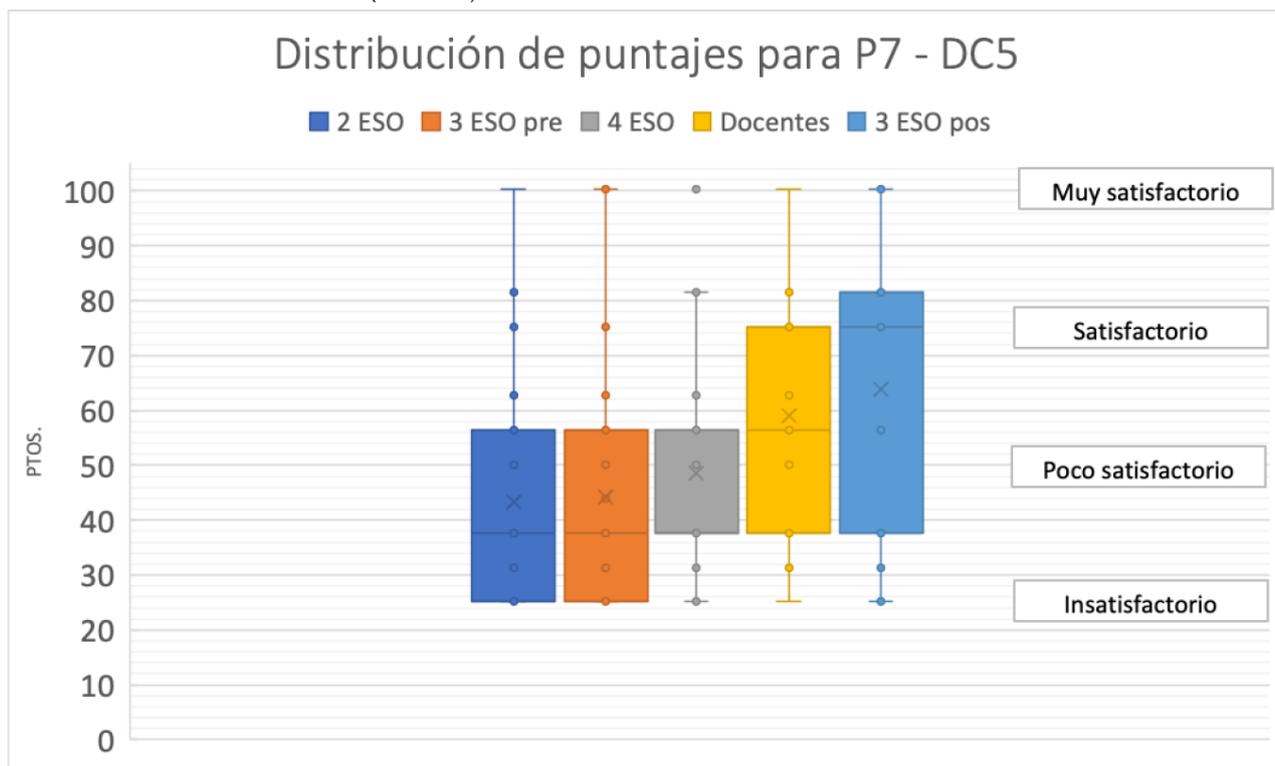


Figura 2

Distribución de puntuación obtenido como respuesta a la pregunta P7 del dominio de conocimiento DC5 para cada grupo-clase y el grupo docente. Mediana (línea horizontal) y media (cruz).

Finalmente, cabe mencionar que el DC2 sobre el funcionamiento de los GEI muestra ligeros aumentos, pero no significativos, en torno al 10% tanto en la puntuación promedio como en la frecuencia % de éxitos (Tabla 3). Incrementos del mismo orden se observaron para el DC3 entre las fases PRE y POS que, para este caso, aun no siendo significativos, como se pasa de niveles de conocimiento satisfactorio, el incremento mejora el desarrollo global, duplicando la tasa de éxitos del 33,5% al 60% (Tabla 2).

Discusión

En coincidencia con otras investigaciones con jóvenes sobre el CC (Bodzin *et al.*, 2014; Özdem *et al.*, 2014) el nivel de conocimiento de la ciencia del clima es predominantemente bajo en el alumnado, existiendo la preminencia de concepciones alternativas (Shepardson *et al.*, 2011). En este estudio también se muestra esta tendencia en el profesorado del centro educativo de Castellón. Existe una puntuación preponderantemente poco satisfactoria y baja frecuencia de éxito por respuesta en varios DC, o áreas clave, de la ciencia climática, así como una puntuación satisfactoria y frecuencia de éxito aceptable en algunos otros DC. Esto vale también para la opinión de la inminencia del CC, la cual es evidente para los grupos-clase de 3° y 4° de ESO y el profesorado, no así para para el grupo-clase de 2° de ESO en el que un 11% del alumnado opina que puede que no o no es está sucediendo el CC ahora.

Para este último curso, se evaluó la posible relación entre las variables género y preferencia con la variable de opinión sobre la amenaza y se obtuvo que no hay asociación significativa entre ellas. En cambio, la asociación entre opinión de inminencia de CC y conocimiento previo sí es significativa. A menor conocimiento previo sobre DC en la ciencia climática mayor es la probabilidad de opinar negativamente de que el CC es algo que está ocurriendo o que puede estar ocurriendo. Esto es consistente con trabajos previos con estudiantes, que muestran que, bajos niveles de comprensión y conocimiento de la ciencia del CC correlacionan directamente con opiniones de despreocupación, no atribución a la componente humana y no inminencia (García-Rodeja y Lima, 2012; Harker-Schuch y Bugge-Hernriksen, 2013; Shepardson *et al.*, 2011). Así como con docentes, donde el profesorado, aunque opina que el CC es un fenómeno real y provocado por la actividad humana, afectará más gravemente a futuras generaciones (Corrochano Fernández *et al.*, 2021).

Si bien es cierto que el conocimiento y la comprensión sobre un tema influyen en la opinión sobre éste, en la opinión convergen otras dimensiones más complejas y no vale la relación inversa (Bord y O'Connor, 1997). Esto parece ser la situación principal del alumnado y el profesorado: si bien presentaron globalmente un bajo conocimiento y comprensión de la ciencia del clima, la opinión generalizada sostiene la importancia CC como una amenaza, que está sucediendo ahora y que los seres humanos somos responsable de ello.

Este dato es muy favorable puesto que el desafío actual en la arena de la educación de la ciudadanía es alinear las opiniones públicas con el consenso científico de la influencia antropogénica del CC y la necesidad de asumir un rol público general en la mitigación y adaptación (Steenjes *et al.*, 2017). Estas opiniones favorables a las acciones pro climáticas evidenciadas en el alumnado y profesorado pueden de alguna manera tener su origen en el ambiente social y comunitario en el que se vive actualmente. Cabe recordar que la encuesta se llevó a cabo a mediados de octubre del 2021, unos quince días antes de la públicamente conocida Cumbre Climática de los países en el ámbito de las Naciones Unidas en la ciudad de Glasgow (COP26) cuando el debate sobre la causas y consecuencias del CC estaban a la orden del día en los medios de comunicación y redes sociales junto a los típicos mitos y la desinformación constante que puede llevar a concepciones alternativas por la difusión del fenómeno en los medios (Ibáñez *et al.*, 2019; Morote *et al.*, 2021; Ranney y Clark, 2016). Emociones negativas como la rabia o el miedo están entre los principales filtros de los adolescentes para compartir información sobre el CC en las redes sociales (Segado-Boj *et al.*, 2020).

Para el profesorado se corrobora en cierta manera otro más de los retos la AC que es la importancia de formar a los docentes. Cabe recordar que el desafío de la falta de formación trae consigo falta de confianza de los docentes para abordar el tema del CC. Los datos relevados muestran que, tanto en el alumnado como en el profesorado, persisten incluso conceptos erróneos de la ciencia del clima, además de la existencia de falta de conocimientos específicos. Por ejemplo, a la P7 sobre ¿Cuáles de estos mecanismos causan cambio de clima en la Tierra? La respuesta incorrecta más frecuente ha sido El aumento del agujero de ozono, respondido por el 52% de los docentes (incluyendo a los de ciencias), idea que es compartida en trabajos previos, tanto por profesores de niveles pre-universitarios (Corrochano Fernández *et al.*, 2021) como alumnos de secundaria (García-Rodeja y Lima, 2012) o alumnos universitarios de diferentes ramas del conocimiento (Meira-Carrea *et al.*, 2018). La otra respuesta incorrecta, que también es un concepto erróneo, es la lluvia ácida, marcada por el 15% de los docentes encuestados. Esto puede ser por las concepciones alternativas que se reproducen en los libros de texto (Reinfried *et al.*, 2012). En concreto, los de FQ para la ESO muestran información escueta sobre CC, lluvia ácida y agujero de ozono (Navarro-Díaz *et al.*, 2020) otorgando el mismo nivel de importancia a cada uno sin distinción de escalas (global, local o hemisférica) y sin discreción de efectos (propiamente en el clima terrestre, o de contaminación local, o de riesgo para la salud).

Tras la intervención sobre el CC en 3º de ESO, tres de los cuatro DC con más bajos niveles de conocimiento en la fase PRE presentaron evidencias significativas de incremento en la frecuencia de éxito de respuestas correctas y de la puntuación media obtenida. El DC5 es el que mayor mejora ha tenido tras el programa, en concordancia con el estudio Varela *et al.* (2020) donde la explicación del aumento del efecto

invernadero como causa del CC fue la que más se incrementó al comparar los resultados del pretest y postest tras una instrucción con alumnado de secundaria.

El que menor progreso ha experimentado es el DC2, con incrementos porcentuales modestos, del orden del 10%, tanto en puntuación como en frecuencia de éxitos, aunque no significativos. La P10 del DC2 ciertamente es una pregunta compleja de la ciencia climática y no basta con una intervención para despejar dudas y aclarar conceptos. En cuanto a las opiniones, las expresiones por la opinión afirmativa se mantuvieron para las opiniones sobre la amenaza y las causas humanas del CC. Es destacable que para la opinión de la inminencia del CC que, en la fase PRE, mostraba la expresión de un 5,5 % del alumnado inclinado por la opinión negativa, pasó a la afirmativa. Es decir, que en la fase POS, la opción afirmativa Quizás y Sí en las tres variables de opinión evaluadas alcanzó el 100% de los encuestados. Es decir, parece que incrementar la AC no sólo puede modificar la opinión, sino que es también el principal motor para el cambio, como precursor del desarrollo de políticas con el objetivo de la mitigación y adaptación al CC.

La opinión formada/educada es movilizadora por su capacidad de generar convicciones motivadoras para el cambio de comportamiento (Harker-Schuch y Bugge-Hernriksen, 2013). Coincidimos con el reciente estudio de García-Vinuesa *et al.* (2022), que establece la necesidad de hacer esta comunicación con imágenes y discursos cercanos a las cuestiones más significativas de la vida cotidiana de los estudiantes, a través de estrategias y prácticas que puedan integrarse en una rutina curricular.

La educación y formación son las únicas herramientas que ellos disponen en esta etapa de sus vidas para solventar la vulnerabilidad a la que estarán expuestos en el futuro. Dar respuestas desde la educación es un imperativo para la sociedad para contribuir a disminuir la necesidades emocionales, psicológicas y fisiológicas de este grupo de edad (Clayton, 2020).

Conclusiones

En este trabajo se realizó un diagnóstico del nivel de AC en el alumnado de 2º, 3º y 4º ESO y en el profesorado de un colegio de Castellón, España. El nivel de conocimiento de la ciencia del clima es predominantemente bajo tanto en el alumnado como en el profesorado. No obstante, existe un sustrato psicológico favorable para la comunicación del conocimiento climático. Los resultados del relevamiento de opiniones evidenciaron la preocupación y ansiedad de estos adolescentes por la crisis climática, en consonancia con la sensibilización y demanda de cambios pro climáticos de sus contemporáneos. Así, la educación y formación surgen como herramientas para solventar la vulnerabilidad a la que estarán expuestos en el futuro.

En cuanto a la evaluación del grado de desarrollo de la AC antes y después de la implementación de una intervención sobre el CC en el alumnado de 3º de ESO, la comparativa de las fases PRE y POS mostró la existencia de mejoras estadísticamente significativas en algunos de los DC de la ciencia del clima, tales como el DC5 (factores claves que determinan el clima) y el DC4 (el albedo). Así, se corroboró la hipótesis de trabajo de que la implementación de un programa de CC produce mejoras en el nivel de conocimiento de la ciencia del clima que posee el alumnado de 3º de ESO en al menos algún área o DC de esta ciencia.

Cabe destacar que no basta con un desarrollo sobre CC para poder despejar todas las concepciones erróneas y abordar los temas complejos de la ciencia del clima. Sería deseable contar con un marco legislativo que permita el desarrollo del tema progresivamente a lo largo de varios cursos de la ESO y el Bachillerato para lograr plenamente el empoderamiento ciudadano del conocimiento climático como vienen marcando estudios de autores previos (García-Vinuesa *et al.*, 2020; García-Vinuesa *et al.*, 2022) habiendo comenzado previamente en la educación primaria (Morote, 2021). Así como considerar entre las estrategias clave para lograr en los estudiantes una mejor comprensión sobre el CC, que es necesario que los profesores tengan en cuenta las ideas previas de los estudiantes y crear situaciones en el aula que las saquen a la luz para que sean reformuladas en sus modelos mentales (Varela *et al.*, 2020).

La principal limitación de este trabajo es que no se trata de una investigación poblacional para extrapolar los resultados respecto al nivel de AC a todos los adolescentes pertenecientes al sistema educativo español y de igual modo, para el nivel de conocimiento de la ciencia climática que presenta el profesorado

encuestado. Se trata de un estudio de caso, en un centro educativo en particular de la zona mediterránea de España, que, no obstante, ha puesto en evidencia que la enseñanza y aprendizaje del CC proporciona un contexto ideal para introducir al alumnado en los sistemas complejos y desordenados del mundo real (Dahlberg, 2001). De esta manera, tiene el valor de ser un estudio orientador que puede ayudar a comprender la complejidad de la temática y la necesidad de tomar también medidas pedagógicas que atiendan al desafío que trae consigo la crisis climática, así como la importancia de educar en los ODS para la educación sostenible de cara al 2030, como sugiere la UNESCO.

Material suplementario

Anexo A (pdf)

Referencias

- Agresti, A. (2007). *An Introduction to Categorical Data Analysis* (2.^a ed.). Wiley-Interscience.
- Andersson, B. y Wallin, A. (2000). Students' understanding of the greenhouse effect, the societal consequences of reducing CO₂ emissions and the problem of ozone layer depletion. *J. Res. Sci. Teach.*, 37(10), 1096-1111. [https://doi.org/10.1002/1098-2736\(200012\)37:10<1096::AID-TEA4>3.0.CO;2-8](https://doi.org/10.1002/1098-2736(200012)37:10<1096::AID-TEA4>3.0.CO;2-8)
- Arnaldo, P. (2021). *El impacto generacional del coronavirus*. Agenda Pública - analistas de la realidad. <https://agendapublica.es/el-impacto-generacional-del-coronavirus/>
- Benestad, R., Nuccitelli, D., Lewandowsky, S., Hayhoe, K., Hygen, H., van Dorland, R. y Cook, J. (2016). Learning from mistakes in climate research. *Theoretical Applied Climatology*, 126, 699-703. <https://doi.org/10.1007/s00704-015-1597-5>
- Bord, R. y O'Connor, R. (1997). The gender gap in environmental attitudes: The case of perceived vulnerability of risk. *Social Science Quarterly*, 78, 830-840.
- Boyes, E. y Stanisstreet, M. (1993). The greenhouse effect-children's perception of causes, consequences and cures. *Int. J. Sci. Educ.*, 15(5), 531-552. <https://doi.org/10.1080/0950069930150507>
- Boyes, E. y Stanisstreet, M. (1997). Children's models of understanding of two major global environmental issues (ozone layer and greenhouse effect). *Res. Sci. Technol. Educ.*, 15(1), 19-28. <https://doi.org/10.1080/0263514970150102>
- Bodzin, A., Anastasio, D., Sahagian, D., Peffer, T., Dempsey, C. y Steelman, R. (2014). Investigating climate change understandings of urban middle-level students. *Journal of Geoscience Education*, 62(3), 417-430. <https://doi.org/10.5408/13-042.1>
- Broadbert, E., Gougoulis, J., Lui, N., Pota, V. y Simons, J. (2017). *What the World's Young People Think and Feel. Generation Z: A Global Citizenship Survey*. Varkey Foundation.
- Brown, L. D., Cai, T. T. y DasGupta, A. (2001). Interval Estimation for a Binomial Proportion. *Statistical Science*, 16(2). <https://doi.org/10.1214/ss/1009213286>
- Clayton S. (2020). Climate anxiety: Psychological responses to climate change. *Journal of Anxiety Disorders*, 74, 102263. <https://doi.org/10.1016/j.janxdis.2020.102263>
- Chopra, R., Joshi, A., Nagarajan, A., Fomproix, N. y Shashidhara, L. S. (2019). Climate Change Education Across the Curriculum. En W. Leal Filho, y S. L. Hemstock (Eds.), *Climate Change and the Role of Education* (pp. 53-70). Springer.
- Conover, W. J., Johnson, M. E. y Johnson, M. M. (1981). A Comparative Study of Tests for Homogeneity of Variances, with Applications to the Outer Continental Shelf Bidding Data. *Technometrics*, 23(4), 351-361. <https://doi.org/10.1080/00401706.1981.10487680>
- Corrochano Fernández, D., Ferrari Lagos, E. R., Andrés Sánchez, S., Fuertes Prieto, M. Ángel, Herrero Teijón, P., Marie Balleger, A., Delgado Martín, L. y Ruiz Méndez, C. (2021). Percepción del profesorado latinoamericano y español sobre el cambio climático: aproximaciones desde un MOOC de formación docente. *Revista de Educación Ambiental y Sostenibilidad*, 3(2), 2604. https://doi.org/10.25267/Rev_educ_ambient_sostenibilidad.2021.v3.i2.2604
- Dahlberg, S. (2001). Using climate change as a teaching tool. *Can. J. Environ. Educ.*, 6(1), 9-17.
- de Vellis, R. F. (2003). *Scale development: Theory and applications*. Sage.
- García-Rodeja, 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., Iglesias, L. y Gradaille, R. (2020). Diferencias de género en el conocimiento y las percepciones del cambio climático entre adolescentes. Metaanálisis. *Pensamiento Educativo*, 57(2), 1-21. <https://doi.org/10.7764/PEL.57.2.2020.5>
- 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>
- Gowda, M. V. R., Fox, J. C. y Magelky, R. D. (1997). Students' understanding of climate change: insights for scientists and educators. *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 78(1), 2232- <https://doi.org/2240.10.1175/1520-0477-78.10.2232>
- Harker-Schuch, I. y Bugge-Henriksen, C. (2013). Opinions and Knowledge About Climate Change Science in High School Students. *AMBIO*, 42(6), 755-766. <https://doi.org/10.1007/s13280-013-0388-4>
- Harker-Schuch, I. (2019). Why Is Early Adolescence So Pivotal in the Climate Change Communication and Education Arena? En W. Leal-Filho, y S. L. Hemstock (Eds.), *Climate Change and the Role of Education* (pp. 279-290). Springer Nature Switzerland AG.
- Harker-Schuch, I. y Watson, M. (2019). Developing a Climate Literacy Framework for Upper Secondary Students. En W. Leal Filho, y S. L. Hemstock (Eds.), *Climate Change and the Role of Education* (pp. 291-318). Springer.
- Harker-Schuch, I. E., Mills, F. P., Lade, S. J. y Colvin, R. M. (2020). CO.peration – Structuring a 3D interactive digital game to improve climate literacy in the 12-13-year-old age group. *Computers y Education*, 144, 103705. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103705>
- Ibáñez, M., Romero, M. y Jiménez, M. (2019). ¿Qué ciencia se presenta en los libros de texto de Educación Secundaria? *Enseñanza de las Ciencias*, 37(3), 49-71. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2668>
- IPCC AR6 WGI. (2021). Summary for Policymakers. En V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, ... B. Zhou (Eds.), *The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 1-41). Cambridge University Press.
- Koulaidis, V. y Christidou, V. (1999). Models of students' thinking concerning the greenhouse effect and teaching implications. *Sci. Educ.*, 83(5), 559-576. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(199909\)83:5<559::AID-SCE4>3.0.CO;2-E](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(199909)83:5<559::AID-SCE4>3.0.CO;2-E)
- Krosnick, J. A., Narayan, S. y Smith, W. R. (1996). Satisficing in surveys: Initial evidence. *New Directions for Evaluation*, 1996(70), 29-44. <https://doi.org/10.1002/ev.1033>
- LeMaster, R., y Blanco, J. (2011). *El Efecto Invernadero* (3.04.00) Simulación en línea. <https://phet.colorado.edu/sims/cheerpj/greenhouse/latest/greenhouse.html?simulation=greenhouseylocale=es>
- Leal Filho, W. y Hemstock, S. L. (2019). Climate Change Education: An Overview of International Trends and the Need for Action. En W. Leal Filho, y S. L. Hemstock (Eds.), *Climate Change and the Role of Education* (pp. 1-18). Springer.
- Lewandowsky, S., Ecker, U., Seifert, C., Schwarz, N. y Cook, J. (2012). Misinformation and its correction: continued influence and successful debiasing. *Psychological Science Public Interests*, 13(3), 106-131.
- Meira-Cartea, P. A., Gutiérrez-Pérez, J., Arto-Blanco, M. y Escosz-Roldán, A. (2018). Influence of academic education vs. common culture on the climate literacy of university students. *Psychology*, 9(3), 301-340. <https://doi.org/10.1080/21711976.2018.1483569>
- Milotay, N. (2020). *Next generation or lost generation? Children, young people and the pandemic*. European Parliament, EPRS - European Parliamentary Research Service. European Union: European Union. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2020/659404/EPRS_BRI\(2020\)659404_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2020/659404/EPRS_BRI(2020)659404_EN.pdf)

- Monroe, M. C., Plate, R. R., Oxarart, A., Bowers, A. y Chaves, W. A. (2017). Identifying effective climate change education strategies: A systematic review of the research. *Environmental Education Research*, 25(6), 791-812. <https://doi.org/10.1080/13504622.2017.1360842>
- Morote, A. F., Campo, B. y Colomer, J. C. (2021). Percepción del cambio climático en alumnado de 4º del Grado en Educación Primaria (Universidad de Valencia, España) a partir de la información de los medios de comunicación. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 24(1), 131-144. <https://doi.org/10.6018/reifop.393631>
- Moya-Segura A., Chaves-Sibaja E. y Castillo-Rodríguez K. (2011). La investigación dirigida como un método alternativo en la enseñanza de las ciencias. *Ensayos Pedagógicos*, 6(1), 115-132. <https://doi.org/10.15359/rep.6-1.7>
- Navarro-Díaz, M., Moreno-Fernández, O. y Riveiro-García, A. (2020). El cambio climático en los libros de texto de Educación Secundaria Obligatoria. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 25(87), 957-985. https://comie.org.mx/v5/sitio/wp-content/uploads/2020/11/RMIE_87.pdf
- Özdem, Y., Dal, B., Öztürk, N., Sönmez, D. y Alper, U. (2014). What is that thing called climate change? An investigation into the understanding of climate change by seventh-grade students. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 23(4), 294-313. <https://doi.org/10.1080/10382046.2014.946323>
- Pruneau, D., Moncton, U., Liboiron, L. y Vrain, E. (2001). People's idea about climate change: a source of inspiration for the creation of educational programs. *Can. J. Environ. Educ.*, 6(1), 58-76.
- Pruneau, D., Gravel, H., Courque, W. y Langis, J. (2003). Experimentation with a socio-constructivist process for climate change education. *Environ. Educ. Res.*, 9(4), 429-446. <https://doi.org/10.1080/1350462032000126096>
- R Core Team. (2018). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for statistical Computing [Software de ordenador de código libre]. R Project. <https://www.R-project.org/>
- Ranney, M. A., y Clark, D. (2016). Climate Change Conceptual Change: Scientific Information Can Transform Attitudes. *Topics in Cognitive Science*, 8, 49-75. <https://doi.org/10.1111/tops.12187>
- Reinfried, S., Aeschbacher, U. y Rottermann, B. (2012). Improving students' conceptual understanding of the greenhouse effect using theory-based learning materials that promote deep learning. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 21(2), 155-178. <https://doi.org/10.1080/10382046.2012.672685>
- Segado-Boj, F., Díaz-Campo, J. y Navarro-Sierra, N. (2020). Emociones y difusión de noticias sobre el cambio climático en redes sociales. Influencia de hábitos, actitudes previas y usos y gratificaciones en universitarios. *Revista Latina*, 75, 245-269. <https://doi.org/10.4185/rlcs-2020-1425>
- Shepardson, D. P., Niyogi, D., Choi, S. y Charusombat, U. (2011). Students' conceptions about the greenhouse effect, global warming, and climate change. *Climatic Change*, 104(3-4), 481-507. <https://doi.org/10.1007/s10584-009-9786-9>
- Stevenson, R. B., Nicholls, J. y Whitehouse, H. (2017). What is climate change education? *Curriculum Perspectives*, 37(1), 67-7. <https://doi.org/10.1007/s41297-017-0015-9>
- Steenjens, K., Pidgeon, N., Poortinga, W., Corner, A., Arnold, A., Böhm, G., Mays, C., Poumadère, M., Ruddat, M., Scheer, D., Sonnberger, M. y Tvinnereim, E. (2017). *European Perceptions of Climate Change: Topline findings of a survey conducted in four European countries in 2016*. Cardiff University.
- UNESCO. (2017). *UNESCO at COP 23. Climate Change Education*. United Nations Education, Science and Culture Organization.
- UNESCO. (2020). *Educación para el Desarrollo Sostenible: hoja de ruta. EDS para 2030*. UNESCO.

- United States Global Change Research Program [USGCRP]. (2009). Climate Literacy: The Essential Principles of Climate Science. https://downloads.globalchange.gov/Literacy/climate_literacy_highres_spanish.pdf
- van del Linden, S., Leiserowitz, A., Rosenthal, S. y Maibach, E. (2017). Inoculating the Public against Misinformation about Climate Change. *Global Challenges*, 1, 1-7. <https://doi.org/10.1002/gch2.201600008>
- Varela, B., Sesto, V. y 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>
- Wilks, D. S. (2011). *Statistical methods in the atmospheric sciences* (4th ed.). Elsevier Academic Press.
- Wolf, J. y Moser, S. (2011). Individual understandings, perceptions, and engagement with climate change: insights from in-depth studies across the world. *WIREs Climate Change*, 2(4), 547-569. <https://doi.org/10.1002/wcc.120>
- Wu, J. S. y Lee, J. J. (2015). Climate change games as tools for education and engagement. *Nature Climate Change*, 5(5), 413-418. <https://doi.org/10.1038/nclimate2566>

Información adicional

Para citar este artículo: Agosta Scarel E., Cuetos Revuelta M.J. (2023) Estudio sobre la importancia de la alfabetización climática en la Escuela Secundaria Obligatoria: un estudio de caso. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 20(3), 3501. doi: 10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2023.v20.i3.3501