

**Máster Universitario en Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria,  
Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanzas de Idiomas, Artísticas y  
Deportivas**

**Especialidad en Biología y Geología**

**TRABAJO DE FIN DE MÁSTER**

**Curso 2018-2019**

**EL AIRE QUE RESPIRAMOS: UN PROYECTO EDUCATIVO  
DISEÑADO PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL AIRE EN EL IES  
REYES CATÓLICOS**

**THE AIR WE BREATHE: AN EDUCATIONAL PROJECT  
FOCUSED ON AIR QUALITY IMPROVEMENT IN THE IES  
REYES CATÓLICOS**

**Autor: Jorge Pey Betrán**

**Directora: Beatriz Mazas Gil**



**Universidad  
Zaragoza**

## ÍNDICE

<b>I.</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>2</b>
<b>II.</b>	<b>ANÁLISIS DIDÁCTICO DE ACTIVIDADES REALIZADAS EN ASIGNATURAS DEL MÁSTER Y SU APLICACIÓN EN EL PRACTICUM</b>	<b>4</b>
<b>III.</b>	<b>PROPUESTA DIDÁCTICA</b>	<b>7</b>
<b>IV.</b>	<b>ACTIVIDADES REALIZADAS</b>	<b>14</b>
<b>V.</b>	<b>EVALUACIÓN FINAL</b>	<b>27</b>
<b>VI.</b>	<b>EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA Y PROPUESTA DE MEJORA</b>	<b>30</b>
<b>VII.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>32</b>
<b>VIII.</b>	<b>REFERENCIAS</b>	<b>34</b>
<b>IX.</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>36</b>

## I. INTRODUCCIÓN

### *1.1. Presentación personal y académica*

Nací en 1980 en Jaca (Huesca) y me crié allí hasta que fui a la universidad. Nunca fui un estudiante de diez, tampoco era mal estudiante. Era bastante tranquilo, siempre responsable con mis tareas, me gustaba casi todo salvo la Historia y la Educación Física, apenas preguntaba dudas. Haciendo un análisis retrospectivo llego a la conclusión de que, salvo excepciones, no tuve buenos profesores en esas materias. A lo largo de toda mi etapa como estudiante tuve un profesor que realmente me llegó de verdad, y fue gracias a él que elegí los estudios superiores que cursé: Ciencias Geológicas. Este profesor de Geología, Diego, era diferente. No nos tenía en clase escribiendo apuntes sin parar durante 50 minutos sino que dejó los apuntes en una copistería de tal forma que sus clases eran para atender a las explicaciones (en cada clase proyectaba un par de carros de diapositivas) y participar. Tuvimos varias clases prácticas: fuimos a ver rocas por los edificios de la ciudad; fuimos a ver las terrazas fluviales del río; salimos una jornada entera a esquiar y ver in situ el modelado glaciar y fluvio-glaciar. Entendí que había otra manera de enseñar los contenidos, más entretenida y consiguiendo un grado de aprendizaje mucho más profundo.

Además de los estudios, trabajé en bastantes ocasiones en el restaurante de mi familia. Y siempre que podía me acercaba a la huerta de mi abuelo a aprender el sinfín de conocimientos que tenía mi abuelo sobre el huerto y la naturaleza en general. Tuve un buen maestro, y hoy estaría orgulloso de ver todo lo que aprendí de él.

Con casi 18 años me mudo a Zaragoza a estudiar la Licenciatura en Ciencias Geológicas, sin saber muy bien para qué pero convencido de ello. Una vez más no destacué por mis calificaciones ni por ser el más impertinente. Pero cursé la carrera en el tiempo reglamentario. El último año de los cinco que duraba entonces me fui a hacer una estancia Erasmus a la Universidad Nova de Lisboa. Fue mi año académico más brillante. Y el año que más disfruté. Ese año, 2003, fue muy bueno en otros aspectos, tanto personales como familiares. Lo más significativo de aquel año es que nació mi hermano Gabiel. Entre nosotros se forjó desde el principio una gran complicidad.

También en 2003, la vida me puso en el camino una oportunidad a la que no pude renunciar. Estaba trabajando como camarero en el restaurante de mi familia tras haber pasado en Lisboa, y un buen día apareció un cliente que me cambió la vida: Andrés. Se convirtió en mi mentor y fue mi codirector de la tesis doctoral que a la que me dediqué los 4 años posteriores. Andrés se interesó por mí (supongo que le caí bien) y me ofreció conocer el equipo que formaban con Xavi en un centro del CSIC en Barcelona. Aquello me fascinó y sin saber muy bien por qué ni para qué, pero con mucha ilusión, comencé una tesis doctoral sobre partículas atmosféricas. Fueron cuatro años de entusiasmo, dedicación, disfrute, estrés, aprendizaje a borbotones, experiencias variadas. Fue entonces cuando empecé a viajar, a conocer algo más de este mundo, a aprender otros idiomas, a conocer gente diferente, a afianzar mi personalidad, a tener mis primeras crisis existenciales de envergadura. Una de estas crisis me llevó a opositar para un puesto de agente medioambiental. Suspendí. Así que de momento decidí seguir con mi carrera investigadora, hasta que poco a poco me fui convirtiendo en un científico de verdad. Como muchos de mis compañeros científicos, encadené varios contratos en

España y finalmente en 2013 acabé saliendo al extranjero: dos años en la Universidad de Aix-Marseille como investigador postdoctoral. Dos años después de vivir en Marsella conseguí regresar a España gracias a un contrato Ramón y Cajal. Aunque mi primera opción fue el CSIC, acabé incorporándome en el Instituto Geológico y Minero de España.

Desde que estuve en Marsella se despertó el mí la vocación docente, quizá porque gran parte de mi entorno cercano se dedica a ello. Nunca era un buen momento para hacer este Máster hasta que este curso, coincidiendo con una transición laboral, decidí matricularme en él.

### ***1.2. Presentación del centro de realización de las prácticas***

Las prácticas del presente Máster las he realizado en el IES Reyes Católicos de Ejea de los Caballeros (Zaragoza). Se trata de un centro de titularidad pública que tiene más de 500 estudiantes entre los diferentes cursos de ESO, Bachillerato y los distintos ciclos de Formación Profesional de Grado Medio y Superior. Mi tutora de prácticas, Irene Villa Orduna, es la que se encarga de impartir las clases de Biología y Geología del programa British Council, siendo además la profesora de Física y Química en 2º ESO de este mismo programa, y la que imparte la asignatura de Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente (CTMA) en 2º de Bachillerato.

### ***1.3. Objetivos del trabajo***

Durante mi estancia en el IES Reyes Católicos hemos trabajado con 5 estudiantes de 3º y 4º de ESO y con todo el grupo de la asignatura de Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente formado por 16 estudiantes más el tema de contaminación atmosférica siguiendo una metodología de Aprendizaje Basado en Problemas o Proyecto. El tema no fue elegido al azar sino que partió de la inquietud de algunos estudiantes y de mi experiencia profesional en el mismo, que decidí aprovecharla para trasladarla en la medida de lo posible a un centro de secundaria. Así, abordamos la contaminación atmosférica desde la realidad del centro educativo. Los objetivos que me planteé a la hora de emprender este trabajo con los estudiantes fueron los siguientes:

- Aprender a seleccionar la información ambiental de forma objetiva y crítica en los diferentes medios audiovisuales.
- Contribuir a despertar la curiosidad por descubrir a través del desarrollo de experiencias personales cotidianas en relación a la contaminación atmosférica.
- Concienciar sobre las afecciones sanitarias derivadas de los contaminantes atmosféricos.
- Plantear medidas para minimizar los impactos de la contaminación atmosférica y sus consecuencias, bien a través de la ordenación del territorio o de la mejora de la tecnología, bien a partir del fomento de hábitos de movilidad sostenibles.
- Concienciar sobre la necesidad de políticas sostenibles a largo plazo y sobre la importancia de las acciones individuales para impulsar las acciones colectivas.

## II. ANÁLISIS DIDÁCTICO DE ACTIVIDADES REALIZADAS EN ASIGNATURAS DEL MÁSTER Y SU APLICACIÓN EN EL PRACTICUM

### II.1. Metacognición, sinéctica y creatividad

En la optativa del primer cuatrimestre “Habilidades del Pensamiento. Desarrollo en el proceso de enseñanza-aprendizaje” tuve que hacer un trabajo individual en el que proponía 10 actividades para trabajar en las clases de mi especialidad y en las que, además de abordar los contenidos de la materia, trabajase algunas de las habilidades del pensamiento de los estudiantes.

Una de las 10 actividades que propuse en el trabajo está muy relacionada con lo que trabajamos durante el proyecto de investigación en el centro. En la actividad, que aparece a continuación, proponía a los estudiantes un ejercicio de conocimiento profundo de la materia y trabajar al mismo tiempo la sinéctica y la creatividad. La realidad durante mi experiencia docente es que esta actividad la he desarrollado íntegramente en el apartado estrictamente curricular, es decir, con el proyecto he conseguido que los estudiantes adquiriesen conocimientos profundos del tema. Durante el desarrollo del proyecto hemos trabajado las fuentes de contaminación, la dispersión de los contaminantes en la atmósfera, los impactos que provocan, el tiempo en el que están suspendidos en la atmósfera, los mecanismos de eliminación de la misma, etc. El proyecto ha servido también para conferirle una dosis de realidad al tema en cuestión: los estudiantes han sido quienes han visto en primicia el “color” de las partículas a las que están expuestos y han constatado como las diferencias entre un lugar y otro en el entorno del IES son muy notorias.

Uno de los productos del trabajo de investigación ha sido la creación de un abanico de medidas para mejorar la calidad del aire, en gran medida deducidas por los estudiantes. Estas medidas son, en parte, producto de la creatividad enfocada a buscar soluciones a un problema.

*Actividad extraída íntegramente del trabajo presentado para la asignatura de “Habilidades del pensamiento. Desarrollo en el proceso de enseñanza-aprendizaje”*

#### 1. Título de la actividad

“Esa partícula (maña) viajera”

#### 2. Curso y asignatura para los que está pensada la actividad

2º Bachillerato, Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente

#### 3. Objetivos

##### 3.1. Relacionados con el aprendizaje de la materia

Aprendizaje sobre contaminación atmosférica y meteorología/climatología.

- **Crit.CTM.3.1.** Argumentar el origen de la contaminación atmosférica, sus repercusiones sociales y sanitarias.
  - **Est.CTM.3.1.1.** Identifica los efectos biológicos de la contaminación atmosférica.
  - **Est.CTM.3.1.2.** Asocia los contaminantes con su origen, reconociendo las consecuencias sociales, ambientales y sanitarias que producen. Enumera y describe los principales contaminantes atmosféricos, e identifica sus consecuencias.
- **Crit.CTM.3.2.** Proponer medidas que favorecen la disminución de la contaminación atmosférica y del efecto invernadero.

- Est.CTM.3.2.1. Describe medidas que previenen o atenúan la contaminación atmosférica y el efecto invernadero, identificando si son medidas predictivas, preventivas o correctoras.
- **Crit.CTM.3.3.** Relacionar la contaminación atmosférica con sus efectos biológicos.
  - Est.CTM.3.3.1. Relaciona el grado de contaminación con ciertas condiciones meteorológicas y/o topográficas. Identifica aquellas situaciones atmosféricas que favorecen la dispersión de contaminantes, las que los concentran y medidas a adoptar.
  - Est.CTM.3.3.2. Explica los efectos biológicos producidos por la contaminación atmosférica, relacionándolos con cada contaminante explicado.

### 3.2. *Relacionados con el desarrollo de las habilidades del pensamiento*

Metacognición y creatividad

#### 4. Desarrollo metodológico de la actividad

- 4.1. Se propondrá a los alumnos una historia con estas pautas: <Partícula que se “despega” en Zaragoza y “aterriza” en Londres 17 días después. La partícula ha estado a punto de “aterrizar anticipadamente” en tres ocasiones durante el viaje. Imagina con qué otras partículas se ha encontrado, dónde, qué ha podido pasarle para haber sufrido esas tres crisis. Predice cómo ha sido su aterrizaje. Puedes ilustrar su viaje en un mapa, incluir fotografías, dibujos, etc, cualquier elemento que ayude a conocer mejor su historia>.
- 4.2. Los estudiantes deberán elaborar una hoja de ruta de la “partícula maña” en la que anotarán e ilustrarán qué es lo que le ha ido pasando (se recomienda en clave de humor pero con lenguaje riguroso). En cada etapa de la hoja de ruta (deberán incluir al menos diez etapas), la partícula habrá conocido una o varias partículas más, y por tanto los estudiantes deberán decir quiénes son dichas partículas (por ejemplo, un polen de palmera de Filipinas; o una partícula de sulfato de una central térmica de China). En al menos tres de esas etapas, o en lugares inter-etapa, la partícula habrá estado a punto de “aterrizar”, es decir, depositarse (la ha podido arrastrar una gota de lluvia, o el viento la ha transportado hasta la superficie, etc), así que este supuesto ha de reflejarse y ha de ser coherente con lo que ocurre en el planeta. Los estudiantes trabajarán durante la actividad la metacognición y la creatividad.
- 4.3. Esta actividad se elaborará de manera individual y fuera del horario lectivo. Cada estudiante elaborará una mini presentación (2 minutos) en la que ilustrará y comentará brevemente el viaje de la partícula.

#### 5. Evaluación de la actividad

Se evaluarán los trabajos individuales mediante rúbricas en las cuales se tendrán en cuenta diferentes aspectos: la claridad y la presentación, la ortografía, la adecuación al modelo de trabajo solicitado, sus contenidos y la originalidad del mismo. El trabajo supondrá el 20% de la nota del trimestre (trabajo 80%, exposición 20%).

## II.2. *Aprender experimentando*

La segunda actividad que quiero destacar no es una única actividad sino un conjunto de ellas. La asignatura “Diseño, organización y desarrollo de actividades para el aprendizaje de Biología y Geología” ha estado organizada esencialmente en torno al desarrollo de diversas actividades prácticas de temáticas muy variadas que sirven para abordar diferentes aspectos del currículo o para enriquecer el propio currículo. Durante la asignatura pudimos observar rocas y minerales a simple vista y al microscopio, extraer ADN de sustancias vegetales, diseccionar órganos, reconocer hojas de plantas, salir al soto del río Gállego, etc.

Las prácticas de campo y laboratorio son esenciales para desarrollar los contenidos de las asignaturas de Biología y Geología, y por supuesto lo son en la asignatura de Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente. Llevar la teoría a la práctica produce un aprendizaje más profundo y contribuye a eliminar, o al menos reducir, las ideas alternativas que puedan tener los estudiantes. Esto es especialmente cierto en muchos experimentos de Biología y Anatomía, en los que las representaciones esquemáticas que aparecen en los libros de texto, por ejemplo, de los diferentes órganos de un pez, son muy diferentes a cómo se observan en la realidad. Lo mismo ocurre con la contaminación atmosférica. Muchos de los estudiantes, por no decir todos, pensaban que la contaminación atmosférica no la sufrían, y señalaban: “*El problema es de los de*

*Madrid o Barcelona, no nuestro. ¡Aquí no hay contaminación!”* Esto fue así hasta que la vieron, la midieron, vieron los resultados químicos de las muestras que recolectaron, o interpretaron sus resultados. En general, el planteamiento de algunas actividades prácticas es la manera de acercar la realidad cotidiana a los estudiantes, al mismo tiempo que afianzan la razón de ser de los contenidos teóricos que se recogen en el currículo.

Las dos actividades que destaco me han servido para:

- Abordar el tema de la contaminación atmosférica en profundidad
- Captar la atención del alumnado y fomentar el trabajo en equipo con entusiasmo
- Experimentar en el tema y conseguir que el tema fuese percibido como propio

### III. PROPUESTA DIDÁCTICA

Los temas medioambientales y de contaminación se tratan a lo largo de toda la etapa de Educación Secundaria, desde 1º hasta 4º de ESO 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. Los contenidos relativos a estos temas se abordan siempre de una manera teórica. Desde hace 4 años he ido todos los cursos a impartir unas charlas sobre contaminación atmosférica a alumnado de varios cursos en el IES Reyes Católicos.

El currículo aragonés recoge el tema de la contaminación atmosférica 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 de “Ecología y Medio Ambiente”. 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 sobre “Contaminación atmosférica” puesto que es uno de los siete Bloques de contenidos del currículo.

La propuesta didáctica de este Trabajo de Fin de Máster se articula en torno a la contaminación atmosférica. Tras mis experiencias previas en el centro y aprovechando la oportunidad que me han brindado las prácticas presenciales en el mismo, he planteado tratar en esta ocasión el tema con una mayor profundidad y desde un punto de vista cercano y aplicado.

*¿Hay contaminación atmosférica en el IES Reyes Católicos? Si la hay, ¿de dónde viene? ¿Podemos hacer algo para reducir los niveles de contaminación a los que estamos expuestos?*

Para llevar a cabo la propuesta no me he ceñido a los contenidos de un bloque en particular, sino que he optado por integrar contenidos de diferentes bloques de forma transversal para dar un sentido completo al tema de investigación. Partiendo de la base que la contaminación atmosférica es el tema central del proyecto que trabajamos en el IES, diversos aspectos sobre la circulación atmosférica y el clima, la gestión y el desarrollo sostenible, o la salud humana fueron piezas clave para llevar a cabo la intervención.

#### ***III.1. Título de la propuesta didáctica***

El aire que respiramos en el IES Reyes Católicos: un proyecto de investigación transversal para alumnado de ESO y Bachillerato

#### ***III.2. Evaluación inicial***

Durante mi primer periodo de prácticas en el IES, estando en la clase con los estudiantes de CTMA, planteamos que el siguiente proyecto que trabajaríamos en la asignatura sería sobre contaminación atmosférica.



El porqué de este tema tiene una doble explicación. Por una parte, responde a la inquietud de algunos estudiantes. En concreto una de las estudiantes vio un vídeo en un programa de divulgación sobre el efecto agudizado que provoca la contaminación atmosférica en bebés cuando pasean por las calles, al situarse éstos justo a la altura en la que ocurren las emisiones de los tubos de escape de los vehículos. Este debate fue uno de los inicios del proyecto. Vídeo de la sección "Esta es mi tierra" del programa "Aragón en Abierto" [https://drive.google.com/file/d/1ly05ImiGdmh\\_QvGCV-MEMMvfzurx3dam/view](https://drive.google.com/file/d/1ly05ImiGdmh_QvGCV-MEMMvfzurx3dam/view).

Por otra parte, un aspecto que me llamó mucho la atención es la percepción que tenían la mayoría de los estudiantes sobre este problema: piensan que es ajeno a ellos. Dado que contaminar nuestra atmósfera es un acto habitual y constante que hacemos todos los ciudadanos, no es percibido como un problema importante. A continuación se recoge la información de partida, con palabras más o menos textuales, de los estudiantes, que me sirvieron para valorar sus ideas previas:

- 1) ¡Si aquí no hay contaminación!
- 2) La contaminación atmosférica no se ve y por tanto es fácil pensar que lo que no es visible, no existe.
- 3) Todos los estudiantes han escuchado, leído o visto en las noticias que la contaminación atmosférica se dispara en las grandes ciudades varias veces al año, y que está provocada en su mayoría por los vehículos de motor de combustión. Pero este fenómeno solamente pasa en las grandes ciudades donde hay muchos vehículos, no en Ejea de los Caballeros, que es una ciudad de pequeño tamaño.
- 4) Cuando sopla el cierzo "dicen" que se lleva la contaminación.
- 5) La que se "monta" todos los días en la entrada del IES por la mañana y al mediodía con los autobuses y los coches, ¡eso no puede ser bueno!
- 6) Venir al Instituto andando todos los días..., no. Si lo hago yo solo no sirve para nada.

### ***III.3. Objetivos didácticos***

Teniendo en cuenta el tema que decidí abordar y partiendo de que:

- 1) Numerosos estudios ponen de manifiesto que la contaminación atmosférica debida al tráfico rodado produce afecciones graves en la salud humana (Zhang y Batterman, 2013; Requía et al., 2018) y altera el desarrollo cognitivo infantil (Sunyer et al., 2015; Basagaña et al., 2016; Pujol et al., 2016)
- 2) En las horas de entrada (8:30h) y salida (14:20h) se producen aglomeraciones de vehículos en el entorno del IES que, además, está contiguo a una carretera autonómica
- 3) Cada día pasamos entre 6 y 7 horas en el centro escolar

Planteé las siguientes cuestiones a los estudiantes:

*¿Estamos expuestos a concentraciones de contaminantes derivadas del tráfico rodado más altas de lo que pensamos?*

*¿Podemos plantear medidas para reducir nuestra exposición a estos contaminantes?*

Con estas premisas, **los objetivos didácticos** que me propuse fueron los siguientes:

- Integrar, desde una experiencia desarrollada en el IES Reyes Católicos, los conocimientos necesarios sobre uno de los temas medioambientales y de salud pública de más actualidad: la contaminación atmosférica.
- Proponer soluciones reales y de larga duración, fomentando hábitos de movilidad más saludables, que consigan mejorar la calidad del aire en el IES Reyes.

9

Mis objetivos didácticos son transversales a varios de los objetivos curriculares de la asignatura de Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente:

**Obj.CTM.4.** Conocer los principales mecanismos de implementación de **medidas de protección ambiental** en el sector público y privado, a nivel local y a nivel global. **Comprender la importancia de los estudios de impacto ambiental, la ordenación del territorio, la legislación y la educación ambiental y la protección civil.**

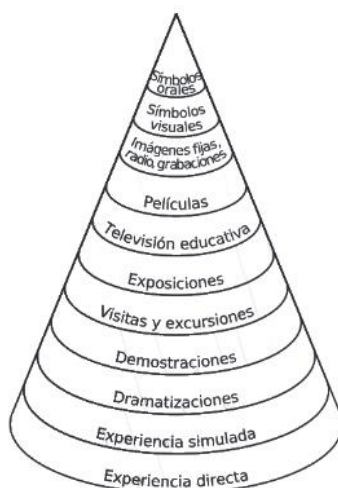
**Obj.CTM.5.** Afianzar hábitos de estudio y esfuerzo personal, de **organización del tiempo y las tareas**. Valorar la **necesidad del trabajo y del esfuerzo sostenido** como experiencia en la construcción personal, en el acervo cultural y en la maduración y adquisición de valores éticos y ciudadanos.

**Obj.CTM.6.** Despertar la **curiosidad por descubrir** en su experiencia personal cotidiana, las acciones, los efectos, la observación y el análisis de las diferentes **problemáticas ambientales y de las medidas a aplicar**. Saber **relacionar las repercusiones de** las acciones cotidianas del consumo de bienes y energía en la generación de residuos, el agotamiento de recursos naturales y **la contaminación**.

**Obj.CTM.7.** **Trabajar, crear e interpretar tablas, gráficos, diagramas, mapas**, fotografías, fotografías aéreas e imágenes de satélite, vídeos y otros soportes de TIC y fuentes de datos ambientales, analógicas y digitales. **Crear informes de forma eficiente, consultar y seleccionar información ambiental de forma objetiva y crítica**. Adquirir una base sobre Teoría de Sistemas y su aplicación sencilla a los subsistemas ambientales.

### ***III.4. Justificación de la propuesta didáctica***

El Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) es un método de aprendizaje que implica directamente a los estudiantes y por ello favorece su motivación hacia la tarea. La realización del proyecto suele plantearse para el grupo-clase, y porqué de seleccionar esta metodología frente a otras posibles fue para fomentar la participación activa del alumnado en la consecución de los objetivos planteados, que le servirán para construir el aprendizaje significativo en la materia (Willard y Duffrin, 2003; Morales y Landa, 2004; Prieto, 2006). Teniendo en consideración la representación del Cono de la Experiencia de Dale (1969), la participación activa del estudiante en el proceso de aprendizaje genera una asimilación de los contenidos más profunda. Para facilitar el aprendizaje podemos utilizar una variedad de materiales y medios. Según el Cono de la Experiencia, podría decirse que primero se deben proporcionar experiencias concretas (base del cono) que sirvan de base para apoyar el aprendizaje abstracto (vértice del cono).



La selección del tema del proyecto es uno de los asuntos más importantes a la hora de trabajar los contenidos de esta forma. Cuanto más vinculado esté el proyecto al mundo real, mayor será el grado de implicación del alumnado con el proyecto, y mejores serán los resultados del aprendizaje (Marx, Blumenfeld, Krajcik y Soloway, 1997). Según Pereira Baz (2015), el contenido del proyecto debe ser significativo para los alumnos y estar directamente conectado con su realidad. El tema que seleccioné me parecía que podría tener interés para ellos, pero tenían que ser los estudiantes quienes lo sintiesen así. Por ello, a través de la evaluación inicial encontré la forma de plantear un proyecto atractivo que supusiera un reto para los estudiantes: vincularlo directamente con la realidad cotidiana de los estudiantes en el centro educativo. Con el ABP se consigue que el alumno se implique verdaderamente porque siente que lo que aprende le es cercano y le repercute directamente.

Uno de los aspectos positivos que puede contribuir al éxito de una propuesta de ABP es proporcionar al alumnado un abanico de opciones que les permitan dar a conocer el proyecto que han realizado. Por ello, una de las actividades de este proyecto fue la elaboración de una página web en la que los estudiantes exponen el proyecto desde el comienzo. Pero además, como elemento motivador adicional, se les propuso presentar el proyecto a un certamen organizado por la Fundación Naturgy del que fuimos conocedores justo al comenzar el proyecto. Las bases de la convocatoria obligaban a que los centros que participasen lo hiciesen a través de alumnado de 3º y 4º de ESO, y por ello ofrecimos participar en el proyecto a 4 estudiantes de 3º de ESO y 1 estudiante de 4º de ESO que pensamos que podrían implicarse y dedicar tiempo extra a trabajar con sus compañeros de 2º de Bachillerato.

Las diferentes experiencias educativas en relación a la contaminación atmosférica o el cambio climático destacan los siguientes aspectos:

-Moreno-Fernández (2017) investigó en estudiantes de 4º y 5º de Primaria las ideas previas que tienen sobre la contaminación en términos generales. Para ello elaboró un cuestionario con 6 ítems en el que había respuestas cerradas y otras de tipo abierto. Lo más interesante de este trabajo es que los estudiantes tienen una visión simple y parcial de lo que es la contaminación, reduciéndola a la atmosférica o a la del agua. En concreto, la mayor parte de ellos considera que sólo se contamina a través de ciertas

acciones concretas como arrojar basura al suelo o utilizar vehículos de motor, seguramente por ser lo más cotidiano para ellos.

-García (2005) describe una experiencia didáctica en torno a la contaminación atmosférica abordada desde una perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad con estudiantes de 4º de ESO. El objetivo de la experiencia era concienciar de la amenaza que supone la contaminación atmosférica para el desarrollo sostenible de nuestro planeta. El grupo de 14 estudiantes trabajó durante un trimestre en el aula y en la sala de informática. Los estudiantes fueron agrupados en dos grupos, cada uno de ellos estudiaba, bien la capa de ozono, bien el efecto invernadero. Durante el trimestre los estudiantes fueron obteniendo la información que necesitaban desde internet, y en las sesiones en el aula la organizaban, discutían, ponían en común. García destaca en el artículo que todo el aprendizaje del alumnado se ha desarrollado a través de una investigación escolar, lo cual ha incidido positivamente en la forma en la que se ha construido el conocimiento en el alumnado, contribuyendo de forma evidente al desarrollo de valores y actitudes positivas hacia el cuidado de la atmósfera.

-Boronat-Gil, Gómez-Tena y López Pérez (2018) describen una actividad de laboratorio para comprobar una técnica que podría ser análoga a sistemas diseñados para reducir las concentraciones de CO<sub>2</sub> atmosférico. Para ello pusieron en marcha un experimento complejo durante el cual el CO<sub>2</sub> el producido por una comunidad microbiana encerrada en un sistema básico acababa siendo retirado del sistema cerrado mediante reacciones ácido-base. En el trabajo no exponen en detalle los resultados de la experiencia con respecto a las actitudes del alumnado o a su aprendizaje, pero sí mencionan que les ha sido útil para establecer debates al respecto, o para conectar con el gran sumidero de carbono que han sido y siguen siendo los océanos durante millones de años.

-Lupión y Prieto (2014) estudiaron el desarrollo de competencias de un grupo de estudiantes de Bachillerato a la hora de realizar algunas actividades sobre un problema real y cercano, como es el de la calidad del aire en las ciudades. En este trabajo propusieron a los estudiantes trabajar el tema desde una perspectiva cercana a su realidad, con un enfoque pluridisciplinar, pero al mismo tiempo de una forma muy teórica. Los resultados del estudio mostraron el buen funcionamiento de los estudiantes a la hora de trabajar en equipo, y en lo relativo a concienciarse sobre el problema que supone la contaminación del aire que respiramos. Sin embargo, las competencias que menos desarrollaron los estudiantes fueron las relacionadas con la aplicación del conocimiento, el aprendizaje de conocimientos complementarios, o la autonomía en las búsquedas de información y en el desarrollo de las actividades.

En base a los diferentes trabajos que he encontrado y teniendo en cuenta mi vinculación laboral con el mundo científico me motivaron a plantear una propuesta en la que los estudiantes se transformasen en científicos que han de estudiar un fenómeno, en este caso la contaminación atmosférica, en el entorno de su centro educativo. Para ello tenían que valorar hasta qué punto hay un problema o no, tomando como referencia los resultados de trabajos científicos que les proporcioné. En caso afirmativo, debían proponer medidas preventivas (para no contaminar) y correctoras (para reducir la exposición a la contaminación). Finalmente, tendrían que hacer público su trabajo, tanto a la comunidad educativa como al resto de la sociedad, utilizando para ello canales diversos.

El IES Reyes Católicos se mostró totalmente convencido con el proyecto que propusimos mi tutora y yo. De hecho, he de mencionar que antes de realizar el proyecto que se detalla a continuación, el equipo directivo del centro estaba valorando la posibilidad de crear dentro del recinto escolar un espacio para los autobuses de las rutas escolares. Tras el desarrollo del proyecto el equipo directivo ha sido consciente de que la mejora que pretendían con dicha medida iba en detrimento de la calidad del aire del IES, y finalmente han abandonado aquella propuesta.

La metodología que finalmente llevamos a cabo consistió en cuatro fases:

La Fase 1, de **diagnóstico**, englobó diferentes acciones:

- **A1.1.** Realización de encuestas de movilidad a la comunidad educativa
- **A1.2.** Captación de contaminantes atmosféricos, en este caso partículas en suspensión, para su análisis químico en el laboratorio
- **A1.3.** Interpretación de resultados de composición química de partículas y relacionar con su origen
- **A1.4.** Monitorización de contaminantes atmosféricos en tiempo real en el IES y durante una ruta en bici por la ciudad

12

La Fase 2, de **concienciación** del problema y de puesta en práctica de **medidas preventivas**:

- **A2.1.** Charla de educación vial
- **A2.2.** Talleres para fomentar el uso de la bicicleta
- **A2.3.** Grabación de un videoclip
- **A2.4.** Incrementar el número de plazas del aparcamiento de bicicletas

La Fase 3, de **medidas correctoras**, estaba diseñada para que los estudiantes buscasen alternativas para que redujesen su exposición a los contaminantes atmosféricos:

- **A3.1.** Medidas urbanísticas que favorezcan la movilidad en bicicleta
- **A3.2.** Potenciar la renovación de las flotas de autobuses por otros menos contaminantes
- **A3.3.** Propuesta para reorganizar el tráfico en el entorno del IES
- **A3.4.** Creación de un sumidero de carbono

La Fase 4, centrada en la **difusión** de los resultados, tuvo las siguientes acciones:

- **A4.1.** Difusión del proyecto al conjunto de la comunidad educativa (entradas en la web, blog, correos electrónicos)
- **A4.2.** Creación de una página web del proyecto
- **A4.3.** Presentación del proyecto al I Certamen Tecnológico Efigy
- **A4.4.** Aparición en medios de comunicación (radio, prensa, televisión)

El desarrollo de este proyecto comenzó en enero de 2019 y se prolongó hasta junio del mismo año. Inicialmente estuvo planteado para los estudiantes de CTMA de 2º de Bachillerato (16 estudiantes), pero con motivo de la presentación del proyecto al I

Certamen Tecnológico Efigy, se incorporaron al proyecto 5 estudiantes de 3º y 4º de ESO, y de manera puntual en algunas actividades se involucraron más estudiantes.

Este proyecto ha sido posible gracias al empeño que puso Irene Villa, mi tutora, que consiguió motivarnos (más si cabe) a todos en esta aventura. Durante mis estancias en el IES me involucré todo lo que pude en el mismo, incluso me quedé algunas tardes por motivos diversos. Pero la realidad es que el proyecto tiene numerosas actividades y obviamente no fui partícipe de todas ellas. Mis aportaciones más importantes fueron en las Fases 1 y 3, además de en la parte de la Fase 4 relativa al Certamen. Son estas actividades las que destaco en la siguiente sección de este trabajo.

## IV. ACTIVIDADES REALIZADAS

Todo el trabajo que se ha realizado en el marco de este proyecto de investigación desarrollado en el IES Reyes Católicos ha sido de carácter práctico-aplicado, y ha contado con la participación del grupo-clase. La mayor parte del trabajo fue realizado por los 21 estudiantes, si bien algunas actividades solamente las realizaron los estudiantes de CTMA, o lo relativo a la preparación del Certamen, la grabación del videoclip o los talleres de educación vial y de fomento del uso de la bicicleta recayó en los estudiantes de 3º y 4º de ESO. La repartición exacta de las tareas se recoge en la Tabla 1 que aparece a continuación. En color verde indico aquellas en las que he estado muy involucrado, que son las que desarrollo a continuación.

	Actividad 1	Actividad 2	Actividad 3	Actividad 4
<b>Fase 1</b>	<b>Encuestas</b> (CTMA)	<b>Monitorización</b> (Todos)	<b>Interpretación</b> (Todos)	Rutas (Todos)
<b>Fase 2</b>	Educación vial (ESO)	Talleres (ESO)	Videoclip (ESO)	Aparcamiento (Todos)
<b>Fase 3</b>	<b>Urbanismo</b> (Todos)	<b>Autobuses</b> (Todos)	<b>Tráfico</b> (CTMA)	<b>Sumidero de C</b> (CTMA)
<b>Fase 4</b>	Difusión (Todos)	Web (CTMA)	<b>Certamen Efigy</b> (ESO)	Medios (Todos)

14

Para alcanzar los dos objetivos principales de esta propuesta didáctica (ver sección anterior), llevamos a cabo una serie de actividades con los estudiantes. La hipótesis de partida de este trabajo y del reto que propuse a los estudiantes era la siguiente:

- Nunca hemos hecho un diagnóstico sobre la calidad del aire del IES Reyes Católicos.
- Sabemos que los vehículos emiten contaminantes a la atmósfera.
- En las horas de entrada y salida al instituto hay una gran concentración de vehículos cerca del acceso al instituto

*¿Somos capaces de detectar el impacto del tráfico en nuestro centro? ¿Qué podemos hacer para cambiar las cosas?*

Para contrastar esta hipótesis hemos realizado diversas actividades, aunque solamente expongo aquellas en las que he estado más involucrado.

### ***IV.1 (A1.1) Realización de encuestas para conocer los hábitos de movilidad de la comunidad educativa.***


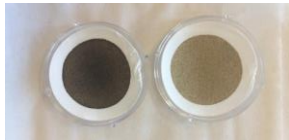
Con el fin de realizar una valoración sobre los hábitos de movilidad y la concienciación en relación al problema de la contaminación atmosférica que tienen el alumnado, el profesorado y las familias, elaboramos en clase de CTMA unas encuestas sencillas



(Figura 1) que hicimos llegar a toda la comunidad educativa del centro a través de formularios enviados por redes sociales y correo electrónico.

Se recibieron un total de 238 encuestas, cuyos resultados analizamos en clase con los estudiantes de CTMA. Los resultados más significativos fueron los siguientes:

- Un 44% de la población encuestada acude al instituto en vehículos a motor. De ellos, comparten vehículo un 34%.
- El 60% de los usuarios del coche alega razones tales como la puntualidad, la meteorología o la organización familiar. El 28% justifica el uso por la distancia a la que se encuentra el centro y un 13% lo hace por comodidad.
- De la población que no utiliza vehículos a motor:
  - El 6% no lo hace por carecer de esa posibilidad
  - El 55% prefiere caminar o ir en bicicleta
  - El 9% no utiliza el coche por conciencia medioambiental
  - El 30% alude otras razones (cercanía, socialización, distancia,...)
- Con respecto a la distancia, solo un 28% de quienes utilizan vehículos a motor en sus desplazamientos al IES señala que vive en la zona más alejada de la ciudad (siendo importante señalar que la mayor distancia dentro de la localidad es de alrededor de 25 minutos a pie).
- Un 93% de los encuestados han asociado el tráfico rodado a la muestra de color oscuro de la fotografía.
- Un 97% considera que hay que hacer algo al respecto

<p>1. ¿A qué distancia vives del instituto? Indica uno de los 4 números</p>  <p>2. ¿Cómo vienes al instituto?</p> <p>3. Si vienes en coche, ¿compartes?</p> <p>4. Si vienes en coche, ¿por qué?</p> <p>5. Si no vienes en coche, ¿por qué?</p>	<p>6. Esta imagen se corresponde con dos muestras de aire tomadas en la puerta de entrada del IES y en la zona del recreo. ¿Cuál crees que es la de la entrada?</p>  <p>7. Después de ver esto, ¿crees necesario tomar medidas para reducir el uso del coche particular para venir al instituto?</p> <p>8. Si vienes en coche, ¿estarías a favor de cambiarlo por la bicicleta o por caminar, con el fin de mejorar el problema?</p>
---	--

**Fig. 1.** Encuesta enviada a la comunidad educativa del IES Reyes Católicos

Tras extraer estos resultados en clase planteamos con los estudiantes si había algún margen de mejora, si sería factible modificar estos hábitos de movilidad. Al mismo tiempo planteamos la siguiente cuestión en clase:



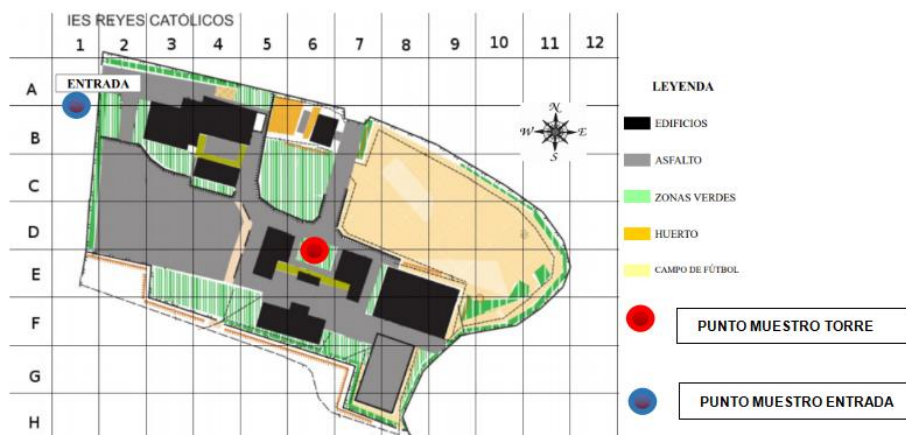
*¿Por qué, si la distancia es bastante asumible en una localidad como Ejea de los Caballeros, se usa tanto el coche particular?*

Algunas de las explicaciones que se les ocurrieron a los estudiantes fueron:

- No existe una conciencia real sobre la contaminación del aire puesto que vivimos en una ciudad pequeña, en un entorno rural, y en las noticias solo se habla del problema en grandes ciudades.
- El uso del coche está muy arraigado en la población. No se utiliza por necesidad puesto que muchos de los desplazamientos podrían hacerse a pie o en bici.
- Algunas familias no consideran que la circulación en bicicleta dentro de la ciudad sea segura debido a la gran cantidad de vehículos particulares que circulan a esa hora.

#### ***IV.2 (A1.2) Captación de partículas atmosféricas en el IES Reyes Católicos***

Una de las experiencias centrales del proyecto se basó en hacer experimentos científicos como los que hago en mi trabajo. Propuse a mi tutora y a los estudiantes que diseñáramos unos colectores sencillos (los elementos que utilizamos para construirlos fueron embudos, tubos de PVC, mangueras, garrafas de 10L, caja de herramientas y elementos de anclaje) para capturar las partículas en suspensión que se depositan, y los colocaríamos en dos ubicaciones en el IES, una en la que pensarán que podría haber más contaminación (entrada al IES) y otra en la que podría haber menos (pabellón torre en el recreo). Los puntos de muestreo seleccionados se indican en la Figura 2.



**Fig. 2.** Plano del IES Reyes Católicos con la localización de los puntos de muestreo

Durante dos meses, entre enero y marzo de 2019, los estudiantes realizaron los muestreos (yo no estuve en el IES salvo para el montaje de los colectores y la primera recogida de muestras). En total obtuvieron 8 muestras de partículas depositadas, 4 en la entrada del instituto y otras 4 en la torre del recreo, correspondientes a periodos acumulados de 15 días. Les dejé un protocolo de recogida de muestras (ver Anexo 1) para que siguieran los pasos allí detallados.

A mitad del periodo, cuando llevaban dos muestras recolectadas en cada punto de muestreo, volví al centro con un equipo de filtración y diversos materiales complementarios para hacer el tratamiento inicial de las muestras en el laboratorio del Departamento, tal y como hago en mi centro de investigación. Los materiales utilizados para el tratamiento inicial de las muestras fueron los siguientes:

- Filtros de microfibras de cuarzo, que pesamos en una balanza que llevé
- Botellas de plástico de 250 mL
- Rampa de filtración y bomba de vacío

Filtramos el contenido que se había acumulado en las garrafas sobre los filtros de cuarzo (Figura 3). Anotamos en la cápsula del filtro el código de la correspondiente muestra (T-01, E-01, etc). Cuantificamos los volúmenes acumulados para poder realizar los cálculos posteriores.

Los filtros que obtuvimos los dejamos secar durante algunos días y finalmente volvimos a pesarlos. Por diferencia de peso entre el filtro blanco y el filtro sucio y conociendo la superficie de captación (área del embudo), calculamos la masa de partículas insolubles que se depositaron durante cada periodo por unidad de superficie (expresado en  $\text{mg}/\text{m}^2$ ).

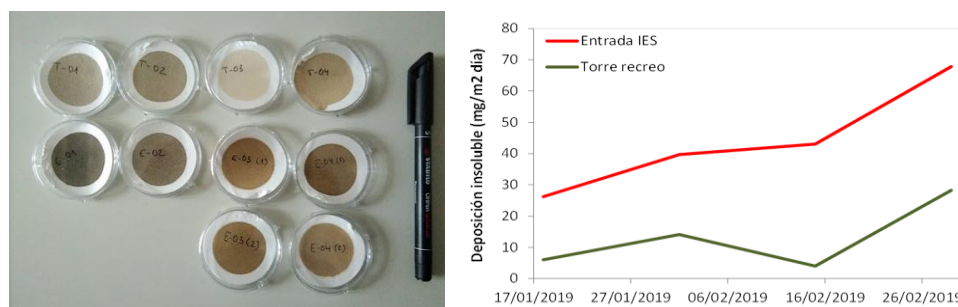
Esto lo repetimos al final del muestreo, justo cuando volví al IES durante mi segundo periodo de prácticas. Al final conseguimos obtener 4 muestreos válidos en cada ubicación (ver Anexo 2).



**Fig. 3.** Compilación de varios momentos del proceso de filtrado en laboratorio.

Con esta experiencia inicial conseguí que los estudiantes se viesen fuertemente impactados por los resultados. Ellos mismos habían hecho el experimento y la hipótesis que habíamos planteado inicialmente se confirmaba. Los filtros obtenidos a partir de las muestras de la entrada del IES eran claramente más oscuros que los de la Torre del recreo (Figura 4), y el origen para ellos estaba claro: el tráfico de vehículos. Adjunto

aquí un enlace donde pueden verse diversas imágenes del proceso a lo largo del periodo (<https://drive.google.com/open?id=16v1yq2hly6cUcOyodO62CO2hQR4pww8Y>).



**Fig. 4.** Muestras obtenidas a partir del filtrado en laboratorio. Los filtros de la parte superior corresponden al observatorio “Torre” mientras que los de la parte central e inferior son de la “Entrada”. En la parte derecha se observan las concentraciones de partículas obtenidas en cada zona.

Además del color de los filtros, las diferencias en la masa de los filtros fueron evidentes. El captador de la entrada del IES registró hasta 3 veces más cantidad de partículas que el de la Torre del recreo (Figura 4).

Estos resultados iniciales fueron los más importantes del proyecto: los estudiantes se creyeron realmente que la contaminación existe, que se puede medir, y que están expuestos a ella. A partir de estos datos pudimos extraer la primera gran conclusión: las diferencias que existen entre las muestras de ambos puntos de muestreo son muy evidentes y podrían relacionarse con la influencia del tráfico rodado, mucho mayor en la puerta de entrada al centro. Nuestro trabajo demostraba que, a pesar de la pequeña distancia que separa las dos localizaciones analizadas (unos 40 metros), alejarse de la fuente de contaminación supone un beneficio en la calidad del aire que respiramos.

#### ***IV.3 (A1.3) Interpretación de resultados de composición química de partículas y relacionar con su origen***

Me encargué de que las muestras obtenidas fueran analizadas en el laboratorio con el fin de conocer la composición química de las partículas depositadas (ver Anexo 3) y poder averiguar qué tipos de partículas hacen que se den tales diferencias entre ambos sitios de muestreo. El objetivo de esta actividad era trabajar con los estudiantes otro aspecto más del currículo. El trabajo científico se basa en hechos objetivos. En este caso, teníamos hasta la fecha algunos resultados objetivos pero para confirmar nuestras hipótesis era necesario hacer algo más. La cuestión que les planteé fue la siguiente:

*Si los vehículos emiten partículas de hollín por el tubo de escape, y al circular por las vías de circulación son capaces de resuspender el polvo de las calles, tenemos que ver que en la puerta de entrada del IES medimos más hollín y más partículas asociadas al polvo.*

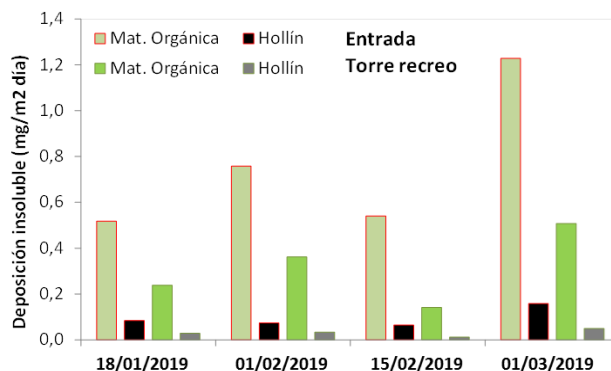
En este punto les expliqué el origen del polvo que está depositado en las calles, lo relacioné con el contexto climático de la zona (región árida, pulverulenta, nuestras

calles se van ensuciando poco a poco y transcurre bastante tiempo entre periodos de lluvia que pueden limpiarlas, etc). Además, llevé algunos artículos científicos donde se habla de este tipo de partículas. No les hice leer los artículos pero sí les mostré lo más interesante para que viesen la importancia de contextualizar y contrastar sus resultados.

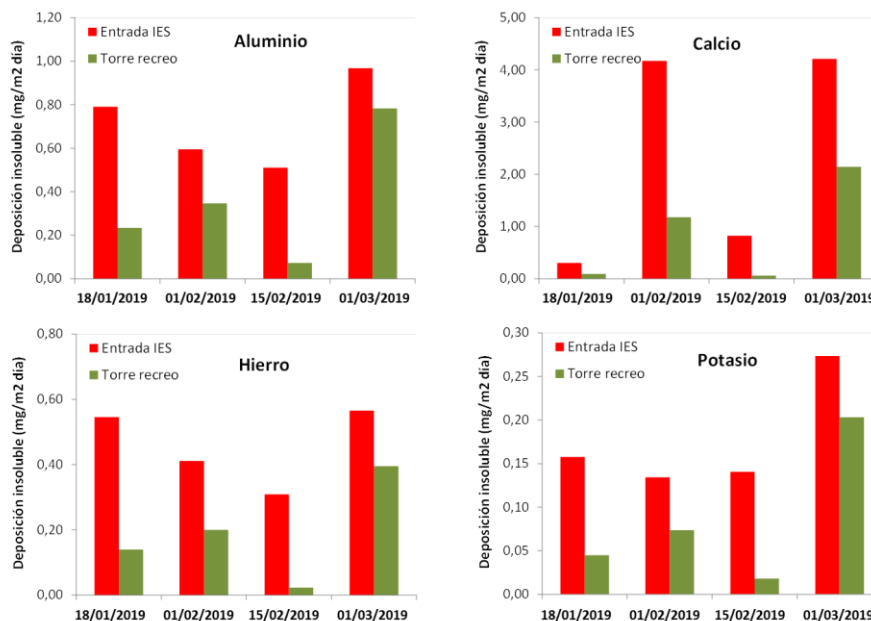
Durante el mes de abril de 2019 recibimos los resultados, realicé los diferentes cálculos necesarios porque de lo contrario tendríamos que haber dedicado algunas sesiones para explicar el procedimiento, y los llevé al aula. Lo que obtuvimos fue lo siguiente:

Todos los elementos analizados (ver Anexo 3 para más detalles) parecen indicar que la fuente contaminante responsable de las diferencias entre la entrada y la torre del recreo es el tráfico de vehículos. Las concentraciones de partículas orgánicas y de hollín eran hasta 3 veces más elevadas en la entrada que en la Torre. Lo mismo ocurría para las concentraciones de elementos típicos del suelo (aluminio, calcio, hierro o potasio), claramente mayores en la entrada del IES que en la Torre. Los estudiantes relacionaron muy bien las mayores concentraciones de hollín con los tubos de escape, y las de elementos minerales con la resuspensión de polvo de carretera según el artículo de Amato et al., (2009).

Dado que la contaminación atmosférica es un problema cotidiano y recurrente, durante el desarrollo del trabajo tuve la oportunidad de relacionar nuestros resultados con lo que estaba ocurriendo en otras ciudades españolas durante el mes de marzo y que salió varias veces en los medios de comunicación: las condiciones anticiclónicas dispararon la contaminación en las grandes ciudades españolas. Ejea, pese a ser una ciudad pequeña, también reflejó este cambio: casi todos los elementos y compuestos químicos que analizamos fueron más abundantes hacia el final de estudio (Figuras 5 y 6).



**Fig. 5.** Concentraciones de materia orgánica y hollín en las muestras



**Fig. 6.** Concentraciones de elementos minerales en las muestras.

#### ***IV.4 (A1.4) Monitorización de contaminantes atmosféricos en tiempo real en el IES y durante una ruta en bici por la ciudad***

Mientras recibíamos los resultados de los análisis del laboratorio planteé otra actividad, que consistió en medir algunos contaminantes en tiempo real mediante unos dispositivos portátiles que me prestaron mis colegas del IDAEA-CSIC de Barcelona. Estos dispositivos se utilizan para medir la concentración de nanopartículas y hollín con una resolución temporal muy elevada (1-60 segundos). Además, los dispositivos tienen una pantalla y por tanto es posible visualizar los datos al mismo tiempo que se registran en la memoria interna. Estas actividades las planteé para enriquecer el proyecto a nivel científico al mismo tiempo que fomentaba la curiosidad, motivación y concienciación de los estudiantes.

Con estos instrumentos, que los tuvimos una semana, hicimos dos actividades:

- 1) Ponerlos a medir durante una jornada entera en dos aulas distintas dentro del IES, una cercana al captador de la Entrada, otra cercana a la Torre. El objetivo era comprobar si la contaminación exterior accedía al interior.
- 2) Hacer unas rutas por la ciudad y por el entorno del IES para localizar focos de contaminación.

El día 26 de marzo, colocamos a la vez y a primera hora de la mañana, dos parejas de instrumentos (medidores de hollín y de nanopartículas) en aulas diferentes dentro del IES. La primera pareja de instrumentos se colocó en la clase de 2º de Bachillerato, que está orientada a la entrada del instituto, muy próxima a donde estuvo colocado el captador de partículas depositadas. La segunda pareja se colocó en la sala de profesores del pabellón de 1º de ESO, justo al lado de la torre donde se hicieron las medidas de



partículas depositadas. Una vez extraídos los datos de los instrumentos (lo hice yo mismo al día siguiente), los grafiqué y los proyecté en clase para interpretarlos.

- En la clase de 2º de Bachillerato, el monitor de nanopartículas solamente funcionó una hora mientras que el monitor de hollín estuvo funcionando ininterrumpidamente hasta la mañana del 27 de marzo.
- En el pabellón de 1º de ESO, el monitor de nanopartículas funcionó hasta las 19h aproximadamente y el monitor de hollín hasta casi las 5:00 a.m.

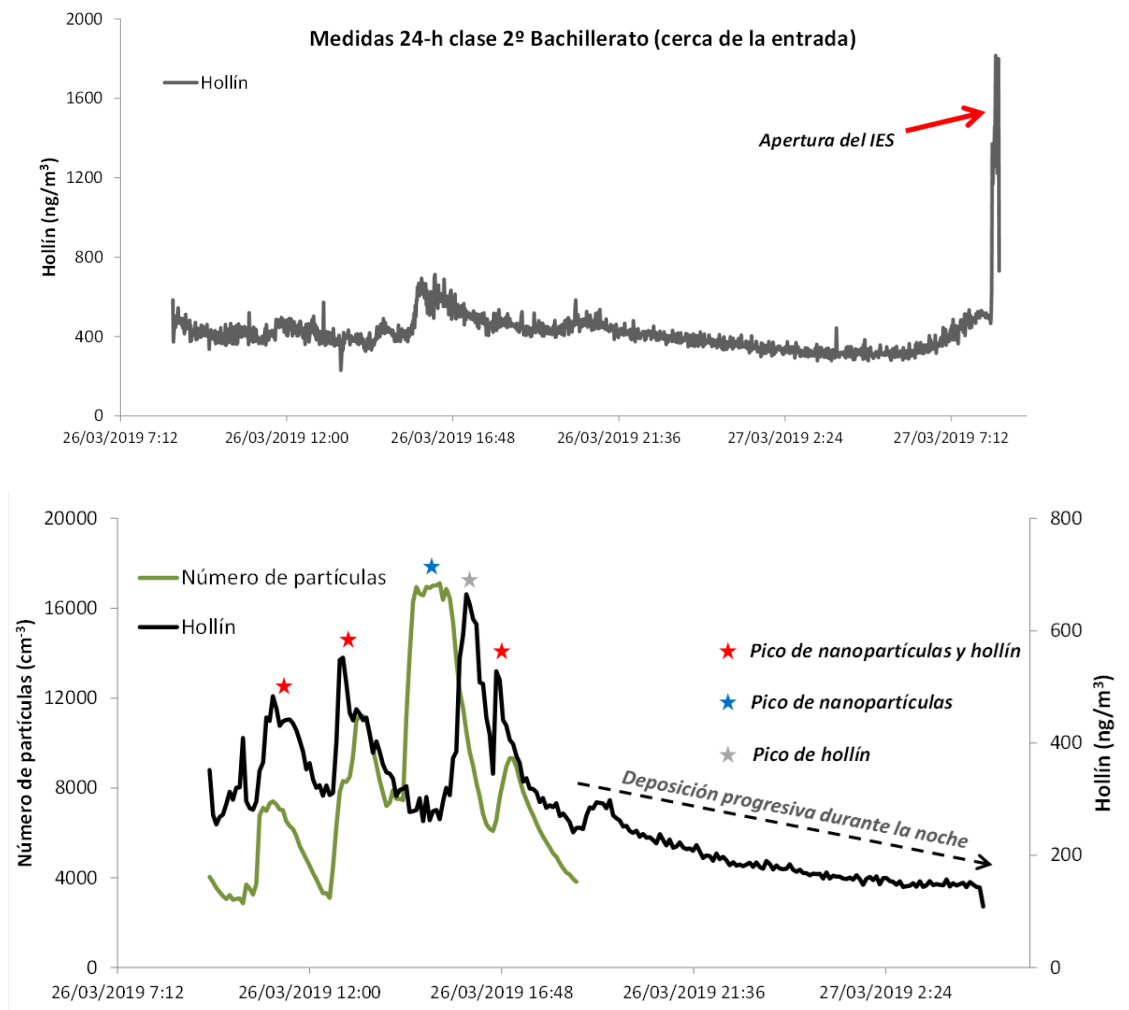
Discutimos sobre los rangos de concentración que observábamos (Figura 7), y los contextualizamos en relación al trabajo de Pérez et al. (2010). Concluimos lo siguiente:

- a) Las concentraciones de hollín son relativamente bajas en todo el recinto (entre 300 y 400 ng/m<sup>3</sup>). Según los estudiantes, las bajas concentraciones pueden deberse a::

- Poca o nula ventilación de las clases;
- Cerramientos de doble ventana en todas las salas de orientación norte;
- Pocas partículas en el exterior.

Aunque las concentraciones son bajas, les llamó la atención que fueran un 30% más elevadas en la clase de 2º de Bachillerato que en la de 1º ESO, seguramente por su cercanía al tráfico rodado. Este hecho lo relacionamos con un trabajo publicado por Viana et al. (2014), donde mostraba este fenómeno.

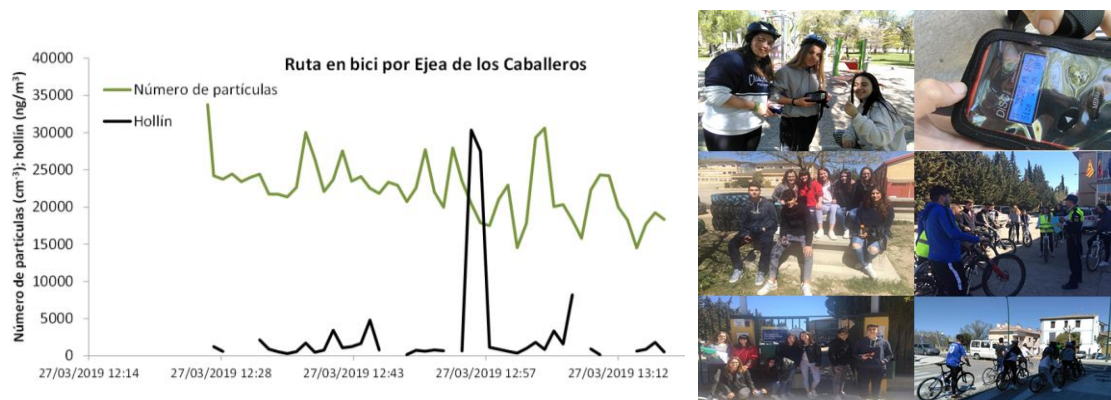
- b) Entre las 16 y las 18h había un pico de hollín en ambas clases, que claramente venía del exterior porque son edificios distintos. Esto demostraba que la contaminación atmosférica exterior penetra en los edificios.
- c) En la clase de 2º de Bachillerato, al lado de la entrada, se detecta un pico de hollín de casi 2000 ng/m<sup>3</sup> cuando se abre el IES por la mañana. Ese pico de contaminación era equivalente al valor medio de hollín que respiran los habitantes de Barcelona, según Pérez et al. (2010). Este hecho les llamó mucho la atención.
- d) En el pabellón de 1º de ESO se observa que las nanopartículas y el hollín varían en paralelo y por tanto deducimos que pueden tener un origen común. Sin embargo, se detectó un pico de nanopartículas que no coincidía con uno de hollín. Al preguntar a los estudiantes qué podía causarlo teniendo en cuenta la hora en la que apareció, algunos de ellos dijeron que era cuando limpiaban las aulas. Una vez más, en el artículo de Viana et al. (2014) relacionan el uso de productos de limpieza con la formación de partículas.



**Fig. 7.** Concentraciones de nanopartículas y hollín en clases de 2º Bachillerato (superior) y 1º ESO (inferior) medidas con dispositivos portátiles medidas entre el 26 y el 27 de marzo de 2019.

El día 27 de marzo hicimos dos grupos para hacer las dos rutas simultáneas en las que mediríamos la contaminación en tiempo real, tanto en el entorno del IES como por la ciudad. Durante las rutas uno de los instrumentos no funcionó. Pese a ello, pudimos comprobar cómo los que fuimos en bici (Figura 8) estuvimos respirando picos de contaminación de hollín muy elevados en algunas ocasiones (hasta 30.000 ng/m<sup>3</sup>), que son hasta 15 veces superiores a los que se dieron durante la apertura del IES. Estos picos de hollín los asociamos a las emisiones de los tubos de escape y de algunos vehículos en particular, como algunas furgonetas de reparto o pequeños camiones, desde los cuales la emisión de contaminantes era evidente. En los dos casos las concentraciones de nanopartículas similares (entre 22.000 y 23.000 nanopartículas por centímetro cúbico).

Las experiencias con estos instrumentos confirieron al proyecto es inmediatez, al mismo tiempo que favorecieron la conciencia individual y colectiva sobre el problema.



**Fig. 8.** Concentraciones de nanopartículas y hollín durante la ruta en bici (izquierda) y diferentes momentos de la ruta (derecha) durante el 27 de marzo de 2019.

#### *IV.5 (A3) Difusión del proyecto y proposición de medidas correctoras*

La realización de un proyecto de estas características y los resultados que obtuvimos fueron motivo suficiente para darlo a conocer al público en general. Contribuir a visibilizar un problema es el primer paso para poder solucionarlo. Mi tutora se ha involucrado enormemente en este sentido y por ello el proyecto que realizamos ha salido en varios medios de comunicación (prensa, radio, televisión, ver Anexo 4).

Tras los resultados obtenidos dedicamos una clase para plantear algunas soluciones. Habíamos visto cómo la contaminación disminuía conforme nos alejábamos de los vehículos, y por tanto las medidas que propondríamos tendrían que estar enfocadas en esa dirección. Durante algunas de las clases trabajamos en medidas posibles, algunas de ellas fueron posteriormente plasmadas en una carta dirigida a la alcaldesa de la localidad (Anexo 5).

- Crear **rutas seguras para ciclistas**: en el centro urbano de Ejea de los Caballeros que incentiven el acceso al centro escolar en bicicleta y que fomenten el uso de la bicicleta en nuestra ciudad como medio de transporte preferente.
- **Actuar dentro del Plan Urbanístico**: en la medida de lo posible y relacionado con el punto anterior, sería positivo que se habilitase un espacio pavimentado para el estacionamiento de los autobuses de las rutas escolares en la Carretera de Erla colindante con el IES (señalada en el mapa adjunto). Esa zona, actualmente sin asfaltar, se utiliza para el aparcamiento de vehículos. Creemos que es la zona más adecuada para el estacionamiento de los autobuses puesto que la pantalla vegetal del perímetro del instituto actúa como una barrera de protección frente a la entrada de gran parte de la contaminación del tráfico rodado que allí ocurre.
- Incentivar a las compañías de transporte a la **sustitución de sus vehículos por otros menos contaminantes**. En ciudades españolas como en Zaragoza se están implantando los autobuses híbridos y eléctricos, con resultados muy positivos.
- Una de las cuestiones que barajamos antes de tener los resultados definitivos fue la de **reorganizar el tráfico del entorno del IES**. Esto surgió a raíz del primer filtrado de muestras, en el que quedó patente que el tráfico parecía tener un impacto significativo en el entorno del IES. Los estudiantes planificaron unas



alternativas durante una de las clases (yo no estaba en el centro). La propuesta consistía en que sólo los autobuses escolares podrían llegar hasta la puerta del instituto, quedando restringido el acceso por la calle Mariano Alastuey a los coches particulares, y transformándola en una vía segura para bicicletas. Para testar la viabilidad de esta medida, mi tutora solicitó una reunión con Policía Local de Ejea. La policía señaló posibles dificultades que podrían surgir de esta reorganización, pero indicó el procedimiento a seguir para plantear la solicitud formal.

- **Crear un sumidero de carbono** en el propio instituto como un gesto simbólico que ayudase a concienciar sobre el problema. Además de la creación del sumidero en sí, realizamos unas estimaciones en clase para averiguar las emisiones de CO<sub>2</sub> anuales que producimos cada uno de nosotros (CEROCO<sub>2</sub>: <https://ceroco2.org/calculadoras/calculo-terrestre>). Además, buscamos información sobre la cantidad de CO<sub>2</sub> que son capaces de detraer de la atmósfera diferentes especies arbóreas (MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA: [https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mecanismos-de-flexibilidad-y-sumideros/sumideros\\_tcm30-178384.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mecanismos-de-flexibilidad-y-sumideros/sumideros_tcm30-178384.pdf)).

La creación del sumidero de carbono se ha realizado en distintas fases:

- Fase 1: se plantaron 2 árboles (manzano y melocotonero).
- Fase 2: se plantaron un centenar de arbustos y plantas aromáticas.

Se prevé continuar con más fases en cursos posteriores con el fin de cerrar la pantalla vegetal en los tramos del perímetro del instituto donde no existe. Serán necesarios unos 100 cipreses más para cerrar el perímetro.



#### *IV.6 (A4.3) Presentación del proyecto al I Certamen Tecnológico Efigy*

Como colofón al proyecto educativo, decidimos presentarlo al I Certamen Tecnológico Efigy de la Fundación Naturgy (<http://www.fundacionnaturgy.org/wp-content/uploads/2018/10/Bases-legales-Certamen-Tecnologico-Efigy.pdf>), que dirigido a escolares de 3º y 4º curso de ESO, tenía el objetivo de “motivar y generar conciencia e interés por la energía desde edades tempranas, reforzando la capacidad de investigación de los jóvenes, despertando su curiosidad y su creatividad, así como facilitar el trabajo

en equipo y las habilidades comunicativas”. Precisamente, lo que consiguió esta convocatoria fue motivar a los estudiantes todavía más, pero no solo a ellos sino al resto de sus compañeros y a gran parte de la comunidad educativa.

En primera instancia hubo que presentar un boceto de lo que sería nuestro proyecto y enmarcarlo en una de las dos líneas de investigación que se proponían en la convocatoria. Tras la primera fase, en la que se presentaron más de 60 candidaturas, eligieron los 15 proyectos que tenían mejor proyección y que fueron los que participaron finalmente en el Certamen. Nuestro proyecto “El aire que respiramos” fue uno de los seleccionados para participar en el Certamen. Ello nos obligó a trabajar en la redacción de una memoria para presentarla al Certamen. Gran parte del trabajo de la memoria lo hicimos con los estudiantes de 3º y 4º de ESO en los recreos y algunas tardes. Otras partes las hicimos Irene y yo.

EL AIRE QUE RESPIRAMOS	
IES REYES CATÓLICOS	
PROYECTO DEL IES REYES CATÓLICOS DE EJEA DE LOS CABALLEROS (ZARAGOZA)	
AUTORES: ACIN CASAS, YZAN, GIMÉNEZ MENA, ANDREA; LAMPÉREZ RUIZ, ANA; MAYAYO CAUSÍN, MAR; SÁNCHEZ LONGAS, MARCOS	
PROFESORA RESPONSABLE: IRENE VILLA ORDUNA	
I CONGRESO TECNOLÓGICO EFIGY	
FUNDACIÓN NATURGY	

EL AIRE QUE RESPIRAMOS	
IES REYES CATÓLICOS	
ÍNDICE	
1.- INTRODUCCIÓN	1
2.- FUNDAMENTOS TEÓRICOS - ESTADO DE LA CUESTIÓN	2
3.- HIPÓTESIS	3
4.- METODOLOGÍA Y MATERIAL	3
FASE 1: DIAGNÓSTICO	3
a) Encuestas sobre hábitos de movilidad de la comunidad educativa	3
b) Captación de partículas de aire en el IES Reyes Católicos	4
c) Realización de mediciones de nanopartículas y hollín en tiempo real	8
FASE 2: MOTIVACIÓN Y CONCIENCIACIÓN	9
a) Charla de Educación Vial, Convivencia y Ciudadano	9
b) Talleres para el fomento del uso de la bicicleta	10
c) Grabación de un videoclip	11
FASE 3: MEDIDAS URBANÍSTICAS	12
FASE 4: MEDIDAS DE ORGANIZACIÓN DEL TRÁFICO RODADO	13
FASE 5: CREACIÓN DE UN SUMIDERO DE CARBONO	14
FASE 6: ACONDICIONAMIENTO DEL INSTITUTO	15
5.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	16
6.- CONCLUSIÓN	27
7.- BIBLIOGRAFÍA	28
8.- AGRADECIMIENTOS	29

Además de la memoria del proyecto, los estudiantes tuvieron que elaborar un póster (ver Anexo 6) y preparar una presentación de 5 minutos para exponer ante un jurado especializado. En esta fase les ayudamos mucho, principalmente a nivel de estilos, presentación, y siempre fortaleciendo sus aptitudes.



Presentación del proyecto al jurado técnico.

El 13 de junio fue la presentación de los proyectos en la sede de Naturgy en Madrid, y el proyecto que presentamos fue galardonado con el premio al centro educativo más implicado, dotado con 500€. Además, obtuvo el máximo reconocimiento del Certamen y por ello 2000€ adicionales para material escolar.



Gala de entrega de premios, fotografía final con los cuatro proyectos ganadores y foto grupal de IES Reyes Católicos.



## V. EVALUACIÓN FINAL

En el Anexo II de la ORDEN ECD/494/2016, de 26 de mayo, aparecen recogidos los criterios de evaluación y los estándares de aprendizaje evaluables de las diferentes asignaturas de Bachillerato, entre ellas Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente. En el Bloque de “Contaminación atmosférica”, los criterios de evaluación están asociados con el desarrollo de ciertas competencias clave:

- **Crit.CTM.3.1.** Argumentar el origen de la contaminación atmosférica, sus repercusiones sociales y sanitarias. CMCT-CSC
- **Crit.CTM.3.2.** Proponer medidas que favorecen la disminución de la contaminación atmosférica y del efecto invernadero. CMCT
- **Crit.CTM.3.3.** Relacionar la contaminación atmosférica con sus efectos biológicos. CMCT-CSC
- **Crit.CTM.3.4.** Clasificar los efectos locales, regionales y globales de la contaminación atmosférica. CMCT-CSC

27

Este bloque de contenidos fue el eje central de parte del segundo y todo el tercer trimestre para los 16 estudiantes que cursaron la asignatura. Los 5 estudiantes de 3º y 4º de ESO fueron evaluados en sus materias de Biología y Geología del mismo modo que el resto de sus compañeros, aunque su implicación en el proyecto les valió para subir sus respectivas calificaciones finales.

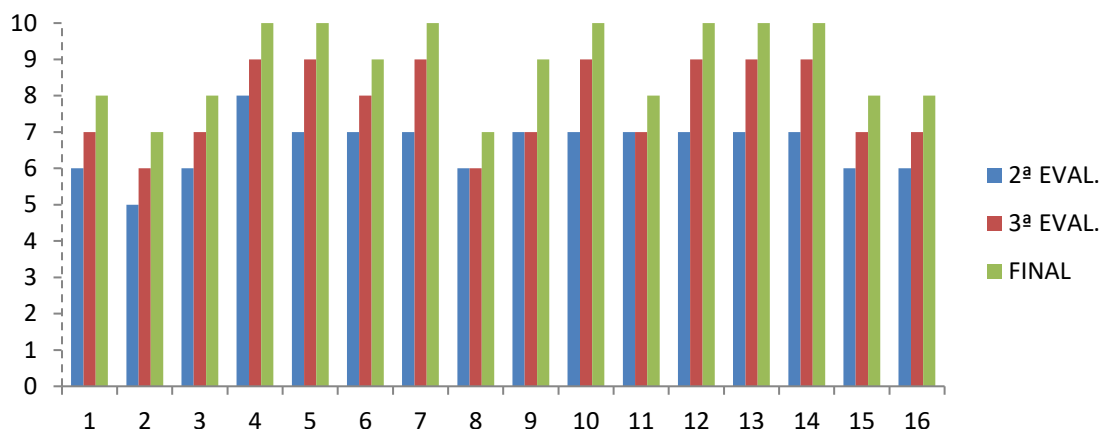
El desarrollo del proyecto permitió trabajar en profundidad los criterios de evaluación de este bloque de contenidos. Con la metodología adoptada y el tiempo que dedicamos al proyecto se ha conseguido un desarrollo competencial muy significativo, especialmente las competencias Matemáticas, Científicas y Tecnológicas (CMCT), y en las Competencias Sociales y Cívicas (CSC). Ha sido gratificante comprobar como al inicio los estudiantes tenían casi “miedo” de hacer las cosas, de trabajar en el laboratorio, rehuían de transportar los instrumentos por si se rompían, o incluso les costaba participar en la interpretación de los gráficos. Con el desarrollo del proyecto este miedo inicial desapareció por completo y el proyecto en sí fue una actividad cotidiana para ellos. Fue muy evidente como era “su proyecto”, lo conocían en detalle, sabían todo lo que habían hecho, eran conscientes del problema. No faltaba nunca ningún estudiante a las clases. Se implicaron en varias actividades, incluso fuera del aula (algunos fueron a Aragón TV el 28 de mayo, otros participaron en un programa de radio de la cadena SER, una de ellas fue al I Certamen Tecnológico de Efigy, etc).



Estudiantes participando en la toma de muestras (izquierda) y en los trabajos de laboratorio (derecha)

Obviamente, el grado de implicación de los estudiantes en el proyecto no fue el mismo. Algunos estaban absolutamente entusiasmados, otros estaban “entretenidos”, y solamente dos-tres estudiantes mostraron una actitud más distante pero aun así, positiva.

Yo no realicé la evaluación completa de los estudiantes porque los test inicial y final se realizaron cuando yo no estaba en el IES. Los exámenes tipo test que realizaron supusieron el 30% de la calificación, mientras que la participación en el proyecto supuso el 70% de la nota. Es en la valoración de las actitudes y del grado de implicación en el proyecto donde contribuí. Para ello, consensuamos las calificaciones con mi tutora, y en base a una valoración general de estos dos aspectos consideramos que las calificaciones de los estudiantes oscilarían entre el 7 y el 10.



El proyecto incrementó el rendimiento académico de todos los estudiantes. Los estudiantes no mejoraron significativamente en el test final con respecto al test inicial (no eran el mismo test), sino que la valoración del desarrollo competencial fue lo que les valió el incremento de sus notas.

Para la calificación final de la asignatura mi tutora me consultó que había pensado en incrementarles a todos la nota 1 punto. Yo le dije que estaba de acuerdo, que consideraba que habían aprendido muchísimo y que habían trabajado con ilusión y con responsabilidad durante todas las sesiones e incluso se habían implicado en el proyecto al margen de sus horas de CTMA. Le animé a premiar con 2 puntos a Jesús, que fue quien mostró una actitud más positiva y proactiva.

Teniendo en cuenta los estándares de evaluación fijados para este bloque de contenidos, el proyecto que realizamos con los estudiantes permitió trabajar todos ellos de una forma práctica y aplicada.

- **Est.CTM.3.1.1.** Identifica los efectos biológicos de la contaminación atmosférica.
  - ✓ **Hablamos de efectos en la salud y el desarrollo cognitivo de los niños y adolescentes**
- **Est.CTM.3.1.2.** Asocia los contaminantes con su origen, reconociendo las consecuencias sociales, ambientales y sanitarias que producen. Enumera y describe los principales contaminantes atmosféricos, e identifica sus consecuencias.

- ✓ Relacionamos diversos contaminantes con sus fuentes (tubos de escape, polvo de carretera, productos de limpieza, etc).
- **Est.CTM.3.2.1.** Describe medidas que previenen o atenúan la contaminación atmosférica y el efecto invernadero, identificando si son medidas predictivas, preventivas o correctoras.
  - ✓ Buscamos soluciones para atenuar los niveles de contaminación en el IES y en la propia ciudad. Propusimos medidas preventivas (evitar la emisión de contaminantes) como atenuantes (alejar los contaminantes del IES).
- **Est.CTM.3.3.1.** Relaciona el grado de contaminación con ciertas condiciones meteorológicas y/o topográficas. Identifica aquellas situaciones atmosféricas que favorecen la dispersión de contaminantes, las que los concentran y medidas a adoptar.
  - ✓ Comprobamos como al mismo tiempo que se producían episodios de contaminación severos en las grandes ciudades españolas debido a situaciones de estabilidad atmosférica persistentes, registrábamos también picos de contaminación intensos.
- **Est. CTM.3.3.2.** Explica los efectos biológicos producidos por la contaminación atmosférica, relacionándolos con cada contaminante explicado.
  - ✓ Centramos nuestro estudio en las partículas en suspensión, que son el contaminante atmosférico más pernicioso.
- **Est.CTM.3.4.1.** Describe los efectos locales, regionales y globales ocasionados por la contaminación del aire, en relación con el calentamiento global, el agujero de la capa de ozono, la lluvia ácida y el smog.
  - ✓ Comprobamos los efectos que produce la contaminación en el IES y en la ciudad de Ejea de los Caballeros al medir en localizaciones distintas. Tuvimos la oportunidad de comprobar como la contaminación atmosférica viaja y de dispersa, y atraviesa las barreras físicas de los edificios.
- **Est.CTM.3.4.2.** Distingue el origen y efectos del ozono troposférico y estratosférico. Conoce el papel protector de la capa de ozono y el origen antrópico del ozono troposférico y las medidas para reducirlo.
  - ✓ De manera teórica, hablamos de las diferencias entre el ozono troposférico, considerado como contaminante (que además está fuera de control en la actualidad), con respecto al ozono estratosférico, que forma una capa en la estratosfera y que ayuda a filtrar la radiación ultravioleta.

## VI. EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA Y PROPUESTA DE MEJORA

Mi propuesta didáctica ha sido posible gracias a la implicación en la misma de mi tutora y de los estudiantes. Ha sido un proyecto muy ambicioso con el cual hemos aprendido muchas cosas todos los que hemos estado involucrados.

La propuesta en sí se ha ido gestando conforme la íbamos desarrollando: estuvo claro desde el principio del curso que la asignatura de CTMA se iba a trabajar por proyectos pero la temática de los mismos ha surgido en función de las inquietudes de los estudiantes. Ha coincidido que una de las inquietudes que mostraron al principio estaba relacionada con la contaminación atmosférica, que es a lo que me dedico a nivel profesional, y para mí ha sido más fácil el poder disponer de recursos materiales y bibliográficos para trabajar este tema en profundidad, desde una perspectiva actual y actualizada, y con unas dosis de rigor equivalentes a las que se exigen en el ámbito científico. Reconozco en este punto que un proyecto de estas características necesita puede suponer un gran esfuerzo para un docente que no tenga acceso inmediato a según qué recursos.

Tras la fase de gestación del proyecto, en la que decidimos que íbamos a hacer algunos experimentos, el proyecto fue creciendo en magnitud y diversificándose en cuanto al número y variedad de actividades transversales. Finalmente, el proyecto implicó a toda la comunidad educativa en mayor o menor medida, primero a través de las encuestas sobre los hábitos de movilidad, luego con las diferentes actividades de difusión que se organizaron. Y como elementos tangenciales al proyecto, acabamos presentándolo al Certamen de Efigy. El conjunto de actividades, experiencias, aprendizajes, resultados sorprendentes; el hecho de manipular muestras propias, salir del aula a hacer rutas en bici para medir la contaminación; el divulgar el trabajo a través de la prensa y la TV, o durante el Certamen hicieron que los protagonistas del proyecto estuvieran motivados y por ello muy involucrados en el proyecto. Sinceramente creo que el proyecto ha servido para crear en el grupo de los 21 estudiantes implicados un aprendizaje significativo sobre el tema tratado, que va más allá del conocimiento de los contenidos en sí. Este trabajo ha servido para concienciar a los estudiantes sobre el problema, para hacerles conscientes que tienen en su mano una lista de soluciones que pueden aplicar en su día a día para mejorar la calidad de vida propia y ajena, para hacerles reflexionar sobre los hábitos de movilidad y consumo de nuestra sociedad, y las posibilidades reales de modificar estos hábitos para hacerlos más sostenibles. Lo positivo de todo esto que han sido ellos quienes han llegado a estas reflexiones: no ha habido que memorizar nada.

A nivel organizativo, ha habido partes del proyecto que estaban muy bien definidas, con un cronograma bien establecido, otras en cambio han sido totalmente improvisadas y han surgido conforme avanzaba el proyecto o incluso una hora antes de la clase. Dado que había muchos aspectos en los que trabajar, no ha sido un problema el recurrir a la improvisación para avanzar en el proyecto. Sin embargo, soy consciente que mi carga de trabajo era muy inferior a la que tiene cualquier buen docente un día cualquiera, y que el tema que estábamos trabajando es familiar para mí, con lo que improvisar en las clases no me resultaba complicado. En otras circunstancias sí que hubiera necesitado una planificación mucho mayor para llevar a cabo un proyecto de estas características o incluso más sencillo que éste.

El desarrollo de esta propuesta y el observar el funcionamiento de las clases en otros grupos de otros niveles me ha servido para comprobar que una experiencia de este tipo consigue enganchar al grupo con el tema de trabajo. Acercar las ciencias naturales a la realidad cotidiana de los estudiantes se ha demostrado muy positivo. Además, el grupo-clase ha estado muy cohesionado. Ha sido muy positivo ver cómo entre ellos colaboraban y cooperaban durante la ejecución de las tareas, cómo se explicaban unos a otros, cómo se organizaban entre ellos. Considero que esta experiencia ha generado una batería de actitudes positivas hacia la tarea y hacia el propio grupo.



## VII. CONCLUSIONES

Durante el máster he recibido formación básica en diferentes aspectos relacionados con la psicología del adolescente, con los métodos de enseñanza, con las actividades que pueden plantearse a la hora de abordar los contenidos que se deben de tratar, con la legislación educativa, y por supuesto con la implementación de todo esto en los centros educativos durante el tiempo que hemos estado en prácticas. Había varios aspectos que desconocía hasta la fecha y que me han resultado sumamente interesantes e importantes, y además he podido comprobar cómo se implantan en un centro público de Secundaria: los Planes de Convivencia e Igualdad, la gestión del absentismo, o las acciones de tutoría y orientación. Mi experiencia en el IES Reyes Católicos de Ejea de los Caballeros me ha demostrado que la ejecución de estos programas es fundamental puesto que previenen la aparición de conflictos y casos de acoso escolar, fomentan la igualdad de trato entre compañeros, minimizan los casos de absentismo escolar, y velan por el bienestar físico y mental de los estudiantes. Cuando la sociedad educativa está en armonía es posible trabajar los contenidos de las diferentes materias. En este sentido, he tenido la suerte de estar en un centro donde se da mucha importancia a estos asuntos gracias a la labor incesante del equipo de orientación, del equipo directivo y de varios docentes que están fuertemente implicados.

En relación con este asunto, otra de las piezas fundamentales que hemos trabajado en el máster es la psicología del adolescente y las relaciones grupales. Aunque muchos de los asuntos tratados en esta asignatura parecen obvios, el grado de cohesión de los grupos-clase, las inquietudes de los estudiantes a nivel individual y colectivo, la diferenciación chicos/chicas en base a su grado de desarrollo psicoevolutivo son elementos de una realidad que existe en la práctica y no solamente en la teoría, y por tanto ha sido positivo haber escuchado hablar de esto antes para entender mejor la realidad dentro del aula.

Finalmente, las asignaturas del máster relacionadas con mi especialidad me han resultado muy útiles. Durante la asignatura de Fundamentos del Diseño Instruccional se incidió mucho en la existencia de ideas alternativas en ciencias, en cómo detectarlas y en cómo trabajar para reducir o eliminar dichas ideas. La realidad durante mi experiencia docente es que las ideas alternativas son muy comunes entre los estudiantes, y que muchas veces el docente no es consciente de la existencia de dichas ideas y trabaja los contenidos que toca trabajar en ese momento sin saber de su existencia. Viví varios casos, tanto a título personal como cuando fui observador, en los que una pregunta por parte de algún estudiante consigue destapar una serie de ideas erróneas en varios de ellos sobre los conceptos que estaban en los peldaños inferiores del tema que se estaba trabajando. Este hecho afecta directamente al aprendizaje que se está construyendo en el estudiante y por tanto la detección de estas ideas alternativas es fundamental.

Por otra parte, las asignaturas del segundo cuatrimestre de Diseño de Actividades y de Contenidos Disciplinarios de Biología han sido de gran utilidad. En el primer caso para comprobar y experimentar la viabilidad de realizar distintos tipos de prácticas con los estudiantes en clase, en el laboratorio o fuera del centro. Yo estoy convencido de la relevancia de este tipo de actividades a la hora de abordar los contenidos de las asignaturas de ciencias, pero siempre es positivo ver una decena de actividades distintas, vivir la implementación de las actividades en la práctica, y comprobar los resultados

más o menos satisfactorios que se obtienen. En segundo lugar, la asignatura de Biología me ha servido para refrescar un sinfín de contenidos de esta materia.

En general, agradezco de algunas asignaturas que parte del trabajo individual de las mismas haya consistido en la preparación de un tema para exponerlo a mis compañeros del máster. Esto me ha obligado a preparar clases en un nivel determinado de ESO o Bachillerato sobre temas que me resultaban cómodos o no. También me parece sumamente positivo que en la asignatura de Habilidades Comunicativas para profesores nos tuviéramos que grabar en nuestras clases en el IES para posteriormente exponer parte de la grabación frente al resto de compañeros de la asignatura y a nosotros mismos. Este tipo de actividades, además de ser instrumentos de evaluación para el profesorado de las asignaturas que ha optado por calificar según estos medios, me han enriquecido personalmente y me han servido para aprender de mis compañeros y para intentar mejorar los aspectos de mí mismo que no me han gustado. Sin embargo, la mayor parte de los trabajos escritos y memorias que he tenido que realizar para justificar mi aprovechamiento en otras asignaturas no me han aportado nada adicional aparte de lo que aprendí durante las clases presenciales. Comencé el máster convencido de que es necesario hacer un curso que te enseñe a ser un buen profesor. Lo inicié con mucha ilusión, aprendiendo muchas cosas que desconocía, no faltando a apenas ninguna clase. Sin embargo, el elevado número de trabajos, a mi juicio estériles, que demandan las diferentes asignaturas del máster además del sinfín de mini-tareas (o deberes) transformó mi actitud. Sin ningún atisbo de duda, las prácticas en el IES fueron la parte más gratificante. En ello sí que sentí que el esfuerzo y la dedicación que les presté tenían su razón de ser.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- I Congreso Tecnológico Efigy, Fundación Naturgy.  
<http://www.fundacionnaturgy.org/wp-content/uploads/2018/10/Bases-legales-Certamen-Tecnologico-Efigy.pdf>
- Amato, F., Pandolfi, M., Escrig, A., Querol, X., Alastuey, A., Pey, J., Pérez, N., y Hopke, P.K. (2009). Quantifying road dust resuspension in urban environment by Multilinear Engine: A comparison with PMF2. *Atmospheric Environment*, 43, 17, 2770-2780. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2009.02.039>.
- Basagaña, X., Esnaola, M., Rivas, I., Amato, F., Alvarez-Pedrerol, M., Forns, J., López-Vicente, M., Pujol, J., Nieuwenhuijsen, M., Querol, X., y Sunyer, J. (2016). Neurodevelopmental Deceleration by Urban Fine Particles from Different Emission Sources: A Longitudinal Observational Study. *Environmental Health Perspectives*, 124(10), 1630-1636. <https://doi.org/10.1289/EHP209>.
- Boronat-Gil, R., Gómez-Tena, M., López-Pérez, J.P. (2018). Diseño experimental de un sumidero de CO<sub>2</sub> y sus implicaciones en el cambio climático. Una experiencia de trabajo con alumnos en el laboratorio de Educación Secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15(1), 1202. [http://dx.doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2018.v15.i1.1202](http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i1.1202).
- Dale, E. (1969). *Audio-Visual Methods in Teaching*, 3rd ed. New York: Holt, Rinehart & Winston, p. 108.
- García Carmona, A. (2005). Relaciones CTS en el estudio de la contaminación atmosférica: una experiencia con estudiantes de secundaria. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 4(2), 1-17. Recuperado en junio de 2019 de: <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/16343>.
- 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://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.830>.
- Marx, R.W., Blumenfeld, P.C., Krajcik, J.S., y Soloway, E. (1997). Enacting project-based sciences: Challenges for practices and policy. *Elementary School Journal*, 97(4), 341-358. <http://dx.doi.org/10.1086/461870>.
- Morales, P., y Landa, V. (2004). Aprendizaje basado en problemas. *Theoria*, 13, 145-157. Recuperado en junio de 2019 de: <http://www.ubiobio.cl/theoria/v/v13/13.pdf>.
- Moreno-Fernández, O. (2017). ¿Qué sabes de la contaminación? Estudio de las ideas previas en alumnado de Educación Primaria. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 16(3), 502-515. Recuperado en junio de 2019 de: [http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen16/REEC\\_16\\_3\\_5\\_ex963.pdf](http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen16/REEC_16_3_5_ex963.pdf).
- Pereira Baz, M.A. (2015). 7 elementos esenciales del ABP. *Centro Nacional de Desarrollo Curricular en Centros no Propietarios*. Recuperado en junio de 2019 de: <http://cedec.intef.es/7-elementos-esenciales-del-abp/>.

- Pérez, N., Pey, J., Cusack, M., Reche, C., Querol, X., Alastuey, A., y Viana, M. (2010). Variability of particle number, black carbon and PM10, PM2.5 and PM1 levels and speciation: Influence of road traffic emissions on urban air quality. *Aerosol Science and Technology*, 44, 487-499. <https://doi.org/10.1080/02786821003758286>.
- Prieto, L. (2006). Aprendizaje activo en el aula universitaria: el caso del aprendizaje basado en problemas. *Miscelánea Comillas. Revista de Ciencias Humanas y Sociales*, 64(124), 173-196. Recuperado en junio de 2019 de: <https://revistas.comillas.edu/index.php/miscelaneacomillas/article/view/6558>.
- Pujol, J., Martínez-Vilavella, G., Macià, D., Fenoll, R., Alvarez-Pedrerol, M., Rivas, I., Forns, J., Blanco-Hinojo, L., Capellades, J., Querol, X., Deus, J., y Sunyer, J. (2016). Traffic pollution exposure is associated with altered brain connectivity in school children. *Neuroimage*, 129, 175-184. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2016.01.036>.
- Requia, W.J., Higgins, C.D., Adams, M.D., Mohamed, M., y Koutrakis, P. (2018). The health impacts of weekday traffic: A health risk assessment of PM2.5 emissions during congested periods. *Environment International*, 111, 164-176. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.11.025>.
- Sunyer, J., Esnaola, M., Alvarez-Pedrerol, M., Forns, J., Rivas, I., López-Vicente, M., Suades-González, E., Foraster, M., Garcia-Esteban, R., Basagaña, X., Viana, M., Cirach, M., Moreno, T., Alastuey, A., Sebastian-Galles, N., Nieuwenhuijsen, M., y Querol, X. (2015) Association between Traffic-Related Air Pollution in Schools and Cognitive Development in Primary School Children: A Prospective Cohort Study. *PLoS Med*, 12(3): e1001792. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1001792>.
- Viana, M., Rivas, I., Querol, X., Alastuey, A., Sunyer, J., Álvarez-Pedrerol, M., Bouso, L., y Sioutas, C. (2014). Indoor/outdoor relationships and mass closure of quasi-ultrafine, accumulation and coarse particles in Barcelona schools. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 14, 4459-4472. <https://doi.org/10.5194/acp-14-4459-2014>.
- Willard, K., y Duffrin, M.W. (2003). Utilizing project-based learning and competition to develop student skills and interest in producing quality food items. *Journal of Food Science Education*, 2, 69-73. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4329.2003.tb00031.x>.
- Zhang K., y Batterman S., (2013). Air pollution and health risks due to vehicle traffic. *Science of The Total Environment*, 450-451, 307-316, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.01.074>.

## IX. ANEXOS

### Anexo 1. Protocolo enviado al IES para la recogida de muestras en captadores de partículas

#### Recogida de muestras:

- Cada dos semanas hay que recoger la muestra que se ha acumulado en la garrafa que hay en el interior de cada uno de los dos captadores.
- Tenéis que llevar una garrafa limpia para cada captador, que la usaréis para reemplazar la que está en el captador. A la garrafa que recojáis, ¡¡¡ponedle de qué captador es!!! (código de muestra).
- Para hacer esto tenéis que “desmontar el captador” y volverlo a rearmar. Es una operación que cuesta 5 minutos en cada caso.
- La garrafa la lleváis al laboratorio y trasvasáis el contenido de la garrafa a botellas de plástico de 1L de capacidad. Tenéis que lavar bien el interior de la garrafa para no dejaros ninguna partícula en su interior.
- Anotad en cada una de las botellas de 1L de capacidad qué muestra es (código muestra).

36

#### Tratamiento de las muestras

Os voy a suministrar unos materiales que tendréis que usar durante este proceso:

- Filtros de microfibras de cuarzo
- Botellas de 250 ml
- Sistema de filtrado y bomba de vacío

El contenido de las botellas se ha de filtrar sobre los filtros que os he pasado. Los filtros los tenéis con un código (el que sea). Les tenéis que poner un código adicional, que es el de vuestra muestra (T-01, E-01, etc.). Pero solamente en la cápsula (el filtro es para analizarlo).

Tenéis que cuantificar el volumen. Debería de ser el mismo en ambos captadores, si no lo es, hay que buscar dónde está el problema. El volumen lo usaremos para hacer los cálculos (cuantificar cuánto ha caído de cada tipo de partícula). Podéis (debéis) cuantificar el volumen tras el filtrado. O también antes, tarando una botella vacía y pesando las que tienen muestra. A vuestra elección.

Tras el filtrado tenéis que guardar una botella con 250 ml, que enviaremos al laboratorio para que determinen lo siguiente: pH, conductividad, y concentraciones de  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ , y algún metal pesado soluble.

El filtro que obtengáis tenéis que dejarlo secar, y al cabo de unos días (2-3), pesarlo. Por diferencia de peso entre el filtro blanco y el filtro sucio, y conociendo la superficie de captación (área del embudo), calcularemos la masa de partículas insolubles que se han depositado por unidad de superficie (lo expresaremos en  $\text{g/m}^2$ ; Kg/ha, etc).

El filtro también lo mandaremos al laboratorio para que nos analicen los metales pesados, los elementos minerales y, si podemos, la cantidad de hollín y otros compuestos orgánicos.

### Importante

37

En el laboratorio intentaré que tengan los resultados en el plazo de 1 mes (apuraré para que sea antes de esa fecha, pero no garantizo) desde acabar el último muestreo así que espero que el 20 de marzo aproximadamente estén todas las muestras recogidas. Si es así, justo a la vuelta de semana santa tendríamos los resultados y podemos verlos y trabajar con ellos en clase.

Si por lo que sea se os echan encima los plazos, podéis variar la frecuencia de los muestreos y hacerlos de 10 días en vez de 15. Luego los cálculos los referiremos a masa/unidad superficie x día.

Las garrafas de 10L que os he dejado tenéis que reutilizarlas, y para ello las debéis de lavar bien con agua destilada para no contaminar la siguiente muestra.

Para la manipulación en laboratorio hay solamente una opción, y es la pulcritud. Hay que usar guantes, o en su defecto, ir impoluto/a y no tocar la muestra para evitar contaminarla. Vamos a analizar en ella elementos que están en concentraciones muy bajas.



## Anexo 2. Información sobre los muestreos

**Tabla 1.** Lugares de muestreo, códigos, fechas de colocación y recogida, y observaciones realizadas.

Lugar muestreo	Código muestra	Fecha colocación	Fecha recogida	Observaciones (*)
Entrada	E-01	18/01/2019	01/02/2019	Se han recogido 2 l de lluvia. No se han filtrado 100 ml de 1000
Torre	T-01	18/01/2019	01/02/2019	Se han recogido 2 l de lluvia. 1080 ml
Entrada	E-02	01/02/2019	15/02/2019	Ha caído un poco de agua nieve (5/2/19). 650 ml. 250 ml de agua destilada.
Torre	T-02	01/02/2019	15/02/2019	Ha habido varios días con muy buenas temperaturas. Mucho polen en el ambiente (18/2/19). 600 ml, 250 de agua destilada.
Entrada	E-03	15/02/2019	01/03/2019	Lavamos con 500 ml de agua destilada. Sumar 20% a la masa por no filtrado
Torre	T-03	15/02/2019	01/03/2019	Lavamos con 500 ml de agua destilada
Entrada	E-04	01/03/2019	11/03/2019	Día 6/3/19 caen 5 litros. 250 ml para lavar
Torre	T-04	01/03/2019	11/03/2019	250 ml para lavar. Total 350 ml. Sumar 20% a la masa por no filtrado

### Anexo 3. Resultados de los análisis químicos de las muestras

**Tabla 2.** Caracterización química de las partículas insolubles (filtros)

mg	Entrada	Recreo	factor	µg	Entrada	Recreo	factor
Masa filtro	29,250	8,250	3,5	Be	0,022	0,005	4,5
Suma análisis	9,241	3,765		V	0,918	0,373	2,5
% reconstituído	32	46		Cr	1,543	0,735	2,1
				Co	0,148	0,063	2,3
Mat. Orgánica	0,761	0,312	2,4	Ni	1,132	0,759	1,5
Hollín	0,096	0,031	3,1	Cu	3,665	2,014	1,8
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,910	0,426	2,1	Zn	12,232	5,189	2,4
SiO <sub>2</sub>	2,729	1,278	2,1	As	0,132	0,059	2,2
Ca	1,547	0,533	2,9	Se	0,048	0,023	2,1
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	2,563	0,919	2,8	Mo	4,477	3,826	1,2
Fe	0,311	0,120	2,6	Cd	0,095	0,073	1,3
K	0,117	0,052	2,2	Sb	0,150	0,051	3,0
Mg	0,097	0,048	2,0	Ba	11,440	3,948	2,9
Mn	0,009	0,009	1,0	Tl	0,004	0,003	1,6
Na	0,039	0,010	3,8	Pb	1,956	1,175	1,7
Sr	0,004	0,002	2,7	Th	0,102	0,074	1,4
Ti	0,021	0,007	3,0	U	0,096	0,071	1,3

**Tabla 3.** Caracterización química de las partículas solubles (alícuotas)

mg	Entrada	Recreo	factor	µg	Entrada	Recreo	factor
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	7,713	4,785	1,6	Al	8,231	8,544	1,0
Cl <sup>-</sup>	< DL	< DL		V	0,214	0,121	1,8
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	14,013	7,293	1,9	Cr	0,085	0,090	0,9
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	< DL	< DL		Mn	3,659	1,226	3,0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1,080	0,756	1,4	Fe	4,310	4,529	1,0
Na <sup>+</sup>	1,020	0,647	1,6	Ni	0,781	0,463	1,7
K <sup>+</sup>	1,954	0,443	4,4	Cu	3,665	3,283	1,1
Ca <sup>2+</sup>	5,219	3,106	1,7	Zn	10,286	10,923	0,9
Mg <sup>2+</sup>	0,270	0,292	0,9	As	0,102	0,050	2,0
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,138	< DL		Sb	0,290	0,180	1,6
				Ba	6,166	2,480	2,5
				Pb	0,280	0,125	2,2

#### **Anexo 4. Difusión del proyecto en los medios**

**Comarca Cinco Villas.** [https://www.comarcacincovillas.es/comunicacion/un-proyecto-del-ies-reyes-catolicos-reconocido-en-el-congrego-tecnologico-efigy-en-madrid/?fbclid=IwAR3e9H4zn6nleOVKynsPGR8zyfFBnpSNVu9\\_0fJt-MZzOygYaz6bUy\\_V4PI](https://www.comarcacincovillas.es/comunicacion/un-proyecto-del-ies-reyes-catolicos-reconocido-en-el-congrego-tecnologico-efigy-en-madrid/?fbclid=IwAR3e9H4zn6nleOVKynsPGR8zyfFBnpSNVu9_0fJt-MZzOygYaz6bUy_V4PI)

**Heraldo de Aragón.** [https://www.heraldo.es/noticias/aragon/zaragoza/2019/04/28/los-alumnos-del-ies-reyes-catolicos-de-ejea-plantan-cara-a-los-malos-humos-1311714.html?utm\\_source=facebook.com&utm\\_medium=socialshare&utm\\_campaign=mobile\\_web&fbclid=IwAR1TCZLH275WMTrc2\\_aN88Cy7dfriYx1qjbM6XR-qrj3Pn6kIVviidt5IAI](https://www.heraldo.es/noticias/aragon/zaragoza/2019/04/28/los-alumnos-del-ies-reyes-catolicos-de-ejea-plantan-cara-a-los-malos-humos-1311714.html?utm_source=facebook.com&utm_medium=socialshare&utm_campaign=mobile_web&fbclid=IwAR1TCZLH275WMTrc2_aN88Cy7dfriYx1qjbM6XR-qrj3Pn6kIVviidt5IAI)

**Videoclip divulgativo.**

<https://drive.google.com/file/d/1LL5DME4O6majiXyY0vSBV2HeWR0fCPv0/view>

**Aragón en Abierto. Esta es mi Tierra.** 28/05/2019.

**Radio Ebro. Diarioaragones.com**

[http://pub.diarioaragones.com/8\\_MAYO\\_2019\\_IRENE\\_VILLA\\_EJEA\\_CABALLEROS\\_AIRE\\_RESPIRAMOS.mp3](http://pub.diarioaragones.com/8_MAYO_2019_IRENE_VILLA_EJEA_CABALLEROS_AIRE_RESPIRAMOS.mp3)

## Anexo 5. Escrito dirigido a la alcaldesa de Ejea de los Caballeros



Dña. IRENE VILLA ORDUNA, NIF/CIF 73082859-R, en nombre propio/en representación de ALUMNADO IES REYES CATÓLICOS, con domicilio en calle/plaza MARIANO ALASTUEY, nº 26 de EJEA DE LOS CABALLEROS, CP 50600, teléfono 97660645 e E-mail [irvillan@iesreyescatolicos.com](mailto:irvillan@iesreyescatolicos.com)

### EXPONE:

Le escribimos desde el I.E.S Reyes Católicos para informarle acerca del proyecto "EL AIRE QUE RESPIRAMOS", sobre la calidad del aire en nuestro centro, realizado por alumnado de ESO y Bachillerato.

Tras más de dos meses de trabajo de investigación, realizando muestreos en distintas localizaciones del centro -tanto en tiempo real como a través de filtros analizados en los laboratorios generales del IGME-, hemos comprobado que en las horas de entrada y salida y debido al tráfico rodado que se concentra en la puerta del Instituto, se alcanzan unas concentraciones puntuales de partículas similares a los valores medios anuales de la ciudad de Barcelona.

Como se recoge en diversos estudios científicos a nivel Internacional, se establece una relación directa entre la contaminación atmosférica y el desarrollo cognitivo de los jóvenes, el colectivo más vulnerable debido a que el desarrollo cerebral no se ha completado.

Teniendo en cuenta todo esto, dentro del proyecto hemos establecido diferentes actuaciones educativas y, a partir de las mismas, hemos elaborado una serie de propuestas de mejora al problema:

- **Diagnóstico relativo a los hábitos de movilidad de la Comunidad Educativa:** con el fin de elaborar un valoración, hemos encuestado a familias, alumnado y profesorado, para conocer las motivaciones para utilizar uno u otro medio de transporte en el camino al centro.

- **Taller de Educación vial, Convivencia y Civismo:** uno de los objetivos del proyecto es reducir el número de vehículos particulares empleados para el desplazamiento al Instituto y fomentar el uso de la bicicleta como transporte alternativo y sostenible. Para que su uso sea seguro y adecuado, solicitamos la colaboración de la Policía Local de Ejea, quienes vinieron al centro a impartir una charla.

- **Motivación y acercamiento al uso de la bicicleta como medio de transporte:** la concienciación para el uso de la bicicleta puede abordarse desde distintos aspectos. Hemos organizado un taller práctico de BTX y una mesa redonda con José María Calvo (policista adaptado) y Carolina Arregui (4º ESO) para que nos hablen de sus experiencias como ciclistas.

vegetal del perímetro del Instituto actúa como una barrera de protección frente a la entrada de gran parte de la contaminación del tráfico rodado que allí ocurre.



Este estudio, con todos los datos recogidos y analizados así como con las propuestas de mejora, va a ser presentado en el I Congreso Tecnológico Efigy de la Fundación Naturgy, que tendrá lugar el 8 de mayo en Madrid. Nos ponemos a disposición del Ayuntamiento de Ejea en caso de que vea conveniente disponer de todo el informe realizado.

En Ejea de los Caballeros, a 3 de ABRIL de 2019

Fdo.: IRENE VILLA ORDUNA

SRA. ALCALDESA DEL M.I. AYUNTAMIENTO DE EJEA DE LOS CABALLEROS

Los datos obtenidos mediante la cumplimentación de este formulario y sus documentos anexo se obtienen para formar parte de ficheros de responsabilidad del Ayuntamiento de Ejea de los Caballeros. Estos ficheros se utilizan para el estudio y resolución de la solicitud presentada por usted, así como su gestión, tramitación, seguimiento y control de la misma. Los derechos de acceso, rectificación, cancelación y oposición pueden ser ejercidos mediante escrito dirigido al Ayuntamiento de Ejea de los Caballeros. Ayuda: Consultable no 1-50600 Ejea de los Caballeros (Zaragoza).

AYUNTAMIENTO DE EJEA DE LOS CABALLEROS, Ayda. Consultable, 1 50600 Ejea de los Caballeros Tel: 976677474 Fax 976603216 [ajpea@aytoeja.es](mailto:ajpea@aytoeja.es) [www.ejea.es](http://www.ejea.es)

- **Realización de una plantación en el centro educativo:** la vegetación constituye un sumidero de carbono natural, es decir, fija el CO<sub>2</sub> atmosférico y reduce su concentración en la atmósfera. Con la colaboración del alumnado y profesorado de FPB de Agrojardinería y Composiciones florales y del CFGM de Técnico en Producción agropecuaria y gracias a la donación de plantas realizada por el vivero DGA de Ejea, hemos plantado un centenar de especies autóctonas, principalmente aromáticas, por el recinto.

### SOLICITA:

- **Incentivar a las compañías de transporte a la sustitución de sus vehículos por otros menos contaminantes (híbridos, gas natural, entre otros).** Hay numerosos ejemplos en ciudades españolas en los que la flota de vehículos que se utiliza para el transporte público se ha ido sustituyendo por otra menos contaminante, con resultados muy positivos.

- **Creación de rutas seguras para ciclistas:** en el centro urbano de Ejea de los Caballeros que incentiven el acceso al centro escolar en bicicleta y que fomenten el uso de la bicicleta en nuestra ciudad como medio de transporte preferente.

- **Reorganización del tráfico rodado en el entorno del IES:** celebramos una reunión con Policía Local para plantear una posible reorganización del transporte particular de usuarios del IES con el fin de reducir la cantidad de vehículos que estacionan en la puerta en las horas punta. En la foto adjunta se señalan las rutas alternativas propuestas (flecha roja: vehículos particulares; flecha amarilla: rutas escolares; flecha azul: vía segura para bicicletas).



- **Actuación dentro del Plan Urbanístico:** en la medida de lo posible y relacionado con el punto anterior, sería positivo que se habilitase un espacio pavimentado para el estacionamiento de los autobuses de las rutas escolares en la Carretera de Eña colindante con el IES (señalada en el mapa adjunto). Esa zona, actualmente sin asfaltar, se utiliza para el aparcamiento de vehículos. Creemos que es la zona más adecuada para el estacionamiento de los autobuses puesto que la pantalla

## Anexo 6. Póster presentado al I Certamen Tecnológico Efigy

