








Necesito un cambio de aires: impacto social e indagación en el aula a partir de un estudio de calidad del aire

Jorge Pey¹  
Javier Bandrés García² 
Esther Casarosa Salillas³  
Jorge Pozuelo Muñoz⁴  

Recibido: 13 de febrero de 2023 - Aceptado: 17 de mayo de 2023 - Actualizado: 9 de septiembre de 2024

DOI: 10.17151/luaz.2023.56.10

Resumen

Este proyecto recoge una experiencia en la que se valora la calidad del aire durante un curso educativo, a través del desarrollo de un proyecto FECYT en el que colaboraron investigadores del CSIC, de la Universidad de Zaragoza y estudiantes y profesores de Secundaria y FP, de seis centros educativos de la Comunidad de Aragón. En este artículo se plantea un doble objetivo: en primer lugar, valorar la difusión del proyecto en diferentes medios de comunicación y redes sociales para valorar el alcance del mismo en la sociedad, y paralelamente, como segundo objetivo, se analiza la secuencia de trabajo planteada a través de la indagación. Los resultados muestran que la difusión de los resultados en diferentes medios ha sido satisfactoria, alcanzando a un gran número de personas a través de programas de TV, periódicos locales, redes sociales, como *Twitter*, o la creación de una página web que da visibilidad a todas las actividades realizadas. Asimismo, se considera que se han trabajado diversas destrezas científicas asociadas a la indagación entre las que destacan: la formulación de hipótesis, el diseño de experimentos, la recogida de datos y la comunicación de los resultados, con base en preguntas que giraban en torno a la contaminación ambiental.

Palabras claves: calidad del aire, contaminación atmosférica, destrezas científicas, indagación, educación secundaria.

I need a change of scenery: social impact and classroom inquiry based on an air quality study

Abstract

This project includes an experience in which air quality is assessed during an educational course, through the development of a project in which researchers from the CSIC, the University of Zaragoza and students and teachers of Secondary Education and FP, from six educational centers in Aragon (Spain). In this article, a double objective is proposed: firstly, to assess the diffusion of the project in different media and social networks to assess its reach in society, and as a second objective, the sequence of work proposed, through inquiry, is analyzed. The results show that the broadcast of the results in different media has been satisfactory, reaching a large number of people through TV programs, local newspapers, social networks such as *Twitter*, or the creation of a web site that gives

visibility to the performed activities. Likewise, we consider that various scientific skills associated with inquiry have been worked on: the formulation of hypotheses, the design of experiments, the collection of data and the communication of the results, based on questions that revolved around the environmental pollution.

Key words: air quality, air pollution, scientific skills, inquiry, secondary education.

Introducción

La pandemia causada por el coronavirus SARS-CoV-2 ha situado en primer plano de la actualidad la importancia que tiene la calidad del aire en nuestra sociedad. En estos momentos todo el mundo conoce la relevancia que tienen los aerosoles, no solo por sus efectos directos en la salud (los virus, bacterias, u otros microorganismos son bioaerosoles que en sí mismos pueden ser perniciosos para el ser humano), sino también porque pueden actuar como “transportadores” de otros bioaerosoles que sí se consideran infecciosos.

Desde el punto de vista del medio ambiente, es urgente formar ciudadanos que puedan enfrentarse a los diferentes problemas de las sociedades modernas, en concreto aquellos que son altamente controvertidos y que representan amenazas para el bienestar de las personas, las sociedades y el propio ambiente (Marqués y Reis, 2017). Sin ir más lejos, en los primeros meses de la pandemia causada por el coronavirus SARS-CoV-2 surgieron multitud de ideas alternativas que, hoy en día, sirven para introducir temas científicos en las aulas educativas. Algo que también ha dejado patente esta pandemia es que desde la escuela debemos formar estudiantes que sean capaces de entender problemas, buscar soluciones, tomar decisiones y actuar, para resolver situaciones puntuales, ya sean locales o generales. Este tipo de educación activa, por otra parte, les puede hacer más conscientes de la importancia de su participación en retos ambientales, ayudando a su motivación y generando un interés que pueda terminar despertando una conciencia ambiental que tanto se necesita en la sociedad actual (Pérez-Martín y Bravo-Torija, 2018).

El proyecto planteado persigue fortalecer la enseñanza de las ciencias en ESO, Bachillerato y Formación Profesional a través de una serie de talleres virtuales, charlas con expertos y experiencias de campo, que contribuyan a proyectar una visión más dinámica y atractiva de la ciencia, y que, al mismo tiempo, enfatizan la importancia y necesidad de la ciencia para afrontar los retos de nuestra sociedad. Todo esto con el fin de conseguir, a través de la formación ambiental del alumnado, un acercamiento de la educación ambiental a la sociedad en general.

Conceptos como aerosoles o contaminación ya forman parte del lenguaje cotidiano de una sociedad cada vez más consciente de la relación directa que puede tener el estado del aire con su salud. Hasta hace pocos meses la percepción social de la contaminación atmosférica la situaba como “un problema menor” o incluso “un problema de otros”. Todo ello pese a que los datos que manejan la Organización Mundial de la Salud y el Ministerio de Sanidad de España demuestran que la contaminación atmosférica está detrás de la muerte prematura de unas 25.000 personas cada año en España, unas 500.000 en Europa, y algo más de 7 millones en todo el mundo (European Environment Agency, 2022). En las estadísticas oficiales ningún ciudadano fallece como consecuencia de la contaminación atmosférica, sino que la contaminación del aire incrementa la mortalidad asociada a infartos de miocardio, ictus, cáncer de pulmón, etc., además de empeorar la calidad de vida de los ciudadanos y suponer un coste económico desorbitado para las arcas públicas.

De hecho, según el informe del Banco Mundial (2018), “en el Estado español, el coste sanitario total en relación con la contaminación del aire supuso 50.382 millones de dólares en 2013, equivalente al 3,5% del Producto Interior Bruto en ese año”. A pesar de estos datos, en diciembre de 2020 el periódico *La Vanguardia* publicó un hecho histórico que marca un antes y un después en relación a la contaminación atmosférica:

La justicia británica ha reconocido por primera vez el papel de la contaminación del aire en la muerte de una persona; ha asumido que la polución tuvo una contribución material decisiva en la muerte de una niña de nueve años en Lewisham, municipio situado al sudeste de Londres. (Cerrillo, 2020, párr. 1)

Educar a la ciudadanía en esta materia es un paso fundamental para lograr avances significativos que contribuyan a que las medidas adoptadas para mitigar la contaminación atmosférica sean ejes transversales del desarrollo y avance de nuestra sociedad. Para ello, debemos motivar a los estudiantes para que sientan que pueden tomar medidas hacia el cambio en su entorno más cercano. En concreto, abordar la enseñanza de las ciencias a través del desarrollo de las prácticas científicas en el aula, es una de las maneras de favorecer la motivación del alumnado hacia las ciencias (Martínez-Chico et al., 2014). Por ejemplo, a través de la indagación se desarrollan tareas tanto manipulativas para la búsqueda de pruebas, como de integración de los modelos teóricos en el proceso de construcción del conocimiento (Windschitl et al., 2008), que ayudan a los estudiantes a cuestionar sus concepciones sobre los fenómenos en estudio, así como a diseñar experiencias para la búsqueda de pruebas y el uso de modelos científicos con los que contrastarlas y cuestionarlas (Franco-Mariscal, 2015).

En este trabajo se presenta el proyecto desarrollado a lo largo de un curso académico (2021/22), entre el alumnado de distintos centros educativos de la Comunidad Autónoma de Aragón y varias instituciones como CSIC, AEMET o Universidad de Zaragoza, en el que se ha trabajado sobre el efecto de la contaminación atmosférica contextualizada en el entorno de los centros, a través del desarrollo de la práctica científica de la indagación en el aula de ciencias, para promover el desarrollo de destrezas que permitan a los estudiantes comprender cómo afectan determinadas conductas de su día a día a su entorno más cercano y, a su vez, cómo se les hace partícipes de la toma de medidas concretas para mejorar su educación en justicia ambiental (Uskola et al., 2021).

El objetivo de este trabajo es doble. Por una parte, se basa en estudiar y divulgar el impacto del desarrollo del proyecto en la sociedad a nivel local (profesores, estudiantes y sociedad en general) y, por otro lado, en analizar el desarrollo de destrezas científicas asociadas a la indagación, en los estudiantes de Secundaria y Formación Profesional, participantes en este proyecto.

Método

1) Enfoque metodológico

El enfoque de esta investigación es cuantitativo en relación con la evaluación del impacto de un proyecto educativo relacionado con la contaminación ambiental. Y también de corte cualitativo con base en el análisis de los resultados, que muestran el desarrollo de las destrezas científicas de los estudiantes en las actividades planificadas a lo largo del proyecto y cómo estas acciones tienen impacto en el aprendizaje de ciencias del alumnado, en concreto en el desarrollo de la práctica científica de la indagación en el contexto de la educación en contaminación ambiental.

Entre las recomendaciones para la mejora en materia de didáctica de las ciencias a nivel europeo se incluye la introducción de la indagación como enfoque didáctico desde las primeras etapas educativas, ya que favorece el incremento del interés por la ciencia, enfatizando el papel fundamental del profesorado para este proceso. Trabajando desde la indagación, los estudiantes utilizan estrategias que emplean los científicos y van descubriendo fenómenos a partir de su propia actividad (Harlen, 2015). De hecho, observan, encuentran patrones, plantean hipótesis y prueban sus ideas (Tunnicliffe y Ueckert, 2011) y van construyendo sus modelos sobre conceptos científicos, lo cual favorecerá el desarrollo de las grandes ideas de la ciencia a lo largo de la escolarización, tal y como propone Harlen (2015).

2) Categorías de análisis

Los resultados se presentarán con base en dos categorías de análisis, a su vez, subdivididas.

Por una parte, los resultados de las propias acciones en los diferentes centros educativos, con las que se analiza el impacto del proyecto en los profesores, en los estudiantes, y en la sociedad en general y, por otra parte, el desarrollo de la práctica de indagación del alumnado a lo largo del mismo.

3) Participantes

Los temas medioambientales y de contaminación se vienen tratando de forma más o menos transversal a lo largo de toda la etapa de Educación Secundaria, desde 1º hasta 4º de ESO, y más específicamente en las materias de Biología y Geología, y en Física y Química. También se incide en este tema en la asignatura de Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente en segundo de Bachillerato. Este estudio se enmarca en dos currículos educativos (LOMCE, 2013 y LOMLOE, 2020). Tras analizar en qué parte de estos currículos se recoge el tema de la contaminación atmosférica, se ha encontrado que de acuerdo a la LOMCE (2013), la contaminación atmosférica se trabaja en 1º y 3º de ESO, dentro del bloque “La Tierra en el Universo”. En 4º de ESO el tema vuelve a aparecer, aunque de manera más tangencial, dentro del bloque “Ecología y Medio Ambiente”. Además, los estudiantes que eligen como asignatura optativa “Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente - CTMA” son los que tienen la oportunidad de desarrollar un tema específico de “Contaminación atmosférica”. Con la nueva ley (LOMLOE, 2020), el marco en relación con este tema tiene cabida en Física y Química de 2º de ESO dentro del Bloque “El cambio” y en Biología y Geología de 3º de ESO en el bloque “La Tierra y el universo”.

Tomando esto como base, en este proyecto ha participado alumnado de educación secundaria de cursos comprendidos entre 3º y 4º de ESO, 1º y 2º Bachillerato, FP Básica y Grados Medios y Superiores. De esta manera, con este proyecto, se cubren, aunque de una manera alternativa a la clase magistral, los conocimientos que se deben adquirir de acuerdo a la legislación educativa en relación a la materia de contaminación atmosférica. En el desarrollo de este proyecto han participado 6 centros educativos públicos de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, y de Formación Profesional, de la Comunidad Autónoma de Aragón distribuidos por las tres provincias: CPIFP Montearagón (Huesca), IES Reyes Católicos (Ejea de los Caballeros-Zaragoza), IES Ángel Sanz Briz (Casetas-Zaragoza), IES Miguel de Molinos (Zaragoza), IES Pablo Serrano (Andorra-Teruel), IES Leonardo de Chabacier (Calatayud, Zaragoza).

4) Instrumentos de recogida de datos

En relación con el primer objetivo, para evaluar el impacto, se han cuantificado las visualizaciones de los materiales generados en las actividades. Por ejemplo, la asistencia a los talleres y a las charlas, la divulgación del proyecto y sus resultados en las redes sociales, etc. Atendiendo al segundo objetivo, para evaluar el desarrollo de las destrezas científicas en la práctica de la indagación, se han analizado los procesos seguidos por los centros (datos medidos, imágenes, videos o herramientas virtuales)⁵.

5) Desarrollo de actividades

El proyecto se articula en torno a una serie de actividades ([Tabla 1](#)) que se inician con una fase previa (A0) en la que se orienta a los centros sobre el desarrollo que va a tener el proyecto a lo largo del curso académico. A lo largo de las fases del proyecto, un equipo de investigadores del IPE-CSIC (Instituto Pirenaico de Ecología-Centro Superior de Investigaciones Científicas) ha impartido una serie de charlas formativas en los centros (A1 y A2) y ha repartido unos sensores que monitorizan en tiempo real la concentración de partículas en suspensión, compuestos orgánicos volátiles y CO₂, entre otras variables que los alumnos de los centros participantes han tenido que medir en el desarrollo del proyecto (A3). Estas sesiones se complementan con diferentes salidas al campo en las que los estudiantes podrán comprobar los efectos de la contaminación atmosférica en ecosistemas protegidos como el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido o la Laguna de Gallocanta (A4).

Una vez recibida la formación (A0-A2), los centros plantearon sus propias hipótesis de partida en torno al problema que querían resolver, realizaron la experimentación necesaria y elaboraron unas conclusiones acompañadas de una serie de recomendaciones y acciones que buscan mitigar la contaminación atmosférica (A3). La fase final del proyecto ha tenido lugar al término del curso escolar con la celebración de un congreso científico en el que los alumnos han compartido los resultados y han expuesto delante de los otros centros las diferentes acciones de mejora de calidad del aire (A5).

Tabla 1. Descripción y temporalización de las acciones llevadas a cabo a lo largo del proyecto

Actividad	Denominación	Temporalización
A0	Fase previa. Orientaciones y puesta en marcha.	Septiembre-diciembre de 2021
A1	Taller virtual sobre contaminación atmosférica y cambio climático + <i>Kahoot</i> .	Enero-marzo de 2022
A2	Charla-coloquio sobre contaminación atmosférica, clima y cambios climáticos.	Enero-marzo de 2022
A3	Diseño de la investigación y recogida de datos con los sensores de contaminación atmosférica.	Febrero-mayo de 2022
A4	Salidas de campo en Teruel, Zaragoza y Huesca.	Abril-junio de 2022
A5	Comunicación-difusión de resultados.	Marzo-junio de 2022

Fuente: los autores.

Actividad A1

Una vez orientado el proyecto con todos los centros (A0), se impartió un taller virtual donde un ponente (experto) expuso información sobre la atmósfera terrestre, los diferentes contaminantes atmosféricos, sus orígenes y afecciones, sobre el clima actual y los cambios climáticos en el pasado, y la necesidad de actuar para mitigar los efectos del cambio climático. Este taller fue el primer punto de encuentro de los centros involucrados. La información del taller se compartió a través de una plataforma gratuita (*Moodle*) una vez finalizado, de manera que todos los centros contaron con el soporte de dicha información a lo largo de todo el proyecto.

El objetivo de la actividad fue la introducción a los contenidos relacionados con la contaminación atmosférica para promover una concienciación real en el aula sobre aspectos que nos afectan diariamente como sociedad, como el cambio climático y el desarrollo de enfermedades respiratorias.

Además de la formación recibida en este taller, y con el fin de *gamificar* el aprendizaje, se elaboraron una serie de materiales y cuestionarios en formato digital para abordar los temas de contaminación atmosférica y cambio climático. Se optó por elaborar unos cuestionarios detallados con más de 50 preguntas con contenidos repetitivos para que los profesores trabajaran los

principales conceptos trabajados en clase con sus estudiantes mediante los teléfonos móviles a través de *Kahoot* (Figura 1).

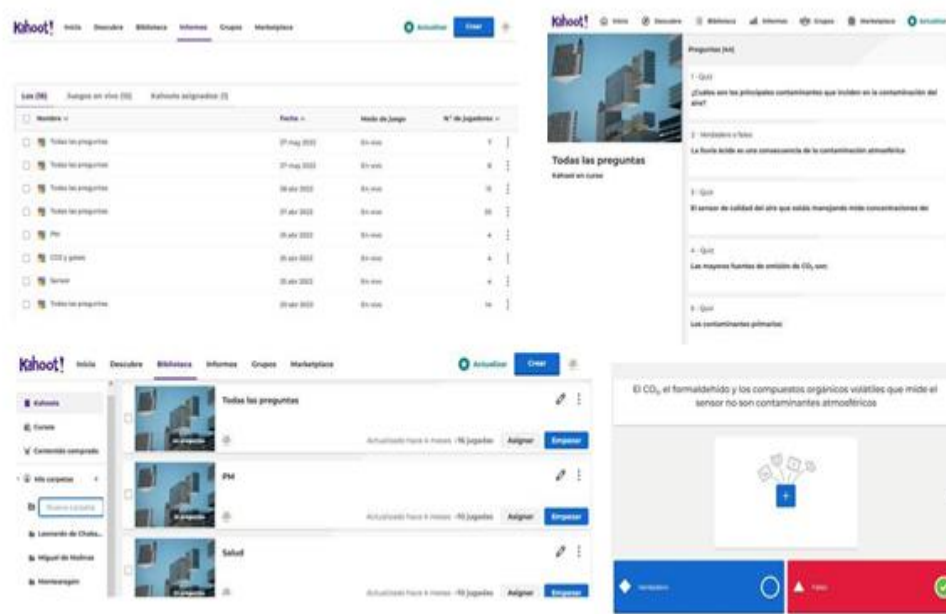


Figura 1. Informes, preguntas, tipos y ejemplo de visualización de una de las preguntas elaboradas en la plataforma Kahoot.

Fuente: elaboración propia

Actividad A2

Una vez realizada la formación general (A1), se llevaron a cabo charlas con expertos en todos los centros educativos de manera individual. Al menos una charla por centro con uno o varios expertos, y en algunos centros se impartieron dos charlas.

El objetivo de esta actividad fue doble, por un lado, formar de manera más concreta a los centros (estudiantes y profesorado) en los temas a abordar en sus investigaciones a partir de ese momento y, por otro lado, tener un foro en el que los estudiantes pudieran interactuar con los científicos, y aclarar dudas concretas sobre el desarrollo de esos trabajos.

De las charlas expuestas, una se centró en exponer la reconstrucción de cambios en el pasado (climáticos, ambientales, antrópicos) a partir de registros continentales, principalmente lagos, a una escala desde décadas a milenios, es decir, abordar la “evolución del clima desde el pasado hasta la actualidad”, y cómo los datos pasados y presentes demuestran la aceleración del cambio del clima actual. Durante la charla, el ponente puso en valor la importancia del papel de los lagos como narradores de la historia de la Tierra y cómo la investigación permite obtener esa información para reconstruir nuestro pasado y predecir el futuro (Figura 2a).



Figura 2. a) Científico experto en el centro IES Ángel Sanz Briz (Casetas, Zaragoza), b) científico experto en el CPIFP Montearagón (Huesca).

Fuente: Elaboración propia.

El segundo ponente abordó con los estudiantes el tema de la “contaminación atmosférica actual y su impacto en la salud y el clima”, en concreto habló de aerosoles atmosféricos, de la contaminación atmosférica por aerosoles, ya que es uno de los grandes problemas ambientales en los países desarrollados. Por otro lado, los aerosoles presentan una alta variabilidad espacial y temporal en la atmósfera con lo que su estudio es muy importante para saber los efectos que producen sobre el clima. En su intervención, este científico incidió en el hecho de que a nivel local también están muy presentes, por ejemplo, en la contaminación en las ciudades por el tráfico rodado y la industria, o al desarrollar diversas enfermedades respiratorias, como por ejemplo cuando la pandemia causada por el coronavirus SARS-CoV-2 situó en primer plano de actualidad la importancia que tiene la calidad del aire en nuestra sociedad ([Figura 2b](#)).

Tras escuchar a los expertos, se abrieron espacios de interacción con los estudiantes, en los que los propios estudiantes debían proponer posibles medidas de mitigación que deberíamos de poner en marcha para hacer frente a los riesgos planteados. Algunas de las propuestas recogidas en distintos centros tuvieron que ver con la valoración de la contaminación en las propias clases (aulas) y con las variables contempladas, por ejemplo: si la tiza usada en la pizarra contamina el ambiente, si depende del número de estudiantes, de la localización de la clase, etc.

Actividad A3

La indagación implica enfrentar a los estudiantes a retos que deberán resolver a través de la construcción de conocimientos, trabajando cooperativamente y con la guía del profesorado ya que no disponen de ellos en el momento de su planteamiento (Rocard et al., 2007). Según Mosquera et al. (2018), la indagación recoge las siguientes operaciones o destrezas: observar, formular preguntas, emitir hipótesis, diseñar experimentos, experimentar-manipular, investigar, explorar, interpretar información, recoger datos. En esta actividad, los centros debían plantear sus hipótesis de investigación y recoger datos para comprobarlas o refutarlas. El objetivo de la actividad fue plantear un diseño para responder a un problema ambiental dado, para desarrollar las destrezas científicas comentadas, basadas en la indagación. Por ejemplo: pensando cómo solucionar un problema dado a partir del planteamiento de hipótesis, del diseño de recogida de datos y del análisis de los mismos para extraer conclusiones.

Al inicio de esta actividad, se prestó a los centros sensores para medir CO₂, compuestos orgánicos volátiles y partículas en suspensión (o aerosoles) y se formó tanto al alumnado como al profesorado en su uso, impartiendo una charla para mostrarles el funcionamiento y las posibilidades del sensor. En este caso consiste en un sensor (Air Master, AM7) ([Figura 3](#)) que monitoriza en tiempo real la concentración de partículas en suspensión (PM10 y PM2.5), el CO₂, el formaldehído y los compuestos orgánicos volátiles totales, además de la temperatura y humedad relativa.



Figura 3. Sensor para monitorizar la contaminación atmosférica en tiempo real.

Fuente: Elaboración propia.

Actividad A4

Las salidas de campo son una de las herramientas educativas más interesantes (Aguilera, 2018) donde el alumnado puede interactuar con el entorno, experimentar y asociar ideas con conceptos científicos a través de la experiencia (Krepel y Durrall, 1981). En este caso sirvieron para abordar con los estudiantes unos contenidos que se tratan generalmente de una manera teórica. Durante estas salidas de campo se cuenta con la colaboración de la AEMET-Aragón, para enseñar a los estudiantes el funcionamiento de la estación meteorológica más próxima a cada emplazamiento y poner en valor la necesidad de la observación de dichas variables ambientales, de gran relevancia en el contexto de cambio climático. Estas salidas se realizaron a los espacios naturales de Grutas de cristal de Molinos, en Teruel; Laguna de Gallocanta, en Zaragoza; y el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido, en Huesca⁶ ([Figura 4](#)).

El objetivo de la actividad ha sido dar a conocer los espacios naturales que se encuentran en el entorno cercano de los estudiantes donde se plantearán aspectos de clima actual y pasado, de cambios geoquímicos desde las atmósferas pretéritas hasta la atmósfera actual.



Figura 4. Imágenes de las salidas de campo realizadas: Ordesa, Gallocanta y Molinos.

Fuente: Elaboración propia.

Actividad A5

Esta es la fase posterior al trabajo experimental y a la interpretación de los resultados en el contexto adecuado que tuvo por objetivo desarrollar destrezas de comunicación en los estudiantes, para poder exponer sus resultados y conclusiones ante un público experto (en el caso del congreso) y no experto (TV y RRSS).

Esta actividad se trabajó desde dos ejes de acción independientes. Por una parte, se llevó a cabo un congreso científico en la Delegación del CSIC en Aragón, en el que los centros involucrados en esta propuesta presentaron sus resultados científicos en formato póster y vídeo divulgativo de 2-3 minutos (videoclip, documental o corto) ante un jurado formado por especialistas (profesores de Didáctica de las Ciencias, investigadores del CSIC).

Por otra parte, durante todo el curso escolar, los centros educativos dieron a conocer su trabajo en esta materia, y para ello organizaron las actividades de divulgación, por ejemplo: programas de radio, publicaciones en las webs de los centros y redes sociales, elaboración de artículos en las revistas de los centros educativos, aparición en programas de televisión, asistencia a ferias, congresos y certámenes, participación en festivales.

En esta etapa del proyecto, se desarrollaron también acciones de difusión de las actividades del proyecto en las que se trasladó el trabajo que se estaba desarrollando a los estudiantes del Máster de Formación de Profesorado de la Universidad de Zaragoza. Algunos de los estudiantes y profesores de los centros educativos involucrados compartieron la experiencia en el contexto del Máster para contar en primera persona su experiencia con este proyecto. El objetivo fue que los futuros profesores y profesoras de ESO de las especialidades de Biología y Geología y de Física y Química conociesen de primera mano y, por lo tanto, pudieran introducir en el futuro este tipo de propuestas metodológicas, sobre todo para aplicar la indagación en el aula ([Figura 5](#)).



Figura 5. Sesión en el Máster de Formación de Profesorado de la Universidad de Zaragoza.

Fuente: Elaboración propia.

Resultados

A continuación, se exponen los resultados atendiendo al análisis del impacto del proyecto y de la indagación que llevaron a cabo en el aula.

Análisis del impacto del proyecto

El primer objetivo de este trabajo ha consistido en estudiar y divulgar el impacto del desarrollo del proyecto en la sociedad a nivel local. Para ello, se han tenido en cuenta distintas categorías de impacto: el impacto presencial, el impacto virtual, el impacto audiovisual, el impacto de género y el impacto social.

Impacto presencial: para estudiarlo hemos considerado a quién va dirigida la acción según las cifras de estudiantes que nos han compartido los diferentes docentes o según la cantidad de estudiantes que han estado en contacto con la acción (charlas, excursiones, talleres y congreso).

La asistencia a las charlas (virtual y presencial) fue total, al igual que las excursiones y los talleres, por lo tanto, el número de alumnos sobre el que ha tenido un impacto presencial el proyecto es el máximo esperado. No así en el congreso final, en el que participaron 4 de los 6 centros que habían desarrollado el proyecto a lo largo del curso. Circunstancias sobrevenidas en la fecha de celebración del congreso hicieron que los dos centros participantes del resto de las actividades anuales no pudieran participar en esta actividad de difusión de sus resultados.

La asistencia y participación de los grupos puede verse en la web diseñada *ad hoc* para el proyecto⁷.

Impacto virtual: se ha tenido en cuenta la repercusión de cada una de las publicaciones en redes sociales, tanto gestionadas por el IPE-CSIC, los centros educativos, la Fundación ARAID, y considerando el número de visualizaciones, los “retuits” y los “me gusta”.

La cuenta de *Twitter* que se ha creado⁸ ha logrado 47 seguidores. Hemos conseguido más de 30.000 impresiones, unas 275 al día, casi 300 “me gusta” en las publicaciones, y más de 11.000 visitas en el perfil. El número de visitas de los “tuits” creados (un total de 13) desde la cuenta de la Fundación ARAID ha alcanzado las 12.800, mientras que los “retuits” desde esa cuenta han sido 54, y el número de “me gusta” a las publicaciones ha llegado a 94. Dado que la Fundación ARAID tiene más de 5.000 seguidores, muchos de ellos con miles de seguidores a su vez, el número de “retuits” obtenido (54) multiplica el impacto real de las publicaciones. También los propios centros difundieron a través de sus propias cuentas de *Twitter*⁹ o de *Instagram*¹⁰.

Impacto audiovisual: se elaboró una nota de prensa¹¹ de la que se hicieron eco numerosos medios de comunicación¹², a partir de la cual se realizaron entrevistas en programas de radio y televisión. Se ha tenido en cuenta la audiencia del programa de TV “Esta es mi Tierra”, las cifras de radioyentes de las diferentes emisoras que entrevistaron sobre el proyecto, y los lectores de los medios digitales y de prensa escrita: 52.000 oyentes diarios en Aragón Radio (12 y 18 mayo 2022), 200.000 usuarios mensuales en Aragón Digital (14 mayo 2022), 38.000 espectadores de media y 109.000 contactos en el programa “Esta es mi Tierra” (AragónTV, 17 mayo 2022), 143.000 lectores diarios del periódico Heraldo de Aragón (4 junio de 2022).

Impacto de género: garantizar la igualdad de género, tanto en el proceso como en el contenido de las investigaciones, ha sido fundamental en el desarrollo del proyecto, que ha intentado ser en todo momento una iniciativa integradora que ha cubierto el territorio aragonés desde el ámbito rural hasta el urbano; desde cursos de formación profesional básica, grado medio y superior, hasta ESO y Bachillerato; ha fomentado la igualdad de oportunidades para todos, pero teniendo presente la realidad actual: la realidad con respecto a que las vocaciones científicas entre las chicas necesitan un empuje. Por eso el proyecto ha sido una oportunidad para intervenir en la mejora de la alfabetización científica de las alumnas, pues en el congreso escolar celebrado más del 80% de los asistentes fueron chicas.

Impacto social: se ha fomentado que los estudiantes, profesores y familias se involucren en una actividad de monitorización de la contaminación atmosférica. Las charlas con expertos que se han celebrado en el marco del proyecto han sido una oportunidad para conocer de primera mano la investigación puntera en campos de investigación como la contaminación atmosférica, el cambio climático, la reconstrucción de la historia paleoclimática y paleoambiental del planeta. Los estudiantes, profesores y familias han conocido desde otros espacios naturales de su comunidad autónoma donde se realiza investigación de primer orden en las materias que trata el proyecto. Se ha promovido una educación científica, tanto informal como formal, rigurosa a través de la vivencia de la experimentación en ciencias. Todos los estudiantes han realizado transferencia a la sociedad a través del proyecto, y algunos de ellos han transferido los resultados y propuestas de mejora incluso al ayuntamiento de su ciudad, como en el caso del IES Reyes Católicos de Ejea de los Caballeros (Zaragoza). Los estudiantes de dicho centro escolar mapearon su ciudad cuantificando la cantidad de contaminación atmosférica en diferentes puntos de la ciudad, y con base en esos datos se redactó una carta dirigida a la alcaldesa de la ciudad en la que se propusieron una serie de medidas para disminuir la contaminación atmosférica a través del fomento de una movilidad más sostenible.

Al mismo tiempo han conocido una forma amable de hacer ciencia, a través de científicos comprometidos, cercanos, dispuestos a escuchar y debatir, accesibles, con aspecto y forma de vida equiparable a cualquier otro ciudadano. Hemos fomentado que lo importante es el mensaje y su

rigor, se comunique a través de una ponencia, póster, vídeo divulgativo, en una entrevista en la radio o en un programa de TV, o mediante una carta dirigida a las autoridades.

Por último, se ha elaborado y difundido un vídeo divulgativo que explica el porqué del proyecto y sus principales hitos¹³ que cuenta con 337 visualizaciones a fecha de 12/7/23.

Análisis del desarrollo de la indagación

El segundo de los objetivos de este trabajo ha sido analizar el desarrollo de las destrezas científicas que han desarrollado los estudiantes participantes en relación con la práctica de la indagación.

En la [Figura 6](#), se muestra el proceso que ha seguido el alumnado en las actividades 3 y 5 (A3 y A5) que son las que recogen la práctica de la indagación del alumnado.

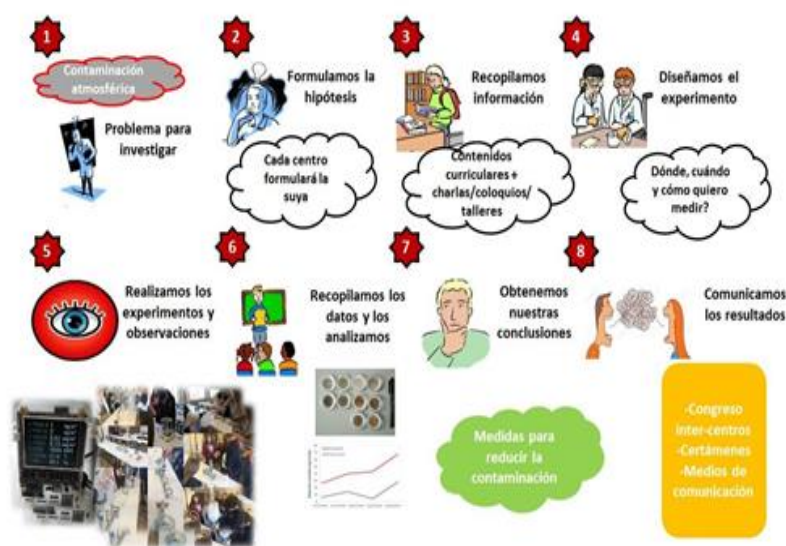


Figura 6. Proceso de investigación del alumnado participante en el proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

Cada centro de los 6 participantes en el proyecto ha ido recogiendo evidencias de los pasos seguidos en este proceso en plataformas¹⁴ y desde la organización del proyecto se han colgado algunas de estas evidencias en la web diseñada para el congreso final donde se difundieron las investigaciones de los centros¹⁵.

Desarrollando el proceso de la Figura 6, se comentarán a continuación los resultados asociados a cada uno de los pasos:

1. Tema general: Contaminación atmosférica. Este tema se asignó a los estudiantes dado que era el tema vehicular de este proyecto. Los subtemas que se consideraron en los diferentes centros tienen que ver con: "Polución en el interior y efecto de la ventilación natural", "Comparativa

entre la polución exterior e interior”, “Variaciones de la polución interior en aulas con fuentes de contaminación diferentes (ej., calles con y sin tráfico, aulas en las que se utiliza tiza y en las que no, etc.)”, “Impacto de la edad del mobiliario escolar en las emisiones de compuestos orgánicos volátiles”, “Polución en diferentes estancias de mi centro educativo”. Con base en el mismo, los estudiantes en cada centro plantearon sus hipótesis partiendo de preguntas como: “¿cuánto afecta a la calidad del aire del centro educativo el momento de llevada y recogida de los estudiantes en vehículos motorizados?”.

2. Formulación de hipótesis: Algunas de las hipótesis formuladas en diferentes centros fueron las siguientes: “Acciones cotidianas como fumar, fregar los platos o tostar pan tienen impacto en la calidad del aire” o bien “la calidad del aire no es igual en todos los puntos del centro educativo”.
3. Recopilación de información: Los estudiantes han recopilado información en las sesiones previas a través de las actividades A1 y A2.
4. Diseño del experimento: Los estudiantes, guiados por sus profesores y con el apoyo del equipo de investigación del proyecto, han diseñado el plan de investigación a lo largo de un trimestre. Han sido ellos quienes a través de su propia campaña científica han decidido qué actividades planteaban para desarrollar el proyecto.
5. Recogida y análisis de datos: Los estudiantes, en sus diferentes centros, han comparado la contaminación entre clases con diferentes exposiciones, cerrando o abriendo ventanas, en distintas dependencias-laboratorios-talleres de formación profesional (proyectos de centro); aunque también mapearon la contaminación de su entorno, midieron la contaminación de su rutina diaria (escuela, transporte, deporte, ocio, hogar) con los sensores de calidad del aire (proyectos de barrio o ciudad) ([Figura 7](#)). En el caso del IES Sanz Briz de Casetas (Zaragoza), los jóvenes investigadores han analizado y representado en gráficas y tablas más de 5.000 datos.



Figura 7. Imágenes de la utilización del sensor de calidad del aire en el IES Leonardo de Chabacier (Calatayud, Zaragoza).

Fuente: Elaboración propia.

Todos los centros participantes manifestaron que el proyecto evidenció que la contaminación atmosférica es un problema real incluso en pequeñas localidades como Ejea de los Caballeros (Zaragoza), y que “algunos hábitos que tenemos muy arraigados como el transporte de estudiantes en vehículos motorizados generan picos de contaminación muy elevados en el entorno del centro educativo, la cual en parte penetra en las instalaciones y degrada el aire que respiran todos los miembros de la comunidad educativa”.

- Extracción de conclusiones: Una de las conclusiones a las que llegaron fue la siguiente: “Cuando tuestas mucho el pan y lo llegas a quemar, la calidad del aire alrededor es muy mala”.

Como consecuencia, los estudiantes, guiados por sus profesores y aconsejados por los investigadores del proyecto, propusieron medidas plausibles que puedan mejorar la calidad del aire. Dichas medidas estuvieron relacionadas con la reorganización del tráfico de vehículos en el entorno del centro educativo, la realización de talleres para fomentar entre la comunidad educativa el transporte en medios más sostenibles, la mejora de la ventilación en el interior de las aulas o el diseño de plantaciones de especies vegetales para compensar la huella de carbono de nuestra sociedad.

- Comunicación de los resultados: Los centros presentaron sus investigaciones en formato póster (ver ejemplo en la [Figura 8](#)) difundiendo y compartiendo los resultados obtenidos, utilizando el lenguaje con rigor, tanto con los demás centros como con los expertos asistentes a la jornada que actuaron de tribunal, valorando las diferentes propuestas. Esto fomenta la destreza de la comunicación científica en el alumnado.



Figura 8. Ejemplo de póster presentado por los centros en el congreso de difusión de las investigaciones.

Fuente: Elaboración propia.

Discusión y conclusiones

La pandemia vivida entre los años 2020 y 2023, ha puesto en el foco del interés de la sociedad la calidad del aire (Abril et al., 2021). A lo largo de este tiempo, ha quedado claro que el aire que nos rodea es medio vehicular de virus, y en relación a esto, también se ha situado en primer plano la importancia de conocer la calidad ambiental del aire, como paso previo a la búsqueda de soluciones que permitan una mejora lo más extendida posible, ya que son escasas las propuestas que promueven actitudes críticas para incitar al desarrollo de acciones encaminadas a la Sostenibilidad o a la Justicia Ambiental (Muro y Pérez-Martín, 2021).

En relación a este último tema, es decir, para contribuir al conocimiento ambiental de una parte de la sociedad, se ha desarrollado un proyecto anual en el que profesionales del ámbito de la investigación ambiental y de la didáctica de las ciencias han trabajado conjuntamente con alumnado de centros de educación secundaria y formación profesional y con su profesorado. En concreto, se han llevado a cabo investigaciones centradas en el análisis de la calidad del aire que les rodea y el estudio de variables que influyen en la calidad. Finalmente, han difundido sus resultados en un congreso/jornada diseñado para tal fin. Este proyecto, además de acercar el tema de la calidad ambiental tanto al alumnado como a los docentes, ha servido para el desarrollo de procedimientos y destrezas del trabajo científico en el alumnado. Para tratar de no incurrir en el mismo error propuesto por Roldán-Arcos et al. (2022), en el que describen que muchas de las secuencias planteadas para trabajar la contaminación ambiental son visitas esporádicas a centros donde se imparte la formación y no existe vínculo entre el formador y los estudiantes o incluso que no hay un trabajo previo ni un seguimiento a posteriori, hemos tratado de continuar con centros con los que se había trabajado previamente (Cascarosa et al., 2022), haciendo un seguimiento sobre todo con la implicación de los profesores, de un curso a otro.

En relación con el primer objetivo, análisis del impacto social de la divulgación del proyecto, a lo largo de todo este proceso ha habido una colaboración, comunicación y asesoramiento permanente con el IPE-CSIC, que, a través de sus investigadores y técnicos, ha prestado todo el soporte científico, técnico y divulgativo necesario. Para facilitar a los docentes la ejecución de la parte experimental del proyecto en sus centros se han dado recomendaciones como por ejemplo del manejo del sensor de contaminación y la descarga de datos; sobre el diseño de las mediciones, etc. Y se ha contribuido a identificar en cada caso los posibles retos que en el contexto de este proyecto pueden abordarse, guiando a los docentes y estudiantes para que desarrollasen una estrategia de comunicación eficaz. Paralelamente, las experiencias docentes derivadas del proyecto se han compartido con los futuros profesores de ESO, Bachillerato y Formación Profesional que cursan actualmente el Máster de Profesorado en la Universidad de Zaragoza.

Por tanto, se ha realizado una intensa labor de divulgación de los resultados articulada en dos ejes principales: a través de los centros educativos y sus redes sociales, pero sobre todo desde el IPE-CSIC¹⁶, con numerosas apariciones en medios de comunicación (TV, prensa, radio), redes sociales, página web, *YouTube*, y el congreso intercentros¹⁷ (Actividad: Divulgación de los resultados).

En paralelo, atendiendo al segundo objetivo, análisis del desarrollo de destrezas científicas asociadas a la práctica científica de la indagación del alumnado participante, a lo largo de la investigación el alumnado ha desarrollado procedimientos característicos del trabajo científico, como la observación, la formulación de hipótesis, la recogida de pruebas, la toma de decisiones basadas en evidencias, la comunicación y difusión de sus resultados, etc. Por lo que se puede concluir que el proyecto ha favorecido el desarrollo de las destrezas científicas señaladas, yendo más allá de la realización de experiencias que demuestren contenidos ya abordados en el aula, e implicando a los estudiantes en actividades en las que el proceso de resolución cobre un papel relevante en el que las prácticas de construcción, evaluación y comunicación de conocimiento interaccionan de forma compleja (Vílchez y Bravo, 2015).

Como conclusión final, desde este proyecto se ha contribuido, en la medida de sus posibilidades, a favorecer el pensamiento crítico en los estudiantes de diferentes niveles y centros de la Comunidad de Aragón, a través de sus propias investigaciones sobre la calidad del aire, e involucrando a los agentes locales más cercanos a los centros. Del mismo modo, también se ha hecho partícipes a los futuros docentes en formación, con el fin de que continúen trabajando en este tipo de proyectos, que ayudan al alumnado al desarrollo de destrezas científicas concretas. Aunque el proyecto acabó en 2022, en el congreso se hizo entrega a los centros participantes de varios recursos didácticos para seguir trabajando temas de ciencias en cursos posteriores. Tres de los centros se llevaron una estación meteorológica y dos de esos centros la han puesto en marcha¹⁸. Otro de los centros (IES Miguel de Molinos) se quedó con un sensor que ha sido utilizado este curso para llevar a cabo un proyecto de centro. La voluntad de los investigadores es ampliar el número de centros para que la formación y resultados de este proyecto tengan un mayor alcance en la educación básica. En esta ampliación futura, se tendrán en cuenta las dificultades encontradas en el desarrollo del presente estudio, como han sido las dificultades en la integración de las programaciones escolares (necesidades temporales).

Agradecimientos

Queremos agradecer a Javier Frégola y Blas L. Valero-Garcés como miembros participantes del proyecto y también a los profesores responsables que participaron en el proyecto desde cada uno de los centros, a los estudiantes involucrados y a la dirección de los centros por dar cabida a nuestro proyecto. No podemos olvidar la buena acogida que recibimos en nuestras salidas de campo en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido, en la Laguna de Gallocanta y en las Grutas de Molinos, gracias al personal que cuida y pone en valor estos espacios, así como la colaboración recibida por parte de nuestra compañera Marta Quintana, del IPE-CSIC; Arcadio Blasco y Yolanda Jiménez, de AEMET Aragón; y Jesús Causapé, del IGME-CSIC. Finalmente, agradecer a la Delegación del CSIC en Aragón, a la Estación Experimental de Aula Dei, y a nuestras compañeras y compañeros del IPE-CSIC Penélope González Sampériz, Ana Moreno Caballud, Graciela Gil-Romera y Juan Ignacio López Moreno por su contribución en el Congreso Científico Escolar.

Fuentes de financiación

Los autores agradecen al proyecto FECYT (FCT-20-16273) su apoyo para el desarrollo de este trabajo y reconocen el soporte del proyecto del proyecto GOP2024002300 del Gobierno de Aragón (DGA) y del IUCA (Instituto universitario de investigación en Ciencias Ambientales de Aragón).

Referencias

- Abril, A. M., Blanco, A. y Franco, A. J. (Coords.). (2021). *Enseñanza de las ciencias en tiempos de COVID-19. De la investigación didáctica al aula*. Graó.
- Aguilera D. (2018) La salida de campo como recurso didáctico para enseñar ciencias. Una revisión sistemática. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15(3), 3103. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i3.3103
- Banco Mundial. (2018). *World development report 2018: Learning to realize education's promise*. World Bank. <https://hdl.handle.net/10986/28340>
- Cascarosa, E., Pozuelo, J. y Calvo, M. E. (2022). ¿Plásticos sí o plásticos no? Trabajando prácticas científicas con estudiantes de bachillerato. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 19(1). https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2022.v19.i1.1502
- Cerrillo, A. (16 de diciembre de 2020). Sentencia histórica en Reino Unido al dictaminar la primera muerte por contaminación del aire. *La Vanguardia*. <https://www.lavanguardia.com/natural/20201216/6126773/tribunal-reino-unido-dictamina-primera-muerte-contaminacion-aire-menor-9-anos-2013.html>
- European Environment Agency. (2022). *Air quality in Europe 2022* (Web report). European Environment Agency. <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2022>
- Franco-Mariscal, A. J. (2015). Competencias científicas en la enseñanza y el aprendizaje por investigación. Un estudio de caso sobre corrosión de metales en secundaria. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 33(2), 231-252.
- Harlen, W. (2015). *Working with Big Ideas of Science Education*. Trieste: Science Education Programme of IAP.
- Krepel, W. J. y Durrall, C. R. (1981). *Field trips: A guideline for planning and conducting educational experiences*. National Science Teachers Association.
- LOMCE. (2013). Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad Educativa.
- 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.

- Marqués, 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://hdl.handle.net/10498/18857>
- Martínez-Chico, M., Jiménez-Liso, M. R. y López-Gay, R. (2014). La indagación en las propuestas de formación inicial de maestros: análisis de entrevistas a formadores de Didáctica de las Ciencias Experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(3), 591-608. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1376>
- Mosquera, I., Puig, B. y Blanco, P. (2018). Las prácticas científicas en infantil. Una aproximación al análisis del currículum y planes de formación del profesorado de Galicia. *Enseñanza de las ciencias*, 36(1), 7-23.
- Muro, A. y Pérez-Martín, J. M. (2021). La concienciación ambiental en el aula de infantil mediante el cine y los cuentos. *Revista de Educación Ambiental y Sostenibilidad*, 3(1), 1302. https://doi.org/10.25267/Rev_educ_ambient_sostenibilidad.2021.v3.i1.1302
- Pérez-Martín, J. M. y Bravo-Torija, B. (2018). Experiencias para una alfabetización científica que promueva la justicia ambiental en distintos niveles educativos. *Revista Internacional de Educación para la Justicia Social (RIEJS)*, 7(1), 119-140. <https://doi.org/10.15366/riejs2018.7.1.006>
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walweg-Heriksson, H. y Hemmo, V. (2007). Informe Rocard. Science Education Now: A renewed pedagogy for the future of Europe. European Commission. https://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf
- Roldán-Arcos, S., Pérez, J. M. y Esquivel-Martín, T. (2022). Educación para la Justicia Ambiental: ¿Qué propuestas se están Realizando? *Revista Internacional de Educación para la Justicia Social*, 11(2), 11-27. <https://doi.org/10.15366/riejs2022.11.2.001>
- Tunnicicliffe, S. D. y Ueckert, C. (2011). Early biology: the critical years for learning. *Journal of Biological Education*, 45(4), 173-175. <https://doi.org/10.1080/00219266.2010.548873>
- Uskola, A., Burgoa, B. y Maguregui, G. (2021). Integración del conocimiento científico y de la capacidad argumentativa en tomas de decisión sobre temas sociocientíficos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 18(1), 110101-110121. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i1.1101
- Vílchez, J. M. y Bravo, B. (2015). Percepción del profesorado de ciencias de educación primaria en formación acerca de las etapas y acciones necesarias para realizar una indagación escolar. *Enseñanza de las Ciencias*, 33(1), 185-202.
- Windschitl, M., Thompson, J. y Braaten, M. (2008). Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. *Science Education*, 92(5), 941-967. <https://doi.org/10.1002/sce.20259>

1 Doctor en Ciencias del Medio Ambiente. Instituto Pirenaico de Ecología, CSIC, Aragón. Aragón, España. Correo electrónico: jorge.pey@ipe.csic.es - ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5015-1742> - Google Scholar: <https://scholar.google.com/citations?user=kMmgC9wAAAAJ&hl=es>

2 Máster en Recursos Geológicos e Ingeniería Geológica. Instituto Pirenaico de Ecología, CSIC, Aragón. Aragón, España. Correo electrónico: jbandres@ipe.csic.es - ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-1570-2601>

3 Doctora en Ingeniería Química. Departamento de Didácticas Específicas, Área de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Facultad de Educación, Universidad de Zaragoza. Zaragoza, España. Correo electrónico: ecascano@unizar.es - ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3696-7673> - Google Scholar: <https://scholar.google.com/citations?user=UxpXVu0AAAAJ&hl=es&oi=ao>

4 Doctor en Educación. Departamento de Didácticas Específicas, Área de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Facultad de Educación, Universidad de Zaragoza. Zaragoza, España. Correo electrónico: jpozuelo@unizar.es - ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9223-6832> - Google Scholar: <https://scholar.google.com/citations?hl=es&user=H1EpS34AAAAJ>

5 Como, por ejemplo, <https://sites.google.com/view/cambio-de-aires/inicio>

6 <https://cambioaires.csic.es/salidas-de-campo/>

7 <https://cambioaires.csic.es/>

8 <https://twitter.com/IPEcambioaires>

9 <https://twitter.com/cpifpmontearago/status/1537135430298128384>

10 <https://www.instagram.com/p/CcCxrgYqZsL/?hl=es>

11 <https://delegacion.aragon.csic.es/el-ipe-pone-en-marcha-necesito-un-cambio-de-aires-un-proyecto-con-el-que-estudiantes-de-aragon-mejoraran-la-calidad-del-aire-de-su-entorno/>(<https://delegacion.aragon.csic.es/el-ipe-pone-en-marcha-necesito-un-cambio-de-aires-un-proyecto-con-el-que-estudiantes-de-aragon-mejoraran-la-calidad-del-aire-de-su-entorno/>)

12 <https://www.heraldo.es/noticias/aragon/huesca/2022/06/04/estudiantes-aragoneses-se-apuntan-a-un-cambio-de-aires-1579384.html>

13 <https://www.youtube.com/watch?v=OPkAY2F1CuQ>

14 Como, por ejemplo, <https://sites.google.com/view/cambio-de-aires/inicio>, <https://sites.google.com/iesreyescatolicos.com/elairequerespiramos/mediciones-en-tiempo-real> - <https://www.wunderground.com/dashboard/pws/IHUESC18/table/2022-11-22/2022-11-22/daily>

15 <https://cambioaires.csic.es/congreso-intercentros/>

16 <https://cambioaires.csic.es/divulgacion-y-comunicacion/>

17 <https://cambioaires.csic.es/congreso-intercentros/>

18 Pudiéndose consultar los datos medidos por ellas en los enlaces:
<https://www.wunderground.com/dashboard/pws/IHUESC18/table/2022-11-22/2022-11-22/daily>
y <https://www.wunderground.com/weather/es/zaragoza/IZARAG89>

Para citar este artículo: Pey, J., Bandrés, J., Casarosa, E. y Pozuelo, J. (2023). Necesito un cambio de aires: impacto social e indagación en el aula a partir de un estudio de calidad del aire. *Luna Azul*, 56, 171-191. <https://doi.org/10.17151/luaz.2023.56.10>

Esta obra está bajo una [Licencia de Creative Commons Reconocimiento CC BY](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)



Código QR del artículo

