



Erroneous Prior Knowledge of the Students in the Subject of Environmental Chemistry

Conocimientos previos erróneos del alumnado en la asignatura de Química del Medio Ambiente¹

Francisco Javier Hoyuelos-Álvaro ^a *, Jaime Ibáñez-Quintana ^b

^a Facultad de Ciencias, Universidad de Burgos, España

<https://orcid.org/0000-0002-1601-3135> fjha@ubu.es,

^b Facultad de Educación, Universidad de Burgos, España

<https://orcid.org/0000-0002-5208-2947> jibanez@ubu.es,

ARTICLE INFO

Keywords

undergraduate student;
environmental education;
questionnaire; chemistry;
environment.

Palabras clave

estudiante universitario de primer
ciclo; educación ambiental;
cuestionario; química; medio
ambiente.

ABSTRACT

The purpose of our study is to check whether the students of the Environmental Chemistry subject of the Degree in Chemistry at the University of Burgos have erroneous prior knowledge of environmental issues before taking the course and whether these conceptual errors are corrected once they have passed the course. For this aim, we surveyed starting the subject (pre-test) and finishing it (post-test) in four academic years (from 15/16 to 18/19), comparing the results of both tests. We have confirmed that a large part of the erroneous prior knowledge is corrected by the end of the subject. Therefore, we recommend the creation of specific environmental subjects in the different educational stages that would contribute to solving the serious environmental problems we are facing.

RESUMEN

El propósito de nuestro estudio es comprobar si el alumnado de la asignatura Química del Medio Ambiente del Grado en Química de la Universidad de Burgos arrastra conocimientos previos erróneos en temas medio ambientales antes de cursar la misma, y si estos errores conceptuales son subsanados una vez superada la asignatura. Para ello llevamos a cabo un cuestionario que se facilitó antes de iniciar la docencia en la materia (pre-test) y una vez concluida la misma (post-test), en cuatro cursos (del 15/16 hasta el 18/19), comparando los resultados de ambas pruebas. En ellas hemos confirmado que se corrigen buena parte de los conocimientos previos erróneos al concluir la asignatura. Por ello, recomendamos la creación específica de asignaturas medioambientales en las distintas etapas educativas, que contribuirían a resolver los graves problemas medioambientales a los que nos enfrentamos.

(*) Autor de correspondencia / Corresponding author

¹ Con el fin de facilitar la lectura del trabajo, en el texto unificamos la distinción de género en masculino en términos tales como la/el profesora/or, universitaria/o, la/el alumna/o, etc. siguiendo los recursos que ofrece la propia lengua española para hacer un uso inclusivo dentro de la norma.

1. Introducción

En febrero del año 2016, 24 investigadores de diferentes áreas y países, encabezados por Colin N. Waters, planteaban en un artículo publicado en la prestigiosa revista *Science*, que:

La actividad humana está dejando una huella generalizada y persistente en la Tierra. Continúa el encendido debate sobre si esto merece ser reconocido como una nueva unidad geológica de tiempo conocida como el Antropoceno. (...) Han aparecido materiales manufacturados en sedimentos, incluyendo aluminio, plásticos (...) y partículas de la combustión de combustibles fósiles (...). Los ciclos del carbono, nitrógeno y fósforo se han modificado sustancialmente en el último siglo. La elevación del nivel del mar y la magnitud de la perturbación humana del sistema climático superan los cambios del Holoceno tardío. (...) Estas [y otras] señales combinadas hacen que el Antropoceno sea estratigráficamente distinto del Holoceno y de épocas anteriores (Waters et al., 2016, p. 2628-1).

Por ello consideramos relevante una mayor concienciación en estos temas medioambientales, que como veremos a continuación, el sistema educativo español lleva atendiendo por medio de la educación ambiental, en mayor o menor grado, desde hace prácticamente 30 años, con un éxito diverso.

1.1. Presencia de la educación ambiental en las leyes educativas

Ya la Constitución Española (1978), en su artículo 45, apartado 1, recoge: “Todos tienen el derecho a disfrutar de un medio ambiente adecuado para el desarrollo de la persona, así como el deber de conservarlo”. Detallando en el apartado 2 del mismo artículo que “Los poderes públicos velarán por la utilización racional de todos los recursos naturales, con el fin de proteger y mejorar la calidad de la vida y defender y restaurar el medio ambiente, apoyándose en la indispensable solidaridad colectiva”.

Fue en la Ley Orgánica de Ordenación General del Sistema Educativo (LOGSE, 1990), cuando la educación medioambiental es atendida por primera vez en la legislación educativa española, como se recoge en el Título Preliminar, Artículo 2, apartado 3, subapartado k), que aboga como principio de la actividad educativa por “la formación en el respeto y defensa del medio ambiente”. En la educación primaria, en el Capítulo II, Artículo 13, subapartado h), una de las capacidades a desarrollar en los niños es la conservación de la naturaleza y del medio ambiente. Mientras en la educación secundaria, en su Capítulo III, Artículo 19, subapartados i) y j), otras de las capacidades a desarrollar por los estudiantes son “valorar críticamente los hábitos sociales relacionados con la salud, el consumo y el medio ambiente” y “conocer el medio social, natural y cultural en que actúan y utilizarlos como instrumento para su formación”.

Por lo que respecta a la Ley Orgánica de Calidad de la Educación (LOCE, 2002), aunque no llegó a aplicarse, era muy poca la atención que prestaba a la educación medioambiental, limitándose a la Educación Secundaria y Bachillerato, en su Capítulo V, Artículo 22, subapartado 2, m) proponía que los alumnos desarrollarán las capacidades de “conocer el entorno social y cultural, desde una perspectiva amplia; valorar y disfrutar del medio natural, contribuyendo a su conservación y mejora”. Y en el Artículo 34, subapartado 2, m) las de “conocer y valorar de forma crítica la contribución de la ciencia y la tecnología para el cambio de las condiciones de vida, así como afianzar la sensibilidad y el respeto hacia el medio ambiente”.

La siguiente ley educativa, Ley Orgánica de Educación (LOE, 2006), mantiene la atención a los temas medioambientales, pero sin llevar a cabo tampoco una gran apuesta por los mismos. En su Título Preliminar, Capítulo I Principios y fines de la educación, Artículo 2, subapartado 1, e) propone “(...) la adquisición de valores que propicien el respeto hacia los seres vivos y el medio ambiente, en particular al valor de los espacios forestales y el desarrollo sostenible”. Para la Educación Secundaria Obligatoria en el Capítulo III, Artículo 23, subapartado k), fue uno de los objetivos “(...) Valorar críticamente los hábitos sociales relacionados con la salud, el consumo, el cuidado de los seres vivos y el medio ambiente, contribuyendo a su conservación y mejora”. Mientras para el Bachillerato, en el Capítulo IV, Artículo 33, subapartado j), el objetivo era “(...) afianzar la sensibilidad y el respeto hacia el medio ambiente”. Y en su Artículo 34 ter., referente a la organización del segundo curso de Bachillerato, regula y programa como posible materia cursable el bloque de “Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente”.

En la anterior ley educativa, Ley Orgánica para la Mejora de la Calidad Educativa (LOMCE, 2013), solamente aparece citado el “Medio Ambiente” en su Artículo 34 ter, a la hora de abordar la organización del segundo curso de Bachillerato.

El Real Decreto 1105/2014 (BOE, 2014), en el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato, recoge en su Artículo 6, Elementos transversales, en el punto 2 del mismo, que “Los currículos de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato incorporarán elementos curriculares relacionados con el desarrollo sostenible y el medio ambiente (...)”. En su Artículo 11, Objetivos de la Educación Secundaria Obligatoria, subapartado k), se menciona “(...) Valorar críticamente los hábitos sociales relacionados con la salud, el consumo, el cuidado de los seres vivos y el medio ambiente, contribuyendo a su conservación y mejora”. Y en su Artículo 25, Objetivos del Bachillerato, en el subapartado j), aboga por “(...) desarrollar en los alumnos y las alumnas las capacidades que les permitan (...) afianzar la sensibilidad y el respeto hacia el medio ambiente”.

La última ley educativa, Ley Orgánica de modificación de la LOE (LOMLOE, 2020), en su Preámbulo recoge: “Por ello han de promover una cultura de la sostenibilidad ambiental, de la cooperación social, desarrollando programas de estilos de vida sostenible y fomentando el reciclaje y el contacto con los espacios verdes”, e introduce varias modificaciones a la ley anterior en las que la sostenibilidad medioambiental y aspectos relacionados con la misma aumentan su importancia y relevancia, destacando la modificación incluida en el título del Artículo 110, que pasa a llamarse “Accesibilidad, sostenibilidad y relaciones con el entorno” y en el que añade, sobre el tema que nos ocupa, el apartado 3 que recoge:

Con el fin de promover una cultura de la sostenibilidad ambiental y de la cooperación social para proteger nuestra biodiversidad, las Administraciones educativas favorecerán, en coordinación con las instituciones y organizaciones de su entorno, la sostenibilidad de los centros, su relación con el medio natural y su adaptación a las consecuencias derivadas del cambio climático. Asimismo garantizarán los caminos escolares seguros y promoverán desplazamientos sostenibles en los diferentes ámbitos territoriales, como fuente de experiencia y aprendizaje vital.

Desde nuestro punto de vista, fue la LOGSE (1990) la primera ley que claramente apoyó la educación ambiental, mientras que en las posteriores leyes educativas echamos en falta una apuesta más contundente en el apoyo a la misma, tanto en la enseñanza obligatoria como en el Bachillerato, cuando las realidades que estamos viviendo, como consecuencia del cambio climático y del calentamiento global, dejan bien a las claras la necesidad de abordarlo con mucha mayor valentía y firmeza. Cabe destacar que la actual ley educativa, LOMLOE (2020), sí que parece apostar, de un modo más decidido, por la educación ambiental, pero habrá que esperar a los próximos años para comprobar en qué se concreta realmente esta percepción.

En relación a la legislación universitaria, tanto la Ley Orgánica de Universidades (LOU, 2001), como la Ley Orgánica por la que se modifica la Ley Orgánica de Universidades (LOMLOU, 2007), establecían en su Título XIV, Artículo 92, que “las universidades (...) propiciarán la realización de actividades e iniciativas que contribuyan al impulso de la cultura de la paz, el desarrollo sostenible y el respeto al medio ambiente, como elementos esenciales para el progreso solidario”. Estas leyes no detallan cómo llevar a cabo dichas actividades e iniciativas, sino que son los planes de estudio de las distintas titulaciones y universidades los que lo concreten, por lo que consideramos que tampoco las leyes universitarias educativas han apoyado claramente la educación medioambiental en el grueso de las titulaciones.

Sí que queremos destacar, esperanzados, que actualmente la Ley de Cambio Climático y Transición Energética (2021) recoge en su Título VIII, Artículo 35, apartado 2, que:

El Gobierno revisará el tratamiento del cambio climático y la sostenibilidad en el currículo básico de las enseñanzas que forman parte del Sistema Educativo de manera transversal, incluyendo los elementos necesarios para hacer realidad una educación para el desarrollo sostenible. Asimismo el Gobierno, en el ámbito de sus competencias, impulsará las acciones que garanticen la adecuada formación del profesorado en esta materia. El Gobierno promoverá que las universidades procedan a la revisión del tratamiento del cambio climático en los planes de estudios conducentes a la obtención de títulos universitarios oficiales en los que resulte coherente conforme a las competencias inherentes a los mismos, así como la formación del profesorado universitario en este ámbito.

2. La educación ambiental en el aula

Una vez analizada la legislación al respecto, pasamos a revisar algunas de las distintas experiencias llevadas a cabo sobre la educación ambiental en el aula, desde la perspectiva del profesorado, del alumnado, así como diversas experiencias didácticas.

2.1. Las percepciones del profesorado

Novo y Murga (2010) consideran básico que sea la educación ambiental quien dé respuesta al desafío de construir una sociedad sostenible, para lograr disminuir los impactos humanos sobre el planeta. Por su parte, Calafell y Bonil (2014) conciben la educación ambiental como un sistema complejo, que exige la relación indispensable entre la formación del profesorado y el desarrollo de una competencia investigadora en esta disciplina.

Centrándonos en el ámbito universitario, Ull et al. (2010) detectaron a través de un cuestionario distribuido al profesorado de la Universidad de Valencia, que los docentes de la misma presentaban carencias en sus conocimientos medioambientales, llegando a la conclusión de que es necesaria una formación para el profesorado en su conjunto mucho más completa en temas de sostenibilidad, y concretamente en los aspectos medioambientales. Posteriormente, Ull et al. (2014) facilitan una nueva encuesta, basada en el cuestionario anterior, al profesorado que impartía docencia en la Escuela de Magisterio «Ausias March» de la Universidad de Valencia, de la que se desprende que estos docentes tienen una mayor conciencia en sostenibilidad y educación medioambiental, pero sigue siendo necesario el trabajo sobre estos temas en aspectos como la orientación y el diseño de recursos que sirvan para adaptar los conocimientos medioambientales a su aplicación didáctica en las propias asignaturas. Recientemente, y siguiendo con los grados de Educación, Álvarez-García et al. (2018) evalúan durante el mismo curso académico las competencias ambientales del profesorado en formación inicial de primer y cuarto curso del Grado de Maestro/a en Educación Primaria en la Universidad de las Islas Baleares. Coincidiendo con las conclusiones del estudio de Ull et al. (2014), estos autores también detectan que este futuro profesorado tiene una conciencia ambiental alta, pero no las suficientes competencias ambientales requeridas para llevar a cabo una labor docente adecuada en su próxima incorporación a las aulas como educadores. Cebrián y Junyent (2014), siguiendo en el ámbito de la formación de maestros de Educación Primaria y mediante un cuestionario contestado por los estudiantes de tercer curso, coinciden con los artículos anteriores en la necesidad de que los futuros maestros logren las competencias profesionales que les posibiliten enfrentarse a los retos de sostenibilidad que se encontrarán durante su labor como docentes, destacando la necesidad de plantear procesos de ambientalización curricular en su formación universitaria.

Por lo que respecta al futuro profesorado de Enseñanza Secundaria de la especialidad de Física y Química, Mascarell y Vilches (2016) destacan la necesidad de formación en Química Verde para colaborar a construir un futuro sostenible desde las propias aulas, revertiendo ello en una ciudadanía responsable. Calero et al. (2019), estudiando la presencia, o no, de la educación para la sostenibilidad, en las guías docentes del Máster Universitario en Profesorado de Educación Secundaria de la Universidad de Valencia, detectan que la atención a la misma es muy escasa e insuficiente, aun siendo conscientes de las muy graves consecuencias medioambientales que está trayendo consigo no aplicar la sostenibilidad.

2.2. Las experiencias del alumnado

En lo que atañe al punto de vista de los estudiantes universitarios sobre sus percepciones sociales del cambio climático y sus consecuencias, Fernández et al. (2011) llevaron a cabo un estudio con una muestra de 506 estudiantes en la Universidad de Granada, en el que concluían que era necesario lograr graduados con perfil científico y maestros con un pensamiento crítico y mejor formación sobre la problemática medioambiental. Siguiendo con el desarrollo del pensamiento crítico por parte del alumnado en cuestiones sociocientíficas, Torres y Solbes (2016), planteando una intervención en el aula, con su consiguiente lectura de distintas fuentes, trabajos de discusión y debates, lograron que los estudiantes propusieran explicaciones más fundamentadas para valorar y reflexionar adecuadamente sobre las cuestiones ambientales en la sociedad.

Dentro de la etapa de la Educación Secundaria Obligatoria y el Bachillerato, Lupión y Prieto (2014) abordaron con estudiantes de 16 a 18 años el tema de la calidad del aire en las ciudades, y realizando actividades sobre este problema real y cercano, consiguieron que el alumnado reflexionara desde una perspectiva personal y social, fomentando su capacidad crítica y compromiso ético ante estos temas. Por el contrario, Jaén y Barbudo (2010), en su trabajo con estudiantes de Secundaria y Bachillerato de un instituto murciano, valoraron la evolución de las percepciones medioambientales de sus alumnos, no encontrando cambios significativos en las mismas desde el inicio al final de curso en ninguno de los niveles estudiados. Por lo que propusieron pasar de una educación de contenidos eminentemente teóricos a otra articulada con actividades que posibiliten inquietudes e implicación, habilitando a los estudiantes para hacer frente a los problemas medioambientales y concienciándoles de que mediante sus conductas pueden colaborar en la solución de los mismos. Coincidiendo con este mismo enfoque, Pérez-Franco et al. (2018) planteaban un estancamiento en

las actitudes medioambientales del alumnado de secundaria en España, a pesar del cambio de leyes educativas, temiéndose que así continúe mientras sigan dominando los contenidos sobre las actitudes, emociones y conductas ecológicas.

En el contexto internacional mexicano, Bello Benavides et al. (2021), en la etapa de Bachillerato, llegaron a la conclusión de que la conceptualización del cambio climático está sustentada en las opiniones obtenidas de internet y medios de comunicación, más que de verdadera información científica trabajada en el ámbito educativo. Lo que tiene como consecuencia que en ocasiones se manejen informaciones erróneas, que confunden problemas causados por el cambio climático y otros exclusivamente medioambientales. Para resolver dichas confusiones proponen profundizar en el estudio de los temas del cambio climático y de las cuestiones medioambientales, de un modo más amplio en el currículum educativo.

Por su parte, Pérez-Mora y Gértrudix-Barrio (2020) estudiaron el grado de concienciación y sensibilización de profesores y alumnado de Educación Infantil y Primaria en la efectividad de las estrategias de educación ambiental abordadas en estas etapas educativas. Deducían al respecto un mayor interés en los problemas medioambientales, aunque en su opinión los conocimientos conceptuales de los docentes sí eran los suficientes, no podía decirse lo mismo a la hora de llevarlos a la práctica. Asimismo, pudieron comprobar que el trabajo con la educación medioambiental resultaba motivador y reforzaba el compañerismo entre el alumnado en su aprendizaje dentro del aula.

2.3. Experiencias didácticas

En este apartado nos acercamos a algunos ejemplos de metodologías o instrumentos didácticos utilizados para trabajar aspectos de educación medioambiental en las distintas etapas educativas.

En el caso de la universidad, Torres-Porras y Arrebola (2018) abordan los problemas medioambientales con su alumnado del Grado de Educación Primaria, elaborando una maqueta de una ciudad sostenible. Para ellos el camino para lograr el desarrollo sostenible pasa siempre por la educación ambiental, en la que los futuros docentes son los responsables de despertar la actitud crítica y la participación al respecto en sus estudiantes. En este mismo grado, Jaén et al. (2019) estudiaron con su alumnado el problema de la contaminación por plásticos y otros residuos en los mares, llegando a la conclusión los propios estudiantes de que son numerosas actividades humanas la causa de dicha problemática medioambiental, planteando como verdadera solución un consumo mucho más reducido y responsable de materiales plásticos. Por otro lado, Petre et al. (2014) emplean un portafolio interdisciplinar del alumnado como metodología de evaluación en el tercer curso del Grado de Ciencias Ambientales, trabajando aspectos de contaminación atmosférica, meteorología y climatología.

Haciendo referencia a la etapa de Secundaria, Marques y Reis (2017) trabajaron con estudiantes de entre 12 y 13 años el tema de la contaminación ambiental por medio de vídeos digitales, elaborados y difundidos por los propios alumnos, tratando de incentivar en ellos su capacidad de acción y conciencia ciudadana. Con tecnologías todavía más novedosas, como son las de los juegos online, Ouariachi et al. (2017), afrontan el tema del cambio climático, logrando que los estudiantes desarrollen su pensamiento crítico y propongan posibles soluciones. Por último, recomendamos la Guía de recursos educativos sobre Cambio climático (Centros RECIDA, 2020), que recopila materiales para las etapas de Educación Infantil, Primaria y Secundaria, tanto para el alumnado como para el profesorado.

2.4. Evaluación de los errores conceptuales en el ámbito medioambiental

A pesar de que la educación medioambiental, como hemos visto, está presente en mayor o menor grado, tanto en las leyes educativas como en las experiencias de aula de los distintos niveles formativos, el alumnado continúa presentando carencias educativas en temas medioambientales, que entre otras cuestiones se manifiestan en los conocimientos previos erróneos. Al respecto, en el contexto nacional, Etxepeteleku et al. (2018) trabajaron la búsqueda de nociones engañosas en la Educación Secundaria en el País Vasco, mediante un cuestionario abierto sobre el cambio climático, para evaluar los gases de efecto invernadero y su origen, las consecuencias del cambio climático y el efecto invernadero. Además, analizaron los cinco libros de texto más utilizados en la comunidad autónoma, localizando vacíos conceptuales sobre el cambio climático. Tanto en el cuestionario como en el análisis de los libros de texto fueron muy numerosos los errores encontrados, lo que hace necesario que sean corregidos para alcanzar una adecuada educación ambiental con la que abordar el cambio climático. Por lo que respecta al contexto internacional, en el ámbito universitario, Kerr y Walz (2007) plantearon un

cuestionario y cuatro ejercicios para detectar y corregir errores conceptuales de los estudiantes en la química ambiental atmosférica, concretamente en los temas de los gases de efecto invernadero, ozono estratosférico y ozono troposférico. Por su parte, Versprille y Towns (2015) propusieron entrevistas a través de un cuestionario a estudiantes universitarios en la asignatura Química General para comprobar la correcta comprensión sobre el cambio climático y la química relacionada con el mismo. Los resultados del análisis indicaron que los estudiantes confundían el efecto invernadero, el calentamiento global y la capa de ozono. Más recientemente esta misma autora ha evaluado nuevamente los conocimientos de los estudiantes sobre química y conceptos de ciencias del clima relacionados con el cambio climático, detectando, además de las anteriores, las siguientes áreas de confusión: radiación electromagnética, funcionamiento de los gases de efecto invernadero, agotamiento estratosférico del ozono, e incluso en las soluciones propuestas para moderar los efectos del cambio climático (Versprille et al., 2017).

Por otro lado, Flener-Lovitt (2014) para rebatir los conceptos erróneos sobre el cambio climático que se encuentran habitualmente en los medios de comunicación y en la política, impartió un curso utilizando el contexto socio-científico del cambio climático para enseñar principios químicos y la naturaleza de la ciencia. La idea del mismo era que los estudiantes utilizaran los fundamentos de la agnotología, consistente en “el estudio de la ignorancia o duda culturalmente inducida, especialmente a la publicación de datos científicos erróneos o tendenciosos” (Wikipedia, 2019). Otra de las finalidades del curso era también la realización de un proyecto de aprendizaje-servicio con el que elaborar materiales formativos para un centro de ciencias que explicaba los conceptos erróneos más comunes sobre el cambio climático. Recientemente, Perales (2020) planteaba que los medios de comunicación conforman la fuente de información medioambiental fundamental en la que se basa la ciudadanía, pero en numerosas ocasiones conllevan también aspectos negativos, que no posibilitan una correcta formación; por ello realizó una serie de propuestas didácticas, en aspectos tales como consumismo, contaminación, deforestación, biodiversidad, etc., para trabajarlas transversalmente en asignaturas como Ciencias Sociales, Ciencias de la Naturaleza, Matemáticas, Lengua, Tecnología, etc., de los currículos oficiales de la educación básica.

3. Metodología y Análisis

3.1. Objetivo

El objetivo de esta investigación es detectar, antes de cursar la asignatura Química del Medio Ambiente, los errores conceptuales que nuestro alumnado presenta sobre distintas cuestiones relacionadas con el cambio climático, el calentamiento global, los gases de efecto invernadero, el ozono y la contaminación atmosférica; y posteriormente contrastar si estos errores persisten una vez cursada la asignatura. Por ello, hemos hecho coincidir el pre-test y el post-test, ya que nuestra intención no es la de calificar la asignatura con este cuestionario, sino comprobar que los errores conceptuales hayan sido subsanados una vez cursado el total de la misma. La asignatura y los conocimientos adquiridos en esta serán valorados con sus pruebas específicas de evaluación.

3.2. Muestra

Los participantes del estudio han sido el alumnado matriculado en la asignatura Química del Medio Ambiente, materia optativa del Grado en Química, con 6 créditos ECTS de 4^º curso, en su primer bloque titulado “Química ambiental de la atmósfera”. Este se ha realizado durante cuatro cursos académicos consecutivos (del 2015/16 al 2018/19) en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Burgos. En el curso 2019/20 esta asignatura ya fue impartida por otros docentes, por lo que dejaron de recogerse datos para este estudio.

Para no cometer posibles sesgos en los resultados, se comunicaron instrucciones precisas sobre cómo llevar a cabo la cumplimentación de los cuestionarios por parte de los estudiantes. No fueron facilitados los resultados del pre-test al alumnado, para evitar que a la hora de cumplimentar el post-test ya conocieran las respuestas correctas, lo que hubiera falseado los resultados. Se obtuvo una muestra válida total de 42 cuestionarios de pre-test y post-test por parte de los mismos estudiantes, teniendo en cuenta que el número de estudiantes en cada curso fue distinto. Con anterioridad habían sido eliminados aquellos cuestionarios en los que los mismos estudiantes no habían cumplimentado pre-test y post-test.

3.3. Características del cuestionario

El cuestionario que utilizamos está basado en el artículo de Kerr y Walz (2007). Además de la traducción, se han incluido modificaciones en el número y contenido de algunas preguntas utilizadas. También se llevó a cabo la cumplimentación previa del cuestionario con tres estudiantes del Grado en Química, para poder validarlo y comprobar la correcta comprensión del mismo, detectando los posibles fallos que fueron subsanados en el cuestionario definitivo que se utilizó para el trabajo.

3.4. Recogida y análisis de datos

El cuestionario fue facilitado al alumnado por el profesor responsable de la asignatura el primer día de clase de la misma (pre-test), antes de iniciar cualquier tipo de explicación sobre la materia de esta, ni sobre el primero de los bloques, correspondiente a la "Química ambiental de la atmósfera". Este mismo cuestionario volvió a ser cumplimentado por los estudiantes (post-test), nuevamente por el profesor responsable de la asignatura, el último día de docencia en el bloque anteriormente citado. Tanto pre-test como post-test fueron rellenados voluntaria y anónimamente por los participantes del estudio. Con ello pretendíamos comparar los resultados obtenidos entre pre-test y post-test, para evidenciar si se habían corregido los conceptos erróneos iniciales, que se hubiesen detectado en el pre-test, comprobando de este modo si se producían diferencias estadísticamente significativas entre ambos (Tabla 1).

El cuestionario consta de 12 preguntas, 10 de las mismas cerradas, 1 abierta y otra de escala tipo Likert, en el que se les plantean cuestiones sobre el calentamiento global, efecto invernadero, agujero de la capa de ozono y sus efectos, y contaminación atmosférica. En dichas preguntas debían elegir la afirmación que ellos consideraban correcta, habitualmente entre cuatro o cinco posibilidades distintas (Anexo 1).

Tabla 1. Ficha técnica del estudio

Universo	Estudiantes matriculados en la asignatura Química del Medio Ambiente de cuarto curso del Grado en Química
Muestreo	No probabilístico
Cuestionario	Autoadministrado
Tasa de respuesta	100 %
Recogida de datos	Autores del estudio
Programa de análisis de datos	PSPP 3

4. Resultados

Nuestros datos recopilan información de cuatro cursos académicos, del 2015-16 al 2018-19, y en dos momentos de los mismos. En el pre-test los estudiantes cumplimentan el cuestionario el primer día de clase, sin haber recibido ninguna información sobre los contenidos que se abordaron a lo largo de la asignatura, pero con sus conocimientos adquiridos durante su formación académica anterior y con su cultura al respecto de estas cuestiones medioambientales. En el post-test se volvió a facilitar el mismo cuestionario, habiendo ya cursado todos los contenidos de la materia. De este modo pudimos comprobar los conocimientos que ya se poseían, y si hubo un aumento significativo de los mismos al cursar la asignatura.

En relación a la pregunta abierta del cuestionario (pregunta 8) "¿Qué es el smog y qué factores contribuyen a su formación?" la hemos categorizado como correcta (1) e incorrecta (0), siendo bastante flexibles a la hora de considerarla correcta, siempre que faciliten una definición próxima y alguno de los factores; e incorrecta cuando no fue contestada, o cuando no facilitaban una definición próxima o alguno de los factores.

En el pre-test del curso 2016-17 al dar respuesta a la definición del smog muchos incluían solamente al CO_2 , por lo que se consideraron incorrectas las que hacían referencia a dicho gas. Por el contrario, en el post-test del mismo curso, varias respuestas ya citaban a los gases verdaderamente implicados en el smog (NO_2 , NO , SO_2 , etc.).

4.1. Análisis de los resultados

Para poder apreciar las diferencias entre los resultados del pre-test y del post-test de las doce cuestiones, compararemos entre los cuatro cursos académicos, destacando la evolución de los aciertos entre los distintos años.

Empezamos en la Tabla 2, recogiendo los resultados promedio de la cuestión 1 de los pre-test y post-test y la diferencia estadísticamente significativa (SIG) durante los cursos académicos atendidos, entendiendo que se considera diferencia estadísticamente significativa cuando el valor de SIG es menor que el nivel de probabilidad (0,05). La puntuación máxima sería el 6, que correspondería a la respuesta de totalmente de acuerdo.

Tabla 2. Cuestión 1 del pre-test, post-test y diferencia estadísticamente significativa (SIG).

Cuestión 1	Curso académico			
	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19
Media Pre-test	5,71	5,44	5,67	5,83
Media Post-test	6,00	5,75	5,67	6,00
SIG	,04	,02	1,0	,36

De la misma se deduce que los estudiantes están totalmente de acuerdo en que el calentamiento global es un problema medioambiental importante, dada la proximidad al 6 que se mantiene en todo momento. En los dos primeros cursos académicos todavía aumenta más la importancia en el post-test, presentando en ambos diferencia estadísticamente significativa; en el tercer curso no varía y en el cuarto curso mejora ligeramente el post-test, aunque estos dos últimos cursos no presentan diferencia estadísticamente significativa.

En la Tabla 3 hemos recogido el porcentaje de respuestas correctas de las cuestiones 2 a 12 de los pre-test y post-test, y su diferencia significativa (SIG), durante los cuatro cursos académicos.

Tabla 3. Cuestiones de la 2 a la 12 del pre-test, post-test y diferencia estadísticamente significativa (SIG) para los cuatro cursos

	Curso académico				Curso académico				Curso académico			
	15/16	16/17	17/18	18/19	15/16	16/17	17/18	18/19	15/16	16/17	17/18	18/19
	Cuestión 2				Cuestión 3				Cuestión 4			
Tasa de aciertos Pre-test (%)	42,86	31,25	0	50,00	64,29	87,50	50,00	66,67	78,57	68,75	83,33	83,33
Tasa de aciertos Post-test (%)	71,43	87,50	83,33	83,33	78,57	87,50	66,67	100	85,71	87,50	100	100
SIG	,04	,001	,004	,18	,17	1	,61	,18	,58	,19	,36	,36
	Cuestión 5				Cuestión 6				Cuestión 7			
Tasa de aciertos Pre-test (%)	35,71	50,00	16,67	0	50,00	50,00	66,67	33,33	71,43	75,00	50,00	66,67
Tasa de aciertos Post-test (%)	71,43	93,75	100	83,33	57,14	87,50	66,67	83,33	78,57	81,25	83,33	83,33
SIG	,02	,01	,004	,004	,34	,03	1	,08	,58	,72	,36	,363
	Cuestión 8				Cuestión 9				Cuestión 10			
Tasa de aciertos Pre-test (%)	57,14	18,75	0	33,33	85,71	87,5	50,00	66,67	35,71	18,75	33,33	16,67
Tasa de aciertos Post-test (%)	71,43	56,25	50,00	66,67	92,86	93,75	83,33	83,33	64,29	62,50	66,67	83,33
SIG	,17	,03	,07	,36	,34	,58	,36	,36	,04	,03	,36	,03
	Cuestión 11				Cuestión 12-a				Cuestión 12-b			
Tasa de aciertos Pre-test (%)	85,71	81,25	33,33	50,00	92,86	81,25	83,33	83,33	14,29	12,50	16,67	33,33
Tasa de aciertos Post-test (%)	92,86	87,50	100	66,67	100	100	83,33	100	64,29	68,75	66,67	50,00
SIG	,34	,58	,03	,36	,34	,08	1	,36	,003	,001	,20	,36

Cuestión 2. Comprobamos que mayoritariamente el alumnado ha aumentado sus conocimientos, ya que en los cuatro cursos el porcentaje de aciertos en el post-test es mayor, presentando diferencias estadísticamente significativas en los tres primeros cursos.

Cuestión 3. En esta cuestión también comprobamos que el porcentaje de aciertos es más alto en todos los cursos en el post-test, salvo en el año 16/17 que se mantiene igual, pero con valores elevados en todos ellos. No existen diferencias estadísticamente significativas en ninguno de los cursos.

Cuestión 4. El alumnado ha aumentado sus conocimientos, ya que en los cuatro cursos el porcentaje de aciertos en el post-test es mayor que en el pre-test, no presentando diferencias estadísticamente significativas en ninguno de los cursos.

Cuestión 5. Confirmamos que el alumnado ha aumentado notablemente sus conocimientos al respecto de esta cuestión en los cuatro cursos abordados, presentando diferencias estadísticamente significativas en los cuatro cursos.

Cuestión 6. Podemos confirmar que mayoritariamente el alumnado ha aumentado sus conocimientos, presentando diferencias estadísticamente significativas en el curso 16/17.

Cuestión 7. El alumnado ha aumentado sus conocimientos en los cuatro cursos, no presentando diferencias estadísticamente significativas en ninguno de los mismos.

Cuestión 8. La cuestión 8 es una pregunta abierta, por lo que consideramos que les resultó un poco más difícil a los estudiantes su respuesta, de ahí el bajo porcentaje de acierto en el pre-test de los tres últimos cursos. Por lo que respecta al post-test el número de aciertos aumentó en los cuatro cursos. El curso 2016/17 presenta diferencias estadísticamente significativas.

Cuestión 9. Comprobamos que mayoritariamente el alumnado ha aumentado sus conocimientos al respecto de estas cuestiones en los cuatro cursos abordados, no presentando diferencias estadísticamente significativas en ninguno de los mismos.

Cuestión 10. Esta cuestión les resultó compleja, como podemos comprobar dado el bajo porcentaje de aciertos que presenta el pre-test de todos los cursos. En el post-test se evidencia el aumento de sus conocimientos, ya que todos los años aumentaron considerablemente los aciertos. El curso 2017/18 no presenta diferencias estadísticamente significativas.

Cuestión 11. Comprobamos que mayoritariamente el alumnado ha aumentado sus conocimientos al respecto de estas cuestiones en los cuatro cursos abordados. Nos resulta curioso cómo los dos primeros años el número de aciertos en el pre-test es superior al de los dos cursos siguientes, pero no somos capaces de encontrar una razón objetiva que lo explique. Nuevamente, como sucedía en la cuestión anterior, únicamente el curso 2017/18 presenta diferencias estadísticamente significativas.

Cuestión 12-a. En esta cuestión de un modo generalizado podemos confirmar que el alumnado ya dominaba los conocimientos correctos de la misma. Aun con ello, mayoritariamente en el post-test se aumentó el número de aciertos, salvo en el curso 2017/18 que se mantuvo igualado con el pre-test. No presenta diferencias estadísticamente significativas en ninguno de los cuatro cursos.

Cuestión 12-b. Claramente en el pre-test todos los años el porcentaje de acierto fue bajo, por lo que podemos deducir que este conocimiento no se traía dominado, y de un modo generalizado sus conocimientos aumentaron como comprobamos en el post-test de los cuatro cursos. Presenta diferencias estadísticamente significativas en los dos primeros cursos.

5. Discusión y Conclusiones

El estudio de los resultados demuestra que el alumnado ha trabajado y asimilado distintos conceptos de educación medioambiental a lo largo de su formación educativa y de la información recibida a través de los medios de comunicación, pero son numerosos los errores conceptuales que persisten al respecto. Todo ello, a pesar del esfuerzo por trabajar la educación ambiental que se ha llevado a cabo en las distintas etapas educativas, aunque el éxito no ha sido muy generalizado, por lo que se debe continuar insistiendo, ya que consideramos que en ello nos jugamos la supervivencia de nuestro planeta. Por todo esto, recomendamos que se siga profundizando de un modo más sistemático y amplio en la enseñanza de las cuestiones medioambientales a lo largo de todo el currículum formativo de los estudiantes, para lo que es indispensable que la actual ley educativa, y las posteriores, apoyada también en la nueva Ley de Cambio Climático y Transición Energética, apuesten decididamente por la creación específica de asignaturas medioambientales en las distintas etapas de su formación, mientras se continúa trabajando en estos temas transversalmente en el resto de las asignaturas.

Cuando hemos comparado los resultados del pre-test y del post-test, de un modo generalizado, salvo puntuales excepciones, hemos comprobado que el trabajo en el aula a lo largo de la asignatura ha posibilitado el aprendizaje de nuevos conceptos, y ha conseguido corregir bastantes de los errores conceptuales que los

estudiantes arrastraban, que sobre todo se daban en los fenómenos del efecto invernadero, el calentamiento global y el agujero de la capa de ozono, logrando la comprensión correcta de los mismos.

Dentro de las limitaciones del estudio reconocemos que nos hemos restringido a cuatro cursos, desde el 2015 hasta el 2019, utilizando el primero de ellos también como método de validación del cuestionario, y aunque la muestra total de todos los cursos no es muy amplia, en realidad constituye la gran mayoría de los estudiantes matriculados en esta asignatura optativa. En cualquier caso, sí que nos ha permitido comprobar que continúa siendo necesario seguir trabajando con la educación ambiental de un modo sistemático en las aulas de todas las etapas educativas.

Como futuras investigaciones derivadas de este trabajo y sus propuestas, consideramos que sería muy útil comprobar, una vez que la reciente ley educativa y la nueva Ley de Cambio Climático y Transición Energética estén en funcionamiento cuatro o cinco años, si los estudiantes que lleguen a nuestros grados en los próximos cursos conocen y dominan estos temas medioambientales en mayor medida que los actuales, lo que significaría que ambas leyes han cumplido con este objetivo, que deseamos esperanzadamente que así sea por el bien nuestro y de nuestro planeta.

Referencias

- Álvarez-García, O., Sureda-Negre, J. y Comas-Forgas, R. (2018). Evaluación de las competencias ambientales del profesorado de primaria en formación inicial: estudio de caso. *Enseñanza de las Ciencias*, 36(1), 117–141. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2338>
- Bello Benavides, L. O., Cruz Sánchez, G. E., Meira Cartea, P. A. y González Gaudiano, E. J. (2021). El cambio climático en el bachillerato. Aportes pedagógicos para su abordaje. *Enseñanza de las Ciencias*, 39(1), 137–156. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3030>
- BOE. (2014). Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato. (BOE núm. 3, 3 de enero de 2015). <https://www.boe.es/boe/dias/2015/01/03/pdfs/BOE-A-2015-37.pdf>
- Calafell, G. y Bonil, J. (2014). Identificación y caracterización de las concepciones de medio ambiente de un grupo de profesionales de la educación ambiental. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(3), 205–225. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1048>
- Calero Llinares, M., Mayoral García-Berlanga, O., Ull Solís, A. y Vilches Peña, A. (2019). La educación para la sostenibilidad en la formación del profesorado de ciencias experimentales en Secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 37(1), 157–175. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2605>
- Cebrián, G. y Junyent, M. (2014). Competencias profesionales en Educación para la Sostenibilidad: un estudio exploratorio de la visión de futuros maestros. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(1), 29–49. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.877>
- Centros RECIDA. (2020). *Guía de recursos educativos sobre cambio climático*. Centro Nacional de Educación Ambiental (CENEAM). <https://bit.ly/3DA3TW5>
- Constitución Española. (1978). (BOE núm. 311, 29 de diciembre de 1978). Texto Consolidado, 27 de septiembre de 2011. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1978-31229>
- Ettxepeteleku, N., Ortuzar, A. y Díez, J. R. (2018). Climate change: mental models that basque teachers, pre-service teachers and students hold and conceptual gaps in textbooks they use. En L. Gómez, A. López e I. Candel (Eds.), *INTED Proceedings. 12th International Technology, Education and Development Conference*, (pp. 633–639). IATED Academy. <https://doi.org/10.21125/inted.2018.1114>
- Fernández, G., González, F. y Molina, J. L. (2011). El cambio climático y el agua: lo que piensan los Universitarios. *Enseñanza de las Ciencias*, 29(3), 427–438. <https://doi.org/10.5565/rev/ec/v29n3.583>
- Flener-Lovitt, C. (2014). Using the Socioscientific Context of Climate Change to Teach Chemical Content and the Nature of Science. *Journal of Chemical Education*, 91(10), 1587–1593. <https://doi.org/10.1021/ed4006985>
- Jaén, M. y Barbudo, P. (2010). Evolución de las percepciones medioambientales de los alumnos de Educación Secundaria en un curso académico. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7(Extraordinario), 247–259. http://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2010.v7.iextra.08
- Jaén, M., Esteve, P. y Banos-González, I. (2019). Los futuros maestros ante el problema de la contaminación de los mares por plásticos y el consumo. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 16(1), 1501-1–1501-17. http://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i1.1501

- Kerr, S. C. y Walz, K. A. (2007). "Holes" in Student Understanding: Addressing Prevalent Misconceptions regarding Atmospheric Environmental Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 84(10), 1693–1696. <https://doi.org/10.1021/ed500589g>
- Ley de Cambio Climático y Transición Energética. (2021). BOE núm. 121, 21 de mayo de 2021). <https://www.boe.es/boe/dias/2021/05/21/pdfs/BOE-A-2021-8447.pdf>
- LOCE. (2002). Ley Orgánica 10/2002, de 23 de diciembre, de Calidad de la Educación. (BOE núm. 307, 24 de diciembre de 2002). <https://www.boe.es/boe/dias/2002/12/24/pdfs/A45188-45220.pdf>
- LOE. (2006). Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. (BOE núm. 106, 4 de mayo de 2006). Texto Consolidado, 29 de julio de 2015. <https://www.boe.es/buscar/pdf/2006/BOE-A-2006-7899-consolidado.pdf>
- LOGSE. (1990). Ley Orgánica 1/1990, de 3 de octubre, de Ordenación General del Sistema Educativo. (BOE núm. 238, 4 de octubre de 1990). <https://www.boe.es/boe/dias/1990/10/04/pdfs/A28927-28942.pdf>
- LOMCE. (2013). Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa. (BOE núm. 295, 10 de diciembre de 2013). <https://www.boe.es/boe/dias/2013/12/10/pdfs/BOE-A-2013-12886.pdf>
- LOMLOE. (2020). Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. (BOE núm. 34, 30 de diciembre de 2020). <https://www.boe.es/boe/dias/2020/12/30/pdfs/BOE-A-2020-17264.pdf>
- LOMLOU. (2007). Ley Orgánica 4/2007, de 12 de abril, por la que se modifica la Ley Orgánica 6/2001, de 21 de diciembre, de Universidades. (BOE núm. 89, 13 de abril de 2007). Texto Consolidado, 17 de septiembre de 2014. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2007-7786>
- LOU. (2001): Ley Orgánica 6/2001, de 21 de diciembre, de Universidades. (BOE núm. 307, 24 de diciembre de 2001). <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2001-24515>
- Lupión, T. y Prieto, T. (2014). La contaminación atmosférica: un contexto para el desarrollo de competencias en el aula de secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(1), 159–177. <http://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.830>
- Marques, A. R. y Reis, P. (2017). Producción y difusión de vídeos digitales sobre contaminación ambiental. Estudio de caso: Activismo colectivo basado en la investigación. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(1), 215–226. http://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2017.v14.i1.16
- Mascarell Borreda, L. y Vilches Peña, A. (2016). Química Verde y Sostenibilidad en la educación en ciencias en secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 34(2), 25–42. <http://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1688>
- Novo, M. y Murga, M. A. (2010). Educación ambiental y ciudadanía planetaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7(Extraordinario), 179–186. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2010.v7.iextra.03
- Ouariachi, T., Olvera-Lobo, M. D. y Gutiérrez-Pérez, J. (2017). Evaluación de juegos online para la enseñanza y aprendizaje del cambio climático. *Enseñanza de las Ciencias*, 35(1), 193–214. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2088>
- Perales, F. J. (2020). Educación Ambiental y medios de comunicación: revisión de la literatura y propuestas de intervención. *Revista de Educación Ambiental y Sostenibilidad*, 2(2), 2102-1–20102-17. https://doi.org/10.25267/Rev_educ_ambient_sostenibilidad.2020.v2.i2.2102
- Pérez-Franco, D., de Pro-Bueno, A. y Pérez-Manzano, A. (2018). Actitudes ambientales al final de la ESO. Un estudio diagnóstico con alumnos de Secundaria de la Región de Murcia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15(3), 3501-1–3501-17. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i3.3501
- Pérez-Mora, A. y Gértrudix-Barrio, F. (2020). Impacto de la educación ambiental sobre docentes y alumnos. Doble intervención educativa. *Revista de Educación Ambiental y Sostenibilidad*, 2(2), 2302-1–2302-19. https://doi.org/10.25267/Rev_educ_ambient_sostenibilidad.2020.v2.i2.2302
- Petre, A. L., Ramos, G., Perdígón, J. A., Cabos W., García-Abad J. J., Guardiola J. y Carbajo, J. B. (2014). La utilización del portafolio discente interdisciplinar como metodología en la evaluación de la asignatura de Meteorología, climatología y contaminación atmosférica de grado en ciencias ambientales. *Tendencias Pedagógicas*, 23, 77–96.
- Torres-Porras, J. y Arrebola, J.C. (2018). Construyendo la ciudad sostenible en el Grado de Educación Primaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15(2), 2501-1–2501-15. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i2.2501
- Torres, N. Y. y Solbes, J. (2016). Contribuciones de una intervención didáctica usando cuestiones sociocientíficas para desarrollar el pensamiento crítico. *Enseñanza de las Ciencias*, 34(2), 43–65. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1638>
- ULL, M. A., Aznar Minguet, P., Martínez Agut, M. P., Palacios, B. y Piñero, A. (2010). Conocimientos y actitudes del profesorado universitario sobre problemas ambientales. *Enseñanza de las Ciencias*, 28(3), 433–446. <https://doi.org/10.5565/rev/ec/v28n3.103>

- Ull, M. A., Piñero, A., Martínez-Agut, M. P. y Aznar, P. (2014). Preconcepciones y actitudes del profesorado de Magisterio ante la incorporación en su docencia de competencias para la sostenibilidad. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(2), 91–112. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.904>
- Versprille, A. N. y Towns, M. H. (2015). General Chemistry Students' Understanding of Climate Change and the Chemistry Related to Climate Change. *Journal of Chemical Education*, 92(4), 603–609. <https://doi.org/10.1021/ed500589g>
- Versprille, A., Zabih, A., Holme, T. A., McKenzie, L., Mahaffy, P., Martin, B. y Towns, M. (2017). Assessing Student Knowledge of Chemistry and Climate Science Concepts Associated with Climate Change: Resources to Inform Teaching and Learning. *Journal of Chemical Education*, 94(4), 407–417. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.6b00759>
- Waters, C. N., Zalasiewicz, J., Summerhayes, C., Barnosky, A. D., Poirier, C., Gałuszka, A., Cearreta, A., Edgeworth, M., Ellis, E. C., Ellis, M., Jeandel, C., Leinfelder, R., McNeill, J. R., Richter, D. d., Steffen, W., Syvitski, J., Vidas, D., Waple, M., Williams, M., Zhisheng, A., Grinevald, J., Odada, E., Oreskes, N. y Wolfe, A. P. (2016). The Anthropocene is functionally and stratigraphically distinct from the Holocene. *Science*, 351(6269), Article aad2622. <https://doi.org/10.1126/science.aad2622>
- Wikipedia. (2019). Agnotología. <http://bit.ly/3WZw0Vq>

Anexo 1. Cuestionario (pre-test y post-test)

1. Indica, si en tu opinión, el Calentamiento Global es un problema medioambiental importante:

Totalmente en desacuerdo	←	←	→	→	Totalmente de acuerdo
1	2	3	4	5	6

2. ¿Cuál de los siguientes enunciados describe exactamente la relación entre el efecto invernadero y el agujero de la capa de ozono? (Únicamente se puede marcar una de las opciones):

- a) El agujero en la capa de ozono provoca el efecto invernadero.
- b) El calentamiento global debido al efecto invernadero da como resultado la destrucción de ozono.
- c) El agujero de la capa de ozono y el efecto invernadero son provocados por los coches.
- d) El efecto invernadero y el agujero de la capa de ozono son fenómenos atmosféricos distintos, que tienen diferentes causas principales.
- e) El calentamiento global y el agujero de la capa de ozono son procesos naturales que han estado sucediendo durante millones de años.

3. ¿Cuál de los siguientes efectos no es una consecuencia del calentamiento global? (Únicamente se puede marcar una de las opciones):

- a) Un aumento en el nivel del mar.
- b) Un incremento en las temperaturas globales.
- c) Un incremento en los niveles de radiación ultravioleta (UV) perjudicial que alcanza la superficie de la tierra.
- d) Un cambio en los patrones de precipitaciones globales.

4. El agujero de la capa de ozono provoca (únicamente se puede marcar una de las opciones):

- a) Incremento de las temperaturas en la superficie.
- b) Aumento en los índices del cáncer de piel.
- c) Cambio en las condiciones meteorológicas.
- d) Fusión de los casquetes polares.

5. ¿Cuál de los siguientes enunciados describe exactamente los efectos del ozono troposférico y estratosférico? (Únicamente se puede marcar una de las opciones):

- a) El ozono estratosférico es peligroso para los humanos y las plantas.
- b) El ozono troposférico evita los efectos de la radiación nociva (ultravioleta).
- c) El ozono puede ser dañino o beneficioso, dependiendo de su distribución en la atmósfera.
- d) Ninguno de los anteriores.

6. Los gases de efecto invernadero en la capa más baja de la atmósfera absorben (únicamente se puede marcar una de las opciones):

- a) La radiación UV que llega del sol.
- b) La radiación infrarroja emitida por la superficie de la tierra y los océanos.
- c) La radiación solar que llega y es reflejada por las nubes.
- d) La radiación solar que llega de todo el espectro electromagnético.

7. ¿Cuál de los siguientes gases NO es un gas de efecto invernadero? (Únicamente se puede marcar una de las opciones):

- a) Dióxido de carbono.
- b) Clorofluorocarbono.
- c) Oxígeno.
- d) Metano.
- e) Óxido nítrico.

8. ¿Explica qué es el *smog* y qué factores contribuyen a su formación? (Pregunta abierta):
9. ¿Cuál de los siguientes factores está más relacionado con los clorofluorocarbonos? (Únicamente se puede marcar una de las opciones):
- a) *Smog* urbano.
 - b) Agujero de la capa de ozono.
 - c) Lluvia ácida.
 - d) Ninguno de los anteriores.
10. ¿Cuál de los siguientes factores está más relacionado con los óxidos de nitrógeno ($\text{NO}_x \rightleftharpoons \text{NO} + \text{NO}_2$)? (Únicamente se puede marcar una de las opciones):
- a) *Smog* urbano.
 - b) Agujero de la capa de ozono.
 - c) Efecto invernadero.
 - d) Lluvia ácida.
 - e) Ninguno de los anteriores.
11. La fuente principal de las emisiones de carbono antropogénico proviene de (únicamente se puede marcar una de las opciones):
- a) Utilizar el carbón para generar electricidad.
 - b) Quemar carbono contenido en los combustibles fósiles y destruir los bosques.
 - c) Crecimiento de la acumulación de productos químicos en los nutrientes por las tierras de cultivo.
 - d) Aumentar las poblaciones de animales y humanos, exhalando CO_2 y produciendo gas metano.
12. Señala si las siguientes afirmaciones son Verdaderas (V) o Falsas (F):
- a) El efecto invernadero es lo mismo que el calentamiento global, es decir, que la temperatura media de la Tierra haya aumentado durante las últimas décadas y tal vez siga haciéndolo en el futuro: V F
- b) El principal gas responsable del efecto invernadero natural es el dióxido de carbono: V F