



Universidad de Valladolid

Máster en Profesor de Educación Secundaria Obligatoria y
Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de
Idiomas

Especialidad: Física y Química

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

Curso 2021/2022

PROPUESTA STEM PARA EL APRENDIZAJE DE FÍSICA Y QUÍMICA EN ENSEÑANZA SECUNDARIA

Autora: Mónica Martín Castander

Tutora: Mercedes Ruiz Pastrana

*A mi padre, a mi marido, a la sanidad pública y a todos los donantes de médula, por
devolverme a la vida.*

RESUMEN

En el presente Trabajo de Fin de Máster se presenta una propuesta STEM para el aprendizaje de Física y Química en tercero de ESO para el estudio de la contaminación atmosférica. La utilización de metodologías activas y participativas como el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) y el Aprendizaje Cooperativo (AC) han favorecido la integración de las materias STE(A)M (Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics) para el desarrollo de un proyecto basado en una problemática real como es la contaminación atmosférica de las ciudades. Con esta propuesta se ponen en valor los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030 reconociendo la contaminación atmosférica como uno de los mayores problemas ambientales actuales y contribuyendo a crear conciencia y desarrollar hábitos más sostenibles. La propuesta está conformada por un conjunto de actividades que se describen en detalle para poder ser implementadas en el aula y que permiten la adquisición de los contenidos y el desarrollo de las competencias clave por parte del alumno.

Palabras clave: *STEM, Aprendizaje Basado en Proyectos, Aprendizaje Cooperativo, ODS, Contaminación atmosférica*

ABSTRACT

In this Master's Thesis, a STEM proposal is presented for the learning of Physics and Chemistry in the third year of Secondary School for the study of atmospheric pollution. The use of active and participatory methodologies such as Project-Based Learning (PBL) and Cooperative Learning (CL) have favored the integration of STE(A)M subjects (Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics) for the development of a project based on a real problem such as air pollution in cities. With this proposal, the Sustainable Development Goals (SDG) of the 2030 Agenda are valued, recognizing air pollution as one of the biggest current environmental problems and contributing to raising awareness and developing more sustainable habits. The proposal is made up of a set of activities that are described in detail in order to be implemented in the classroom and that allow the acquisition of content and the development of key skills by the student.

Key words: *STEM, Project-Based Learning, Cooperative Learning, SDG, Atmospheric pollution*

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS DEL TRABAJO DE FIN DE MÁSTER	1
3. CONTEXTO Y JUSTIFICACIÓN DE LA TEMÁTICA	2
4. OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS).....	3
4.1. LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE Y LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA	6
5. MARCO METODOLÓGICO	6
5.1. METODOLOGÍAS STEM.....	7
5.2. APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS (ABP).....	10
5.3. APRENDIZAJE COOPERATIVO (AC).....	12
6. PROPUESTA DIDÁCTICA	14
6.1. INTRODUCCIÓN	14
6.2. CONTEXTUALIZACIÓN.....	14
6.3. OBJETIVOS DE LA PROPUESTA	15
6.3.1. OBJETIVOS DE LA ETAPA	15
6.3.2. OBJETIVOS DE LA ASIGNATURA	17
6.3.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
6.4. COMPETENCIAS.....	18
6.5. CONTENIDOS	21
6.6. METODOLOGÍAS.....	24
6.7. SECUENCIA DE ACTIVIDADES	24
6.7.1. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO	25
6.7.2. ACTIVIDAD 1: ¿CÓMO ES EL AIRE DE NUESTRA CIUDAD?	25
6.7.3. ACTIVIDAD 2: ¿QUÉ RESPIRAMOS?	29
6.7.4. ACTIVIDAD 3: KIOSCO DE CALIDAD DEL AIRE	29
6.7.5. ACTIVIDAD 4: CONSTRUCCIÓN DE UN CAPTADOR DE PARTÍCULAS.....	31
6.7.6. ACTIVIDAD 5: EL AIRE DE MI CIUDAD	33
6.7.7. ACTIVIDAD 6: AL LABORATORIO CON LOS CAPTADORES	34
6.7.8. ACTIVIDAD 7: ACTIVISTAS DEL MEDIOAMBIENTE.....	36
6.7.9. ACTIVIDAD 8: EXPOSICIÓN DEL PROYECTO	37
6.7.10. ACTIVIDAD 9: MEDICIÓN DEL NO ₂ (COMPLEMENTARIA)	37
6.8. TEMPORALIZACIÓN.....	42
6.9. ATENCIÓN A LA DIVERSIDAD	43
6.10. EVALUACIÓN.....	45
7. EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA.....	48

8. CONCLUSIONES	49
9. LIMITACIONES Y PROSPECTIVA	50
BIBLIOGRAFÍA	53
ANEXOS	57
ANEXO I: PRESENTACIÓN DEL PROYECTO	57
ANEXO II: DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO DE LA ESTACIÓN DE CALIDAD DEL AIRE	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Objetivos del desarrollo sostenible. (Fuente: Red Española para el desarrollo sostenible).....	4
Figura 2. Pantalla inicial Índice nacional de calidad del aire (Fuente: https://ica.miteco.es/).	26
Figura 3. Ventana con información de la estación. Índice nacional de calidad del aire (Fuente: https://ica.miteco.es/).	27
Figura 4. Estación de calidad del aire de Medina del Campo (Fuente: Elaboración propia).	30
Figura 5. Parte superior estación vigilancia calidad del aire. (Fuente: https://www.youtube.com/watch?v=KMLFAhALEw4).	30
Figura 6. Puntos de colocación de los captadores de partículas en el IES Emperador Carlos de Medina del Campo. (Fuente: Elaboración propia).	31
Figura 7. Montaje del dispositivo captador de partículas. (Imagen izquierda Fuente: Proyecto el aire que respiramos, Imagen derecha Fuente: Elaboración propia).	33
Figura 8. Ejemplo de datos recogidos en la tabla y gráfica de concentraciones (Fuente: Elaboración propia).	34
Figura 9. Montaje dispositivo de filtración de las muestras (Fuente: Elaboración propia).	35
Figura 10. Componentes del captador pasivo (Fuente: Elaboración propia).	38
Figura 11. Colocación de los captadores pasivos (Fuente: Elaboración propia).....	38
Figura 12. Temporalización para el curso académico 2022-2023. (Fuente: Elaboración propia).	43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Contenidos, Criterios de Evaluación y Estándares de aprendizaje (Fuente: Orden EDU362/2015).	22
Tabla 2. Datos recogidos por día (Fuente: Elaboración propia).	26
Tabla 3. Categoría del índice de calidad del aire en función de los valores de concentración de los contaminantes. (Fuente: Real Decreto 102/2011, de 28 de enero).	28
Tabla 4. Recomendaciones para la salud en función de la calidad del aire. (Fuente: Real Decreto 102/2011, de 28 de enero).	28
Tabla 5. Coste materiales necesarios para construir el dispositivo captador. (Fuente: Elaboración propia).	32
Tabla 6. Cálculo del coste de los materiales para la realización del análisis de los captadores. (Fuente: Elaboración propia, basada en los precios de Labbox, Merck).	41
Tabla 7. Competencias desarrolladas y objetivos alcanzados en cada actividad (Fuente: Elaboración propia).	41
Tabla 8. Rúbrica para la evaluación del proyecto (Fuente: Elaboración propia).	46
Tabla 9. Cuestionario para los alumnos. (Fuente: Elaboración propia).	48
Tabla 10. Análisis DAFO para implantación de la propuesta (Fuente: Elaboración propia).	49

1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo supone la culminación del Máster en profesor de educación secundaria obligatoria, bachillerato, formación profesional y enseñanza de idiomas y para su desarrollo se han aplicado los conocimientos adquiridos en las diferentes asignaturas que conforman el máster.

El presente trabajo se centra en la elaboración de una propuesta STEM basada en la contaminación atmosférica para la enseñanza de la física y la química en el tercer curso de Educación Secundaria Obligatoria.

La propuesta intenta acercar a los alumnos a las materias de ciencias mediante la aplicación de metodologías activas y participativas, tratando aspectos interdisciplinares entre asignaturas STEM. La importancia que la nueva ley educativa (LOMLOE) concede a la conexión entre materias hace que esta propuesta resulte adecuada en el marco de la legislación actual.

Esta propuesta pretende ser una respuesta al problema de la falta de interés de los alumnos por las asignaturas de ciencias (Pozo Municio y Gómez Crespo, 2006), promoviendo por medio de metodologías activas un aprendizaje en el que el alumno sea el protagonista de su propio proceso de aprendizaje y en un contexto que le permita conectar los contenidos con la vida real.

Además de trabajar la interdisciplinariedad, esta propuesta permite poner en valor los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030 a la que la LOMLOE también concede un gran protagonismo para la definición del nuevo currículo educativo. Una educación de calidad es la base para poder desarrollar el resto de los ODS.

2. OBJETIVOS DEL TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

El objetivo general del TFM consiste en presentar una propuesta para el proceso enseñanza-aprendizaje en el marco metodológico STEM apoyado en el aprendizaje basado en proyectos y el trabajo cooperativo para contribuir desde la educación secundaria a la inmersión en los Objetivos de Desarrollo Sostenible para la sociedad.

Para ello, se aplicarán y ampliarán los conocimientos adquiridos en las diversas asignaturas del máster.

Como objetivos específicos con este TFM se pretende:

- Analizar el concepto STEM en educación.
- Justificar la importancia de incluir los ODS en la educación.
- Fomentar el trabajo cooperativo y su importancia en la vida real.
- Diseñar un proyecto STEM interdisciplinar sobre la contaminación atmosférica aplicado a una problemática real.

3. CONTEXTO Y JUSTIFICACIÓN DE LA TEMÁTICA

La contaminación atmosférica es la presencia en el aire de materias en una cantidad que impliquen riesgo, daño o molestia grave a la salud de las personas y de los demás seres vivos, que puedan reducir la visibilidad, producir olores desagradables o atacar distintos materiales. (De Prada,2015).

Las evaluaciones anuales de la AEMA (Air quality in Europe) muestran que la contaminación del aire es un peligro para la salud humana y el medioambiente. Los niveles de contaminación atmosférica de muchas ciudades europeas siguen superando los límites legales de la Unión Europea y las directrices de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para la protección de la salud humana (AEMA 2020).

Una de las metas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible es reducir el número de muertes y enfermedades por la contaminación del aire para garantizar y favorecer el bienestar. La contaminación atmosférica es la principal causa de muertes prematuras por factores medioambientales en Europa, pero también tiene un considerable impacto económico. Aumenta los gastos médicos y reduce la productividad económica, debido a la mala salud de los trabajadores. La contaminación del aire también perjudica al suelo, los cultivos, los bosques, los lagos y los ríos, incluso daña nuestras construcciones.

Debido a esto, las personas cada vez están más interesadas en la calidad del aire que respiran, tanto es así que en los últimos años en las aplicaciones móviles del tiempo aparece junto con los datos meteorológicos el índice de calidad del aire y en las páginas del tiempo también se puede ver el índice de calidad del aire y la concentración de los principales contaminantes atmosféricos como el ozono, el dióxido de nitrógeno, el dióxido de azufre y el material particulado (PM2.5, PM10). También en algunas plataformas se venden dispositivos al público para medir la calidad del aire.

La AEMA está trabajando junto con la Red Europea de los Responsables de las Agencias de Protección del Medio Ambiente, (Red EPA) en un proyecto llamado CleanAir@School que implica que los alumnos, los padres y los profesores midan las concentraciones de contaminantes en los colegios. Los colegios participantes miden las concentraciones de dióxido de nitrógeno colocando un sistema de muestreo formado por unos dispositivos sencillos de bajo coste, unos junto a la carretera delante del colegio y otros en una zona menos contaminada, como el patio del colegio, con el objetivo de sensibilizar a la población sobre el tráfico como fuente de contaminación atmosférica y fomentar así que los padres no lleven a sus hijos en coche al colegio.

Siguiendo la línea del proyecto CleanAir@School, en España se ha creado una Guía para el Desarrollo de Proyectos Ambientales en centros escolares elaborada por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO), donde se proponen proyectos de ciencia ciudadana sobre la calidad del aire (en concreto la medición de dióxido de nitrógeno como en el proyecto CleanAir@School) que favorezcan la sensibilización y concienciación sobre dichas problemáticas. El objetivo de esta guía es mejorar el conocimiento sobre la situación de la calidad del aire en los centros escolares

y sus intermediaciones, aumentar la concienciación y formación sobre el problema de calidad del aire y sus efectos para la salud y promover la movilidad sostenible, animando a utilizar medios de transporte más respetuosos con el medio ambiente.

En relación con esta temática de la contaminación atmosférica y el cambio climático se han desarrollado diferentes experiencias educativas que destacan los siguientes aspectos:

- García (2005) llevó a cabo una experiencia didáctica en torno al problema de la contaminación atmosférica con alumnos de 4º de ESO abordándola desde una perspectiva multidisciplinar como estrategia para la alfabetización científica obteniendo como resultado un mayor interés y participación del alumnado y actitudes positivas hacia el cuidado de la atmósfera, valorando positivamente la experiencia.
- Lupión y Prieto (2014) realizaron un trabajo centrado en el estudio del aprendizaje de un grupo de estudiantes de bachillerato mientras realizaban actividades sobre un problema real y cercano, como es el de la calidad del aire en las ciudades desde un enfoque multidisciplinar. La experiencia fue valorada positivamente en lo que respecta al trabajo en equipo y a la concienciación sobre los problemas asociados a la contaminación atmosférica.
- “El aire que respiramos” (Pey y Villa, 2019) es un proyecto llevado a cabo en el IES Reyes Católicos de Ejea de los Caballeros por un grupo de estudiantes de 3º y 4º de la ESO y 1º de bachillerato en torno al problema de la contaminación atmosférica. Se trataba de concienciar a los alumnos sobre los problemas ambientales. El proyecto incrementó el rendimiento académico de todos los estudiantes y su actitud hacia el cuidado de la atmósfera. Esta propuesta comenzó en 2019 y debido a los buenos resultados se ha seguido realizando en cursos posteriores. Además, se amplió con el proyecto "Y EL AIRE QUE QUEREMOS RESPIRAR" PRESELECCIONADO EN "MAÑANA" - IES REYES CATÓLICOS (iesreyescatolicos.com) que desembocó en otro proyecto a nivel autonómico "Necesito un cambio de aires!", un proyecto educativo para enseñar a combatir la contaminación - Aragón Digital (aragondigital.es).

En este contexto se justifica la temática escogida para la propuesta de intervención del presente TFM.

4. OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS)

La Asamblea General de la ONU adoptó, en septiembre de 2015, la **Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible**, un plan de acción a favor de las personas, el planeta y la prosperidad, que también tiene la intención de fortalecer la paz universal y el acceso a la justicia. Al ratificar este documento, los Estados Miembros de las Naciones Unidas se comprometieron a movilizar esfuerzos para poner fin a todas las formas de pobreza, combatir las desigualdades y hacer frente al cambio climático, asegurando así “no dejar a nadie atrás” (ONU, 2015).

La Agenda 2030 incluye 17 Objetivos Globales, conocidos como **Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)**, que aspiran a ir más allá de los previos Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) (ONU, 2000) y **acabar con todas las formas de pobreza**. El concepto mundial del Desarrollo Sostenible se enmarca dentro de los ODS.



Figura 1. Objetivos del desarrollo sostenible. (Fuente: Red Española para el desarrollo sostenible).

El legado de los ODM se percibe en los ODS del 1 a 7, por otro lado, los ODS 8 a 11 se refieren al crecimiento inclusivo y el trabajo digno, la infraestructura y la industrialización y la innovación, la desigualdad entre países y las ciudades inclusivas, respectivamente; la temática de los ODS 12 a 15 es la protección del medioambiente; el ODS 16 se relaciona con la gobernanza y la paz y por último, el ODS 17 alienta a revitalizar la alianza mundial para cumplir con los objetivos de desarrollo sostenible (OIT, 2014).

El ODS4 “Educación de calidad” ocupa un lugar central en la consecución de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible porque la educación no se relaciona únicamente con ese objetivo sino que tiene relación con el resto de ODS ya que sirve de herramienta para la consecución de los otros ODS preparando a los ciudadanos desde las diferentes educativas. De acuerdo con eso debemos avanzar para conseguir una educación para todos que sirva para alcanzar los ODS en el 2030 (Del Cerro, F. y Lozano, F., 2018).

En el contexto del desarrollo sostenible, el Marco de Acción de Educación 2030 supone la hoja de ruta específica del ODS4 para avanzar en ese objetivo y en los demás.

Los enfoques de los ODS se integran con los principios pedagógicos de la educación ambiental recogidos en los currículos de las distintas enseñanzas reguladas en las leyes educativas de los países.

En concreto, en España la nueva **Ley de Educación, Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo (LOMLOE)**, aprobada a finales del año 2020, toma como referencia la **Agenda 2030** para la definición del nuevo currículo educativo, con una educación que va más allá de la sostenibilidad y

se introduce de manera central en toda la definición del currículo. Además, promueve otras acciones dirigidas a la actualización de la profesión docente para liderar la innovación curricular y didáctica, a impulsar el aumento de las vocaciones STEAM y garantizar un mínimo de inversión en educación y becas independiente de alternancias políticas y circunstancias económicas. (Estrategia de Desarrollo Sostenible 2030).

La **LOMLOE** reconoce la importancia de atender al desarrollo sostenible de acuerdo con lo establecido en la Agenda 2030. Así, la educación para el desarrollo sostenible y la ciudadanía mundial ha de incardinarse en los planes y programas educativos de la totalidad de la enseñanza obligatoria, incorporando los conocimientos, capacidades, valores y actitudes que necesitan todas las personas para vivir una vida fructífera, adoptar decisiones fundamentadas y asumir un papel activo –tanto en el ámbito local como mundial– a la hora de afrontar y resolver los problemas comunes a todos los ciudadanos del mundo. La educación para el desarrollo sostenible y para la ciudadanía mundial incluye la educación para la paz y los derechos humanos, la comprensión internacional y la educación intercultural, así como la educación para la transición ecológica, sin descuidar la acción local, imprescindibles para abordar la emergencia climática, de modo que el alumnado conozca qué consecuencias tienen nuestras acciones diarias en el planeta y generar, por consiguiente, empatía hacia su entorno natural y social.

Desde la LOMLOE se promueve que los centros docentes tienen que convertirse en un lugar para el cuidado del medioambiente y promover una cultura de la sostenibilidad ambiental, de la cooperación social, desarrollando programas de estilos de vida sostenible y fomentando el reciclaje y el contacto con espacios verdes.

Dentro de la Estrategia de Desarrollo Sostenible 2030 de España para cumplir con los objetivos de desarrollo sostenible se ha priorizado un Plan de Acción de Educación Ambiental para la Sostenibilidad 2021-2025 (PAEAS) que, establecerá la estrategia para la educación ambiental en España partiendo de la relevancia que la nueva ley de educación confiere a la sostenibilidad que incorpora referencias explícitas a la Educación para el Desarrollo Sostenible y la Educación para la Ciudadanía Global. También está prevista la puesta en marcha de desarrollos curriculares que incorporen los objetivos del desarrollo sostenible en las competencias y saberes imprescindibles de planes y programas educativos de la enseñanza obligatoria, conforme a lo establecido en la LOMLOE (Estrategia de Desarrollo Sostenible 2030).

Tal como se establece en el cuarto Objetivo de Desarrollo Sostenible y de la Agenda 2030, la educación para el desarrollo sostenible y para la ciudadanía mundial se tendrá en cuenta en los procesos de formación del profesorado y en el acceso a la función docente. Asimismo, en 2025 todo el personal docente deberá haber recibido cualificación en las metas establecidas en la Agenda 2030 (Estrategia de Desarrollo Sostenible 2030).

4.1. LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE Y LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

La contaminación del aire es uno de los principales retos medioambientales a los que debemos hacer frente lo antes posible. Según Naciones Unidas “cada cinco segundos alguien muere envenenado por el aire”, la contaminación del aire es “responsable de la muerte prematura de siete millones de personas cada año”.

Además de estas cifras de mortalidad no debemos olvidar el gran número de enfermedades que agrava o causa. Según la Organización Mundial de la Salud OMS más de 101 enfermedades se asocian a efectos generados por insalubridad en el ambiente. Según el último Informe sobre calidad del aire en Europa del año 2020 de la Agencia Europea del Medio Ambiente (AEMA), la contaminación causa en nuestro país más de 37.000 muertes prematuras.

Dada la importancia de la contaminación del aire en el desarrollo sostenible para la redacción de la Agenda 2030 se pueden encontrar referencias como:

De aquí a 2030, reducir considerablemente el número de muertes y enfermedades causadas por productos químicos peligrosos y por la polución y contaminación del aire, el agua y el suelo

De aquí a 2030, reducir el impacto ambiental negativo *per capita* de las ciudades, prestando especial atención a la calidad del aire y la gestión de los desechos municipales y de otro tipo.

En el plano nacional las actuaciones a desarrollar en relación a la mejora de la calidad del aire se enmarcan en el control de la contaminación atmosférica, a través del desarrollo de un plan específico que implica objetivos de reducción de emisiones de cuatro contaminantes (SO₂, NO_x, NH₃ y PM_{2,5}) en cumplimiento con la Directiva de la UE sobre techos nacionales de emisión de determinados contaminantes atmosféricos (Estrategia Desarrollo Sostenible 2030).

La información de la calidad del aire es accesible para los ciudadanos a través del Índice de Calidad del Aire, un mapa interactivo que permite conocer, la calidad del aire en tiempo real a partir de los datos ofrecidos por la Red Nacional de Vigilancia, así como recomendaciones sanitarias (<https://ica.miteco.es/>).

5. MARCO METODOLÓGICO

La metodología propuesta es una metodología activa y participativa basada en las metodologías STEM, utilizando el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) y el Aprendizaje cooperativo (AC). Ambas metodologías se consideran muy adecuadas para su utilización en la educación STEM puesto que favorecen un aprendizaje interdisciplinar e integrado de las distintas materias STEM, además de un aprendizaje autónomo y significativo por parte del alumno.

5.1. METODOLOGÍAS STEM

El término STEM surgió en 1990 en Estados Unidos en la National Science Foundation (NSF) como acrónimo de los términos en inglés Science, Technology, Engineering and Mathematics (CTIM-Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas- en castellano) Durante casi dos décadas la NSF utilizó ese término para referirse a las cuatro materias por separado (Sanders, 2009).

Sin embargo, no fue hasta 2011 cuando en Estados Unidos surgió la iniciativa educativa STEM para promover el aprendizaje integrado de las cuatro materias con un enfoque práctico, que favorece el aprendizaje significativo y conecta los conocimientos con la realidad del alumnado siguiendo un modelo constructivista del aprendizaje (Fuertes-Hurtado y González-Martínez, 2019).

En la actualidad, los gobiernos de todos los países desarrollados consideran la formación integral de los alumnos y profesores en las áreas de Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas una necesidad para su futuro de cara a una economía basada en el conocimiento y la tecnología (European Parliament, 2015). Debido a esto, se prevé un aumento en las profesiones STEM en Europa mayor que en el total de ocupaciones. En concreto, en España, Randstad Research prevé que hasta el 2022 podrían generarse 390.000 puestos STEM y otros 168.000 puestos indirectos (Comunidad de Madrid). Estas necesidades contrastan con el descenso de titulados STEM y el desinterés de los jóvenes por las disciplinas STEM. Para dar respuesta a esta situación, surge la propuesta STEM como una estrategia coordinada para la educación en niveles anteriores a la universidad en Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas, enfocada en el desarrollo de competencias y habilidades tecnológicas y personales (Bybee, 2010).

La educación STEM se basa en la idea de educar a los estudiantes en cuatro disciplinas Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas con un enfoque interdisciplinario de manera conjunta e integrada, en lugar de como áreas de conocimiento compartimentadas y estancas como se venía haciendo hasta ahora, teniendo en cuenta la fuerte conexión entre ellas y basándose en las aplicaciones y situaciones del mundo real, fomentando así el interés científico de los estudiantes y su capacidad para resolver problemas reales. Rodger W. Bybee (2013) enfatiza la importancia del uso de contextos que enfrenten al alumnado a problemas y situaciones que impliquen desarrollar sus competencias y la utilización de las cuatro disciplinas STEM para enfrentarse las situaciones reales que se les pueda plantear como ciudadanos y desarrollar soluciones.

La relación existente entre las Matemáticas, la Ciencia y la Tecnología es inherente a estas disciplinas. De lo que se trata es de provocar situaciones que permitan aprender de manera conjunta e integrada, conceptos de estas materias a través de un proceso práctico de diseño y resolución de problemas, como se hace en Ingeniería en el mundo real. (Fortus et. Al., 2005 citado por Ocaña et.Al., 2015). Este enfoque de ingeniería que promueve STEM también está muy relacionado con metodologías activas como es el aprendizaje basado en proyectos (ABP) y el trabajo cooperativo. Se ha demostrado que el diseño de

proyectos STEM mediante ABP permite a los alumnos ser más creativos, más autónomos en su aprendizaje, mejora la motivación y el compromiso personal (Domènech-Casal, Lope y Mora (2019)).

El término STEM ha sido usado con distintos significados dentro del mundo educativo (Bybee 2013, Couso 2017). Este hecho se debe a que el término STEM no consiste en una metodología en sí, sino en un conjunto de herramientas tecnológicas, perspectivas pedagógicas y enfoques metodológicos (Couso 2017) considerados útiles para los objetivos STEM.

Algunos de los objetivos que se pretende conseguir con la educación STEM son:

- Fomentar el interés de los alumnos por las ciencias para, de esta manera motivarles para realizar estudios STEM que se consideran el motor de la economía del siglo XXI en los países desarrollados.
- Relacionar los contenidos integrados de las áreas STEM con los contextos reales, para obtener una utilidad de los conocimientos.
- Valorar la importancia de la ingeniería en el mundo real.
- Promover un aprendizaje más activo y significativo. Aprender significativamente implica vincular de manera consciente conocimientos nuevos con conocimientos previos en la estructura cognitiva del sujeto que aprende (Ausubel, 2000).

A pesar de las ventajas que ofrecen estas metodologías, un estudio reciente realizado por Bogdan y García-Carmona (2021) revela algunas deficiencias del modelo STEM integrado. Entre ellas se destacan las siguientes:

- No existe consenso sobre cuantas disciplinas se han de integrar y en qué medida. Sanders (2009) establece la conexión de al menos dos áreas para enseñar contenido STEM basándose en la resolución de problemas en un contexto auténtico. Bybee (2013) apunta desde la integración disciplinar hasta la transdisciplinariedad para considerar enseñanzas STEM.
- Escasez de marcos teóricos o estudios empíricos que guíen el diseño y la implementación en este marco metodológico.
- Difícil operatividad educativa. Los sistemas educativos de la mayoría de los países desarrollados no cuentan con la organización curricular necesaria para que este enfoque interdisciplinar e integrado se lleve a cabo de manera adecuada. Hay que pensar en qué asignaturas se realizarían los proyectos y como planificarían los docentes la manera de llevarlo a la práctica de forma pedagógica, como lo organizarían y la logística necesaria.
- En la educación primaria se ve más viable porque es el mismo profesor el que imparte un determinado ámbito de contenidos. Sin embargo, en la educación secundaria cada profesor es especialista en su materia y en su formación pedagógica no se contempla la integración curricular, por lo que esta implementación implicaría la colaboración de varios profesores.
- Falta de formación de los docentes sobre como diseñar e implementar enfoques STEM integrados. Se debe formar a los docentes sobre STEM, sus finalidades

educativas, su instrucción y la evaluación del aprendizaje. Asimismo, es necesaria la formación de los formadores de futuros docentes en STEM integrado.

- Falta de formación en ingeniería de una parte del profesorado de ciencias. La mayoría de los profesores tanto de primaria como de secundaria no tienen formación en ingeniería por lo que se presenta un problema para integrar la ingeniería en este sistema.
- Aportación a la didáctica poco novedosa. Entendido como la integración curricular de diferentes ámbitos o asignaturas, en 1990 en el contexto español se inició el movimiento educativo CTS (Ciencia, Tecnología y Sociedad) en el que se integraban esas tres áreas en conexión con el contexto, en un esfuerzo por promover la alfabetización científico-tecnológica. La ingeniería está integrada en la dimensión tecnológica. Más recientemente esta integración se ha incluido en los Programas de Mejora del Aprendizaje que integran las diferentes materias en ámbitos.
- Falta de consenso en los resultados sobre su éxito educativo. En España algunos estudios piloto revelan beneficios a nivel actitudinal y motivacional, sin embargo, señalan dificultades para adquirir los procedimientos científicos y la comprensión de la materia.

Prolongo y Pinto (2019) para promover la implantación de proyectos STEM entre los docentes, recogen algunos ejemplos de proyectos STEM, en los que se potencia el aprendizaje significativo, desarrollados con alumnos de secundaria y universitarios. Entre ellos, se destaca el proyecto europeo Scientix (<http://www.scientix.eu>) que ofrece multitud de recursos y posibilidades para el aprendizaje en áreas STEM.

A esta conceptualización de STEM se han sumado otras iniciativas bajo diferentes acrónimos (Bogdan, R. y García-Carmona, A. 2021):

- STEAM, que hace referencia a STEM + Artes
- iSTEAM, que incluye imaginación + STEM
- STREAM, integra STEAM + Robótica.
- STRE(A)M(S), que incluye ciencias, tecnología, ingeniería, matemáticas, arte, educación para la sostenibilidad e integración curricular.

El acrónimo STEAM incluye las artes con el fin de expandir el enfoque STEM a las artes, justificando esta inclusión como por ejemplo (Yakman, 2018):

- Las artes del lenguaje como medio para compartir ideas, experiencias o perspectivas.
- Las artes manuales y físicas influyen en áreas tales como ergonomía.
- Las bellas artes y las artes musicales reflejan los valores de la sociedad y direcciones en el pasado y el presente.
- Las artes sociales y liberales son un contexto para estudiar actitudes, ética y costumbres.

Todo esto se une en el marco STEAM, que se basa en esta simple definición: Ciencia y Tecnología, interpretada a través de la Ingeniería y las Artes, estando todo ello basado en elementos matemáticos. La educación STEAM incide en la alfabetización funcional y en los vínculos comunes entre todos los campos de estudio (Yakman, 2008). La integración de las artes promueve el pensamiento crítico, fomenta la expresión e impulsa la creatividad del alumnado. Por lo que puede ser interpretado como la incorporación de la creatividad por parte del alumnado (Couso, 2017).

5.2. APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS (ABP)

El aprendizaje basado en proyectos es una metodología que permite a los alumnos adquirir los conocimientos y competencias clave del siglo.XXI por medio de la elaboración de proyectos que dan respuestas a problemas de la vida real (mecd.gob.es). El aprendizaje basado en proyectos se trata de un tipo de metodología activa en la que el alumno es el protagonista de su propio aprendizaje. Esta metodología se considera muy adecuada para la educación STEM.

El aprendizaje basado en proyectos tiene las siguientes características (Sanmartí, N. y Márquez, C.,2017):

- Se parte del estudio de alguna situación o problema contextualizado en un entorno real.
- Se investiga para dar solución a los diferentes retos que van surgiendo a lo largo de la realización del proyecto.
- Se aprenden conocimientos clave y transferibles a otros contextos.
- Se incluyen contenidos y evaluaciones auténticas, con objetivos didácticos específicos.
- Se fomenta el trabajo autónomo de los alumnos.
- El profesor no dirige, sirve de apoyo o guía a los estudiantes.
- Se fomenta el trabajo en grupos heterogéneos y se promueve el aprendizaje cooperativo y la reflexión.
- Se utilizan herramientas para aprender de manera más interactiva, fomentando el uso de las TIC.
- Se finaliza con alguna acción en el entorno que planifican los propios estudiantes.

Son muchas las ventajas que ofrece este modelo al aprendizaje ya que promueve la implicación de los estudiantes en base a diseñar un proyecto, elaborar estrategias y dar solución a problemas y no tan solo cumplir objetivos curriculares.

Esta metodología se diferencia de la enseñanza directa porque (mecd.gob.es):

- El conocimiento no es una posesión del docente, sino que son los propios alumnos los que crean su conocimiento mediante el resultado de un proceso de trabajo entre

estudiantes y docentes en el cual se realizan preguntas, se busca información que se trabaja para obtener conclusiones.

- El estudiante participa activamente en procesos cognitivos de rango superior, reconocimiento de problemas, elaboración de estrategias, recogida de información, comprensión e interpretación de datos, establecimiento de conclusiones o revisión crítica de creencias y conocimientos previos.
- El docente ya no actúa como transmisor de contenidos, su función principal es crear la situación de aprendizaje que facilite el desarrollo del proyecto por parte de los estudiantes, lo que implica que les sirve de guía para buscar materiales, fuentes de información, gestionar el trabajo en grupo, valorar el desarrollo del proyecto, resolver dificultades, controlar el ritmo de desarrollo del proyecto, facilitar el éxito y evaluar el resultado.

Todos los proyectos deben cumplir con dos premisas: tener sentido para los alumnos y que les importe y quieran hacerlo bien. Además, deben tener un propósito educativo significativo acorde a los estándares de aprendizaje de las materias que trata.

Los ocho elementos esenciales que debe cumplir un buen proyecto son (Lamer y Mergendoller citados por medc.gob.es):

1. Contenido significativo.
El profesor debe planificar el proyecto centrándose en los estándares de aprendizaje del currículo. Los estudiantes deben considerarlo significativo, real y acorde a su entorno e intereses.
2. Necesidad de saber.
Iniciar el proyecto con una situación que haga surgir preguntas por parte de los alumnos al profesor y necesidad de investigar y de saber más.
3. Una pregunta que dirija la investigación.
Debe ser provocativa, abierta y compleja y conectada con el núcleo de lo que el profesor quiere que los alumnos aprendan.
4. Voz y voto para los alumnos.
Una vez captado el interés de los alumnos, el profesor plantea las tareas a realizar. Los alumnos deben tener capacidad de elección dentro del proyecto.
5. Competencias del siglo XXI.
Trabajo cooperativo para realización del proyecto, identificar tareas y repartirse responsabilidades.
Los alumnos deben aprender las competencias demandadas como el pensamiento crítico, trabajo en equipo, uso de TIC y expresión oral y comunicación efectiva.
6. Investigación lleva a innovación.
Los alumnos deben investigar de manera que su investigación les lleve a más preguntas, a la búsqueda de nuevos recursos y finalmente a elaborar sus conclusiones e ideas sobre cómo resolver el problema. Hay que crear un ambiente motivador en clase para que esta dinámica funcione.
7. Evaluación, realimentación y revisión

El profesor debe revisar borradores, planes, comprobando las fuentes de información utilizadas y monitorizando el avance. Es muy importante la evaluación a lo largo del proyecto puesto que con ella los alumnos aprenden que el trabajo en la vida real está sujeto a continua revisión y no sale bien en el primer intento. El profesor debe dirigir y promover la crítica constructiva entre los estudiantes.

8. Presentación el producto final ante una audiencia

Los resultados del proyecto deben exhibirse ante un público real para que su realización cobre más sentido para los alumnos. De esta manera los alumnos reflexionan sobre el trabajo una vez terminado, sobre lo que han aprendido y sobre lo próximo que van a hacer y sientan el orgullo de haber hecho bien un trabajo.

Los principales beneficios de esta metodología se podrían resumir en (Galeana, 2016.)

- Desarrollo de habilidades y competencias por parte de los alumnos,
- Aumento de la motivación,
- Integración entre el aprendizaje en el aula y la realidad,
- Desarrollo de habilidades de colaboración para construir conocimiento y solucionar problemas,
- Establecer relaciones interdisciplinarias entre diferentes materias,
- Aumentar la autoestima,
- Acrecentar las fortalezas individuales de aprendizaje,
- Aprender a utilizar la tecnología de manera práctica

5.3. APRENDIZAJE COOPERATIVO (AC)

El aprendizaje cooperativo, según Johnson y Johnson (1999) “es el empleo didáctico de grupos reducidos en los que los alumnos trabajan juntos para maximizar su propio aprendizaje y el de los demás”. Esta definición implica que en el trabajo cooperativo los alumnos buscan que el resultado sea beneficioso para ellos mismos y para todos los miembros de su grupo.

Este tipo de aprendizaje está muy ligado a la competencia social y cívica puesto que este tipo de aprendizaje fomenta el respeto a los compañeros, el aprender a escuchar, a respetar las opiniones de otros, a ser educado y ser capaz de defender nuestras propias ideas utilizando argumentos sólidos.

El aprendizaje cooperativo comprende tres tipos de grupos de aprendizaje (Johnson et. al, 1999): los grupos formales, los grupos informales y los grupos de base.

Los **grupos formales** son aquellos en los que los estudiantes trabajan juntos durante un periodo de tiempo para lograr objetivos comunes, asegurándose de que tanto ellos como sus compañeros de grupo completen la tarea de aprendizaje asignada. En cualquier materia o sistema de estudios, se puede implementar el trabajo cooperativo para realizar una tarea.

En los grupos formales de aprendizaje cooperativo es tarea del profesor:

- Especificar los objetivos de la clase.
- Tomar decisiones previas a la enseñanza.
- Explicar la tarea y la interdependencia positiva a los alumnos.
- Supervisar el aprendizaje de los alumnos e intervenir en los grupos para apoyar en la tarea o para mejorar el desempeño grupal e interpersonal de los alumnos.
- Evaluar el aprendizaje de los estudiantes y ayudarles a reflexionar con qué eficacia funcionó su grupo.

Los **grupos informales** de aprendizaje cooperativo son aquellos en los que los estudiantes trabajan juntos durante periodos cortos de tiempo. Se utilizan como recurso para centrar la atención de los alumnos, promover un buen clima de aprendizaje, crear expectativas acerca del contenido durante una actividad de enseñanza directa y para asegurarse de que los alumnos realicen la tarea de aprendizaje de la actividad.

Los **grupos de base cooperativos** están pensados para funcionar a largo plazo. Son grupos heterogéneos, con miembros permanentes cuyo objetivo es posibilitar que sus integrantes se ayuden entre ellos, se apoyen y se respalden para lograr un buen rendimiento escolar.

Para que la cooperación funcione bien se deben incorporar los siguientes 5 elementos (Jonhson et. al.,1999),

- Interdependencia positiva. El profesor debe indicar una tarea clara y un objetivo grupal. Los alumnos deben esforzarse para beneficiarse ellos y beneficiar al grupo.
- Responsabilidad individual y grupal. Cada miembro del grupo asume la responsabilidad y hace responsables a los demás de realizar un buen trabajo para cumplir los objetivos en común. El propósito es que aprendan juntos para luego desempeñarse mejor como individuos fortaleciendo así a cada miembro de manera individual.
- Interacción estimuladora. Los miembros del grupo trabajan juntos con el fin de producir resultados conjuntos. Cada alumno promueve el éxito de los demás por la vía de ayudar, compartir, explicar y alentarse los unos a los otros, prestándose apoyo, tanto escolar como personal, sobre la base de un compromiso y un interés recíproco.
- Prácticas interpersonales y grupales imprescindibles. A los miembros del grupo se les enseñan formas de relación interpersonal y grupales necesarias para funcionar como miembro de un grupo para que las utilicen para coordinar su trabajo y alcanzar sus metas.
- Evaluación grupal. Los grupos analizan con qué eficacia están alcanzando sus metas y en qué medida los miembros están trabajando juntos de manera eficaz. Consecuentemente, los alumnos tendrán mejores resultados que si hubieran trabajado solos.

6. PROPUESTA DIDÁCTICA

6.1. INTRODUCCIÓN

En este apartado se van a presentar los objetivos, las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación y estándares de aprendizaje, según la ORDEN EDU 362/2015, que están implicados en el desarrollo de esta propuesta. Además, se describirán las actividades que conforman esta propuesta y su temporalización, así como los aspectos relacionados con la metodología, la atención a la diversidad y la evaluación de los alumnos y de la propuesta.

Esta propuesta se enmarca en el 3º curso de ESO en la asignatura de Física y Química, en el bloque 2: Los cambios. En este bloque hay un apartado destinado a la química y el medioambiente. Además, se van a integrar de manera transversal contenidos de otras materias STEAM como las Matemáticas, la Tecnología y la Educación Plástica y Visual.

La importancia de esta propuesta radica en la contribución a la alfabetización científica del alumnado y a la sensibilización con los problemas medioambientales y los ODS. En este contexto, los alumnos van a poder trabajar las asignaturas STEM de manera transversal aplicadas a un problema real como es la contaminación atmosférica.

Hemos visto que el objetivo 4 es la base para lograr alcanzar, expandir e implantar el resto de los ODS y también se ha justificado la importancia que la ONU otorga a la calidad del aire para contribuir en el desarrollo sostenible, por tanto, esta propuesta STEM relacionada con la calidad del aire resulta muy interesante para poner en valor los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

6.2. CONTEXTUALIZACIÓN

El centro elegido para el desarrollo de la presente propuesta es un IES perteneciente al medio rural situado en la provincia de Valladolid, en Medina del Campo. El número de habitantes de esta localidad está en torno a 20000 habitantes, nutriéndose además de alumnos de los Colegios Rurales de los pueblos de alrededor, que se va a estimar en una población total en torno a 10000 habitantes, que se desplazarán en transporte escolar.

Las actividades económicas más destacables son la agricultura, la industria del mueble, el comercio y la industria vitivinícola procedente de la Denominación de Origen Rueda. Considerando las actividades económicas predominantes se deduce que el nivel socioeconómico y cultural de la población es medio.

El Centro está constituido por unos 500 alumnos/as distribuidos en 14 grupos en ESO y 8 en Bachillerato. En el IES habrá tres clases de 1º de ESO y 2º de ESO, una clase de PMAR (Programas de la mejora del aprendizaje y del rendimiento), una clase de 3º de

ESO de PMAR y tres clases de 3º y 4º de ESO. Se oferta bachillerato de ciencias y tecnología y bachillerato de humanidades y ciencias sociales.

Las principales instalaciones son las aulas, la biblioteca, el laboratorio de física y química, el laboratorio de biología y geología, el aula de música, las salas de informática, las aulas de tecnología, plástica y medios audiovisuales, aula específica de idiomas, gimnasio, vestuarios y duchas, campo de fútbol y de baloncesto. En todas las aulas se contará con pizarra interactiva o pizarra normal y proyector y panel para proyección de presentaciones y vídeos.

En el centro que ha sido seleccionado para llevar a cabo la presente propuesta didáctica, se considerará un grupo mixto de 3º de ESO con 20 alumnos, un número adecuado para facilitar su aprendizaje. La propuesta se centrará en la asignatura de Física y Química que en este curso es de carácter troncal y cuenta con dos horas semanales. En primera instancia, no existen alumnos con necesidades especiales ni adaptaciones curriculares. Estos alumnos son nativos digitales por lo que conocen el manejo de las TIC y las manejan habitualmente en su vida cotidiana. Por las características de la etapa puede haber más alumnos que muestren baja capacidad de trabajo y motivación, por lo que mantener su interés constituirá un reto importante.

6.3. OBJETIVOS DE LA PROPUESTA

6.3.1. OBJETIVOS DE LA ETAPA

Los objetivos son los referentes relativos a los logros que el alumnado debe alcanzar al finalizar la etapa, como resultado de las experiencias de enseñanza-aprendizaje planificadas intencionalmente para ello.

La Educación Secundaria Obligatoria contribuirá a desarrollar en el alumnado las capacidades, los hábitos, las actitudes y los valores que le permitan alcanzar los objetivos establecidos en el artículo 25 del Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato.

Las competencias clave deberán estar estrechamente vinculadas a los objetivos definidos para la Educación Secundaria, de acuerdo con lo establecido en la Orden ECD/65/2015, de 21 de enero.

- a) Asumir responsablemente sus deberes, conocer y ejercer sus derechos en el respeto a los demás, practicar la tolerancia, la cooperación y la solidaridad entre las personas y grupos, ejercitarse en el diálogo afianzando los derechos humanos y la igualdad de trato y de oportunidades entre mujeres y hombres, como valores comunes de una sociedad plural y prepararse para el ejercicio de la ciudadanía democrática. (CSC)

- b) Desarrollar y consolidar hábitos de disciplina, estudio y trabajo individual y en equipo como condición necesaria para una realización eficaz de las tareas del aprendizaje y como medio de desarrollo personal. (CAA, SIEP)
- c) Valorar y respetar la diferencia de sexos y la igualdad de derechos y oportunidades entre ellos. Rechazar la discriminación de las personas por razón de sexo o por cualquier otra condición o circunstancia personal o social. Rechazar los estereotipos que supongan discriminación entre hombres y mujeres, así como cualquier manifestación de violencia contra la mujer. (CSC)
- d) Fortalecer sus capacidades afectivas en todos los ámbitos de la personalidad y en sus relaciones con los demás, así como rechazar la violencia, los prejuicios de cualquier tipo, los comportamientos sexistas y resolver pacíficamente los conflictos. (CSC)
- e) Desarrollar destrezas básicas en la utilización de las fuentes de información para, con sentido crítico, adquirir nuevos conocimientos. Adquirir una preparación básica en el campo de las tecnologías, especialmente las de la información y la comunicación. (CCL, CD, CMCT)
- f) Concebir el conocimiento científico como un saber integrado, que se estructura en distintas disciplinas, así como conocer y aplicar los métodos para identificar los problemas en los diversos campos del conocimiento y de la experiencia. (CMCT)
- g) Desarrollar el espíritu emprendedor y la confianza en sí mismo, la participación, el sentido crítico, la iniciativa personal y la capacidad para aprender a aprender, planificar, tomar decisiones y asumir responsabilidades. (CAA, SIEP)
- h) Comprender y expresar con corrección, oralmente y por escrito, en la lengua castellana y, si la hubiere, en la lengua cooficial de la Comunidad Autónoma, textos y mensajes complejos, e iniciarse en el conocimiento, la lectura y el estudio de la literatura. (CCL)
- i) Comprender y expresarse en una o más lenguas extranjeras de manera apropiada. (CCL)
- j) Conocer, valorar y respetar los aspectos básicos de la cultura y la historia propias y de los demás, así como el patrimonio artístico y cultural. (CEC)
- k) Conocer y aceptar el funcionamiento del propio cuerpo y el de los otros, respetar las diferencias, afianzar los hábitos de cuidado y salud corporales e incorporar la educación física y la práctica del deporte para favorecer el desarrollo personal y social. Conocer y valorar la dimensión humana de la sexualidad en toda su diversidad. Valorar críticamente los hábitos sociales relacionados con la salud, el consumo, el cuidado de los seres vivos y el medio ambiente, contribuyendo a su conservación y mejora. (CMCT, CSC)
- l) Apreciar la creación artística y comprender el lenguaje de las distintas manifestaciones artísticas, utilizando diversos medios de expresión y representación. (CEC)

6.3.2. OBJETIVOS DE LA ASIGNATURA

En particular, la enseñanza de la Física y Química en esta etapa tendrá como finalidad el desarrollo de las siguientes capacidades:

1. Comprender y utilizar los conceptos, leyes y teorías más importantes de la física y química para interpretar los fenómenos naturales, así como para analizar y valorar las repercusiones de desarrollo tecnocientíficos y sus aplicaciones.
2. Aplicar, en la resolución de problemas, estrategias afines con la investigación científica, tales como la discusión del interés de los problemas planteados, la formulación de hipótesis, la elaboración de estrategias de resolución y de diseños experimentales, el análisis y repercusión de los resultados para construir un conocimiento más significativo y coherente.
3. Comprender y expresar mensajes con contenido científico utilizando el lenguaje oral y escrito con propiedad, manejo de las unidades del Sistema Internacional, interpretación y elaboración de diagramas, gráficas, tablas, resolución de expresiones matemáticas elementales, así como comunicar a otros los conocimientos, hallazgos y procesos científicos.
4. Obtener información sobre temas científicos, utilizando distintas fuentes, incluidas las tecnologías de la información y la comunicación, y emplearla, valorando su contenido, para fundamentar y orientar trabajos sobre temas científicos.
5. Adoptar actitudes críticas fundamentadas en el conocimiento para analizar, individualmente o en grupo, cuestiones científicas y tecnológicas.
6. Desarrollar actitudes y hábitos favorables a la promoción de la salud personal y comunitaria, facilitando estrategias que permitan hacer frente a los riesgos de la sociedad actual en aspectos relacionados con la alimentación, el consumo, las drogodependencias y la sexualidad.
7. Comprender la importancia de utilizar los conocimientos de las ciencias de la naturaleza para satisfacer las necesidades humanas y participar en la necesaria toma de decisiones en torno a problemas locales y globales a los que nos enfrentamos.
8. Conocer y valorar las interacciones de la ciencia y la tecnología con la sociedad y el medio ambiente, con atención particular a los problemas a los que se enfrenta hoy la humanidad y la necesidad de búsqueda y aplicación de soluciones, sujetas al principio de precaución, para avanzar hacia un futuro sostenible.
9. Reconocer el carácter de la Física y Química como actividad en permanente proceso de construcción así como sus aportaciones al pensamiento humano a lo largo de la historia, apreciando los grandes debates superadores de dogmatismos y así dejar atrás los estereotipos, prejuicios y discriminaciones que han dificultado el acceso al conocimiento científico.

6.3.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Los objetivos específicos que se pretende alcanzar con la propuesta son los siguientes:

1. Clasificar y diferenciar los distintos tipos de contaminantes atmosféricos implicados en la calidad del aire.
2. Conocer qué es el índice de calidad del aire y saber interpretarlo.
3. Conocer los sistemas de vigilancia de la calidad del aire y su funcionamiento.
4. Determinar cómo influye las condiciones meteorológicas en los niveles de concentración de la calidad del aire.
5. Conocer la problemática de los efectos contaminantes en la ciudad en la que vivimos.
6. Realizar un estudio estadístico.
7. Analizar gráficos y datos.
8. Construir y diseñar un dispositivo para dar solución a un problema técnico.
9. Proponer medidas para la prevención de la contaminación atmosférica.
10. Determinar los efectos de los contaminantes sobre la salud, seres vivos y medios materiales.
11. Reconocer la contaminación atmosférica y la calidad del aire como uno de los mayores problemas ambientales de nuestra época.
12. Concienciarse en la importancia de proteger la atmósfera como condición para lograr el desarrollo sostenible.
13. Desarrollar hábitos, actitudes y valores que permitan ser críticos y responsables ante situaciones relacionadas con la contaminación atmosférica.
14. Diseñar campañas de información y divulgación para concienciar de la importancia del cuidado y conservación del planeta.
15. Desarrollar el trabajo en equipo.
16. Aplicar el método científico a la realización de proyectos.
17. Favorecer un aprendizaje que integre diferentes materias.
18. Trabajar en el laboratorio, manipular reactivos y material respetando las medidas de seguridad.

6.4. COMPETENCIAS

Las competencias son las capacidades para aplicar de forma integrada los contenidos propios de cada enseñanza y etapa educativa con el fin de lograr la realización adecuada de actividades y la resolución eficaz de problemas complejos (Orden ECD/65/2015).

Según esta definición, adquirir o desarrollar competencias implica que los alumnos apliquen en su vida diaria aquellos conocimientos y/o estrategias que han adquirido en el aula y que, por tanto, encuentren una aplicación práctica de lo aprendido. Todas las actividades diseñadas en la siguiente propuesta están orientadas a la consecución de las competencias clave por parte de los alumnos y a su posterior aplicación en la vida cotidiana.

Las competencias clave, se definen de acuerdo al Real Decreto 1105/2014:

1. **Competencia comunicación lingüística (CCL):** se refiere a hacer un uso correcto del lenguaje tanto a nivel oral como escrito.
2. **Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología (CMCT):** Ser matemáticamente competente implica utilizar y relacionar números, sus operaciones básicas, los símbolos matemáticos para producir e interpretar distintos tipos de información. Además, adquirir competencias básicas en ciencias y tecnología requiere que el alumno desarrolle un sentido crítico y de aplicación de técnicas propias de la ciencia y la tecnología, como el método científico o la resolución de ejercicios, problemas o proyectos.
3. **Competencia digital (CD):** consiste en disponer de habilidades para buscar, obtener, procesar y comunicar información en distintos soportes para transformarla en conocimiento.
4. **Aprender a aprender (CAA):** esta competencia supone tener habilidades para ser capaz de aprender de manera eficaz y autónoma.
5. **Competencias sociales y cívicas (CSC):** el desarrollo de esta competencia hace posible que el alumno comprenda la realidad social en que vive, que coopere y conviva de manera democrática participando y tomando decisiones.
6. **Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor (SIEP):** por un lado implica hacer uso de la responsabilidad, perseverancia y el conocimiento de sí mismo y, por otro, aprender de los errores y asumir riesgos.
7. **Conciencia y expresiones culturales (CEC):** supone conocer, comprender, apreciar y valorar críticamente diferentes manifestaciones culturales y artísticas.

Para una adquisición eficaz de las competencias y su integración efectiva en el currículo, deberán diseñarse actividades de aprendizaje integradas que permitan al alumno avanzar hacia los resultados de aprendizaje de más de una competencia al mismo tiempo.

De manera general, se van a trabajar las competencias clave con las actividades propuestas.

1. Competencia lingüística

Se va a producir el desarrollo de la competencia lingüística a través de la adquisición de vocabulario específico en el ámbito científico. El planteamiento y transmisión de las ideas e informaciones sobre aspectos naturales, mejoran sin duda la capacidad de construir un discurso, tanto oral como escrito, basado en las relaciones causales la construcción de un discurso argumentado y contrastado, contribuyendo significativamente a una mejora de la utilización del vocabulario que les conducirá a ser más competentes y rigurosos a la hora de comunicarse de manera tanto oral como escrita.

La redacción de informes, las exposiciones orales y la interpretación de los enunciados de los problemas servirán también para afianzar esta competencia. La utilización de

metodologías como el debate para discutir temas científicos constituirá un buen instrumento para que el alumno mejore la construcción de discursos orales o escritos.

2. Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología

Esta competencia es inherente a los aprendizajes de las Ciencias de la naturaleza, ya que el estudio de la naturaleza precisa necesariamente el desarrollo de las Ciencias Exactas y especialmente de las matemáticas, para el estudio y cuantificación de los fenómenos, recursos, riesgos naturales etc., así como aspectos generales del funcionamiento del cuerpo humano e incidencia de enfermedades, probabilidades etc. Contribuye a la consecución de esta competencia la elaboración, análisis e interpretación de cuadros, tablas y gráficas. La resolución de problemas y proyectos ayuda a que el alumno vea la aplicabilidad en el mundo real de los cálculos matemáticos, que fuera de su entorno propio permiten comprender su valoración y la utilidad para la que están destinados. Por último, el trabajo en el laboratorio permite aplicar la teoría a la práctica de manera que el alumno pueda ver la aplicación real de los procesos físicos y químicos que ocurren en el mundo real.

3. Competencia digital

El uso de las nuevas tecnologías contribuye al desarrollo de esta competencia. El modo de hacer científico requiere necesariamente la búsqueda de información, siendo necesario recurrir a diferentes fuentes de información, entre ellas digitales, su posterior análisis en tablas o gráficos y presentación mediante el uso de diferentes programas informáticos (Excel, Word, Power Point). La utilización de las TIC, el uso de la pizarra digital interactiva y la realización de las actividades interactivas facilitan un modo de trabajo muy importante para que los aprendizajes sean atractivos y el alumno adquiera un rol más activo en esta área.

4. Aprender a aprender

Esta competencia se desarrollará mediante el fomento de habilidades para que el alumno sea capaz de continuar su aprendizaje de forma más autónoma. El planteamiento de estrategias para la realización de diferentes actividades, la asunción de las dificultades que se les van a plantear, la elaboración de conclusiones, el análisis de causas y consecuencias les hará aprender nuevas estrategias que podrán aplicar posteriormente en otros problemas o situaciones diferentes.

5. Competencias sociales y cívicas

Esta competencia está directamente relacionada con los contenidos, ya que se contribuye directamente a la adquisición de conocimientos sobre el medio que nos rodea así como la problemática resultante de la acción antrópica y esto se concreta en una toma de conciencia sobre los problemas que nuestro modo de vida cotidiano ocasionan al medioambiente fomentando así el cuidado y respeto por el medioambiente. Por otra parte, la realización de actividades en equipo contribuirá a que los alumnos interactúen entre ellos, obtengan diferentes puntos de vista, respeten las opiniones de los demás y creen lazos de unión a través del trabajo cooperativo.

6. Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor

La realización de actividades que impliquen la resolución de problemas consiguen que el estudiante tenga una mayor autonomía, asimismo, el planteamiento de la forma en la que se va a resolver un problema o proyecto favorece la iniciativa personal y contribuye directamente a la consecución de esta competencia. La capacidad de elegir con criterio propio, de hacerse preguntas, de enfrentarse e imaginar posibles soluciones a problemas abiertos y de llevar a cabo las acciones necesarias para desarrollar los propios planes personales, así como asumir responsabilidades y fomentar el esfuerzo, la perseverancia, la autoestima y el pensamiento crítico son aspectos íntimamente relacionados con esta competencia.

7. Conciencia y expresiones culturales

Con el estudio del medio que nos rodea se pretende conocer, comprender, apreciar y valorar diferentes realidades naturales, utilizarlas como fuente de disfrute, considerándola como parte del Patrimonio Natural de la humanidad. Asimismo, se promoverá la habilidad para apreciar y disfrutar con el medio natural desde el punto de vista estético, contribuyéndose de modo indirecto a la consecución de la conciencia y expresiones culturales. Se fomentará la elaboración de trabajos y presentaciones con sentido estético. Se valorará la interculturalidad como una fuente de riqueza personal y cultural. La adquisición de una cultura científica básica contribuirá también de manera significativa a la consecución de esta competencia.

6.5. CONTENIDOS

Los contenidos son el conjunto de conocimientos, habilidades, destrezas y actitudes que contribuyen al logro de los objetivos de cada materia y etapa educativa y a la adquisición de competencias.

Los contenidos que se van a trabajar en esta propuesta están definidos en el Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato y en Castilla y León en la ORDEN EDU/362/2015, de 4 de mayo, por la que se establece el currículo y se regula la implantación, evaluación y desarrollo de la educación secundaria obligatoria en la Comunidad de Castilla y León.

Según la Orden EDU/362/2015 los contenidos del 3º curso de ESO se organizan en 4 bloques:

- Bloque 1. La actividad científica.
- Bloque 2. Los cambios.
- Bloque 3. El movimiento y las fuerzas.
- Bloque 4. Energía.

La materia de Física y Química en esta etapa tiene un enfoque fenomenológico, se trata de explicar los contenidos relacionándolos con los fenómenos que ocurren en la naturaleza. Es importante señalar que en este ciclo la Física y Química puede tener un carácter terminal, por lo que su objetivo prioritario debe ser la alfabetización científica, del alumnado.

Esta propuesta se enmarca dentro del **Bloque 2** del currículo: Los cambios. Pero también se van a trabajar contenidos incluidos en el **Bloque 1** que corresponde a la actividad científica que se trabajan de manera transversal durante todo el curso, como son como son la investigación, la utilización de las tecnologías de la información, elaboración de informes, difusión de resultados, el trabajo experimental en un laboratorio de química, las normas de seguridad e higiene, así como la importancia de la investigación científica en la industria.

A continuación se presenta una tabla que establece la relación entre los contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje que se trabajarán directamente en el desarrollo de la propuesta didáctica, que se corresponden al Bloque 1 y 2 de la asignatura de Física y Química para el tercer curso de la ESO, según la ORDEN EDU/ 362/2015.

Tabla 1. *Contenidos, Criterios de Evaluación y Estándares de aprendizaje (Fuente: Orden EDU362/2015).*

FÍSICA Y QUÍMICA		
<u>Bloque 1: La Actividad científica</u>		
Contenidos	Criterios de Evaluación	Estándares de aprendizaje
Proyecto de investigación.	Desarrollar pequeños trabajos de investigación y presentar el informe correspondiente, en los que se ponga en práctica la aplicación del método científico y la utilización de las TIC.	Realiza pequeños trabajos de investigación sobre algún tema objeto de estudio aplicando el método científico, y utiliza las TIC para la búsqueda y selección de información y presentación de conclusiones en un informe.
		Participa, valora, gestiona y respeta el trabajo individual y en equipo.
<u>Bloque 2: Los Cambios</u>		
Contenidos	Criterios de Evaluación	Estándares de aprendizaje
La química y el medioambiente: efecto invernadero, lluvia ácida y destrucción de la capa de ozono. Medidas para reducir su impacto.	Valorar la importancia de la industria química en la sociedad y su influencia en el medioambiente. Conocer cuáles son los principales problemas medioambientales de nuestra época y sus medidas preventivas.	Describe el impacto medioambiental del dióxido de carbono, los óxidos de azufre, los óxidos de nitrógeno y los CFS y otros gases de efecto invernadero relacionándolo con los problemas medioambientales de ámbito global.
		Propone medidas y actitudes a nivel individual y colectivo, para mitigar los problemas medioambientales de importancia global.

Además de estos contenidos conceptuales propios de la asignatura de Física y Química para 3º de ESO, en esta propuesta didáctica se van a trabajar de manera transversal otros contenidos de las asignaturas STEM que forman parte del currículo de tercer curso..

- **Tecnología**

La asignatura de Tecnología está ligada al ingenio, al emprendimiento y habilidad humana. En esta materia se busca que los alumnos relacionen los objetos y avances de su entorno y vean en ellos el resultado de un proceso que abarca la ciencia, la técnica, el pensamiento científico y las habilidades prácticas. Un elemento fundamental de la tecnología es el carácter integrador de diferentes disciplinas. La materia de tecnología aporta el “saber hacer “.

- **Bloque 1: Proceso de resolución de problemas tecnológicos.** Desarrollar habilidades y métodos que permiten avanzar hasta encontrar una solución constructiva de un problema, desde la identificación y formulación, por medio de un proceso planificado que busque optimizar los recursos y minimizar el impacto medioambiental. La aplicación de este proceso tecnológico, exige un componente científico y técnico y compone el eje vertebrador de la materia y debe contemplar aspectos como el trabajo en grupo y el respeto a las ideas y opiniones de los demás.

- **Matemáticas**

Las matemáticas por su carácter universal, teórico y riguroso y pragmático pueden aplicarse a todas las ciencias y a multitud de situaciones que están en el entorno cotidiano. Las matemáticas son un instrumento muy valioso para entender lo que ocurre en el mundo.

- **Bloque 1: Contenidos comunes:** tiene un carácter transversal y vertebrador. En este bloque se aprende la resolución de problemas, el planteamiento y la ejecución. El enfoque modelizador e interpretativo que la matemática confiere a la realidad y la actitud para enfrentarse a los retos que plantea el mundo, las ciencias y las matemáticas.
- **Bloque 5: Estadística y probabilidad:** En este bloque el alumnado será capaz de realizar un análisis crítico de la información estadística mediante tablas y gráficas. Recoger datos, organizarlos y resumirlos para obtener conclusiones son necesidades ineludibles en la actualidad.

- **Educación plástica y visual**

La Educación Plástica, Visual y Audiovisual tiene como finalidad potenciar la creatividad, desarrollar la imaginación y la inteligencia emocional y enseñar a usar los elementos plásticos y las imágenes como recursos expresivos, en consonancia con el mundo de imágenes y objetos en el que vivimos en la actualidad.

- **Bloque 1: Expresión Plástica:** En este bloque el alumnado experimenta con materiales y técnicas variadas en el aprendizaje del proceso de creación. Se intenta dar al estudiante una mayor autonomía en la creación de obras personales, ayudando a planificar mejor los pasos que se deben seguir en la realización de proyectos artísticos, tanto propios como colectivos.
- **Bloque 2: Comunicación Audiovisual:** Las imágenes como medio de expresión se analizan de manera crítica. Se enfatiza en el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación aplicadas a la imagen.

6.6. METODOLOGÍAS

La metodología ha de estar orientada al logro de los objetivos y a potenciar el aprendizaje por competencias por lo que será **activa y participativa**, buscando una mayor implicación por parte del alumno sintiéndose el protagonista de su propio proceso de enseñanza-aprendizaje y no un mero espectador. De esta manera se potencia una mayor autonomía de los alumnos en la toma de decisiones, el aprender por sí mismos y el trabajo en equipo, la búsqueda selectiva de información y, finalmente, la aplicación de lo aprendido a nuevas situaciones consiguiendo de este modo un aprendizaje más significativo de los contenidos. Todo ello teniendo en cuenta, además, las posibilidades que ofrecen las tecnologías de la información y comunicación.

Las metodologías activas han de apoyarse en estructuras de aprendizaje cooperativo, de forma que, a través de la resolución conjunta de las tareas, los miembros del grupo conozcan las estrategias utilizadas por sus compañeros y puedan aplicarlas a situaciones similares, facilitando los procesos de generalización y de transferencia de los aprendizajes. En esta línea, el **aprendizaje basado en proyectos (ABP)** y el **aprendizaje cooperativo (AC)** son especialmente relevantes en esta propuesta puesto que favorecen tanto el trabajo individual como el cooperativo para la consecución de los objetivos y el desarrollo de las competencias. Además, mediante la combinación de estas dos metodologías se pretende abordar los contenidos de la propuesta de manera interdisciplinar relacionando los contenidos con otras materias de ciencias como promueve la educación STEM.

6.7. SECUENCIA DE ACTIVIDADES

En este apartado se van a explicar las actividades que se van a llevar a cabo dentro del Proyecto que lleva por título “Necesito Respirar” con las que se pretende que el alumnado adquiera los conocimientos y las competencias clave y desarrolle conciencia sobre los problemas ambientales. Con este proyecto, los alumnos también van a lograr alcanzar todos los objetivos específicos propuestos.

6.7.1. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

Esta actividad se realizará en el aula de clase en la asignatura de Física y Química durante una sesión de 50 minutos en el primer trimestre.

Durante esta sesión se explicará que se va a realizar un proyecto para comprobar la calidad del aire en nuestra ciudad.

Para la presentación del proyecto se mostrará una noticia de un periódico local “El Día de Valladolid” (<https://www.eldiadevalladolid.com/noticia/ZE8B8766D-AAEA-073E-C370C5554C87AF2C/202203/la-capital-y-medina-siguen-teniendo-mala-calidad-del-aire>) y a raíz de esto se formulará la siguiente pregunta:

¿Cómo es la calidad del aire de nuestra ciudad?

A continuación se llevará a cabo una lluvia de ideas, en la que los alumnos deberán debatir si existe contaminación atmosférica en nuestra ciudad y si la calidad del aire que respiramos es buena. Esta lluvia de ideas servirá para conocer de qué partimos y generar un debate sobre las ideas que tienen los alumnos previamente adquiridas. Una vez realizados la lluvia de ideas y el debate, el profesor realizará un repaso y aclaración sobre esos conceptos y conocimientos previos que sirva para sentar las bases de lo que se va a trabajar a lo largo de la propuesta. Seguidamente, se pondrá un vídeo introductorio sobre la contaminación atmosférica y la calidad del aire en las ciudades. (<https://www.youtube.com/watch?v=ash95P51M94>) y tres vídeos cortos sobre el fenómeno de la calima y su influencia en la calidad del aire (<https://www.youtube.com/watch?v=M6D3ADsG3ig>, <https://www.youtube.com/watch?v=6u7v8XmR2qI>, <https://www.youtube.com/watch?v=gjqJNTZtem8>).

El profesor realizará una presentación PPT sobre qué es el índice de calidad del aire y cómo se mide y se presentará el proyecto. Se realizará una explicación de las diferentes actividades que se van a llevar a cabo y del informe y presentación que deberán realizar. (Anexos)

Para la realización de todas las actividades que conforman el proyecto “Necesito respirar” se formarán grupos de 4 personas. La formación de los grupos estará designada por el profesor intentando que estas agrupaciones sean lo más heterogéneas posibles atendiendo a criterios de ritmos de aprendizaje.

6.7.2. ACTIVIDAD 1: ¿CÓMO ES EL AIRE DE NUESTRA CIUDAD?

La primera fase del proyecto consistirá en la recogida de datos de calidad del aire. A cada grupo se le asignará un contaminante de todos los que mide la estación de calidad del aire de Medina del Campo: Ozono Troposférico (O₃), Dióxido de Nitrógeno (NO₂), Partículas en suspensión (PM_{2.5}), Partículas en suspensión (PM₁₀). Cada grupo se centrará en recoger los datos medios diarios de concentración de ese contaminante durante un periodo

de tiempo que se extenderá desde el 9 de Enero al 14 Febrero de 2023. Deberán recoger en una hoja de Excel los datos que se muestran a continuación:

Tabla 2. Datos recogidos por día (Fuente: Elaboración propia).

Día	Concentración media diaria ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	ICA para el contaminante (Índice de calidad del aire)	ICA global	T Media	Precipitaciones	Observaciones

La concentración estará expresada en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, el índice de calidad del aire (ICA) para el contaminante se calculará utilizando la tabla (Tabla 3) en función del valor del contaminante y se indicará el color y la categoría. El ICA global se indicará la categoría para ese día y el color y a qué contaminante es debido. Junto a estos datos se recogerán también la temperatura media del día y si ha habido precipitaciones. En observaciones se deberá poner si en algún momento del día la categoría del índice ha cambiado.

Recogida de datos

La información para recoger los valores de concentración de los contaminantes se obtendrá de la página del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico a través del Índice nacional de calidad del aire (<https://ica.miteco.es/>).

- 1) Al iniciar el programa aparece la pantalla que se muestra a continuación en la figura 2, donde se puede ver la calidad del aire de toda la red de vigilancia del territorio nacional.

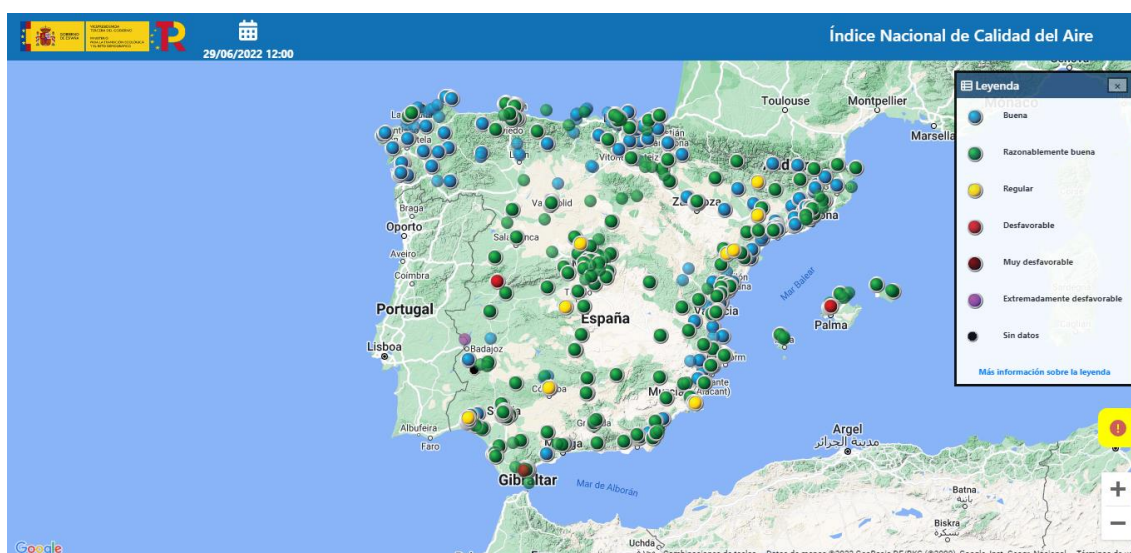


Figura 2. Pantalla inicial Índice nacional de calidad del aire (Fuente: <https://ica.miteco.es/>).

- 2) Desde esa ventana podemos seleccionar cualquier estación de vigilancia de la red, en nuestro caso se seleccionará la estación de Medina del Campo, como se indica en la imagen de la Figura 3.

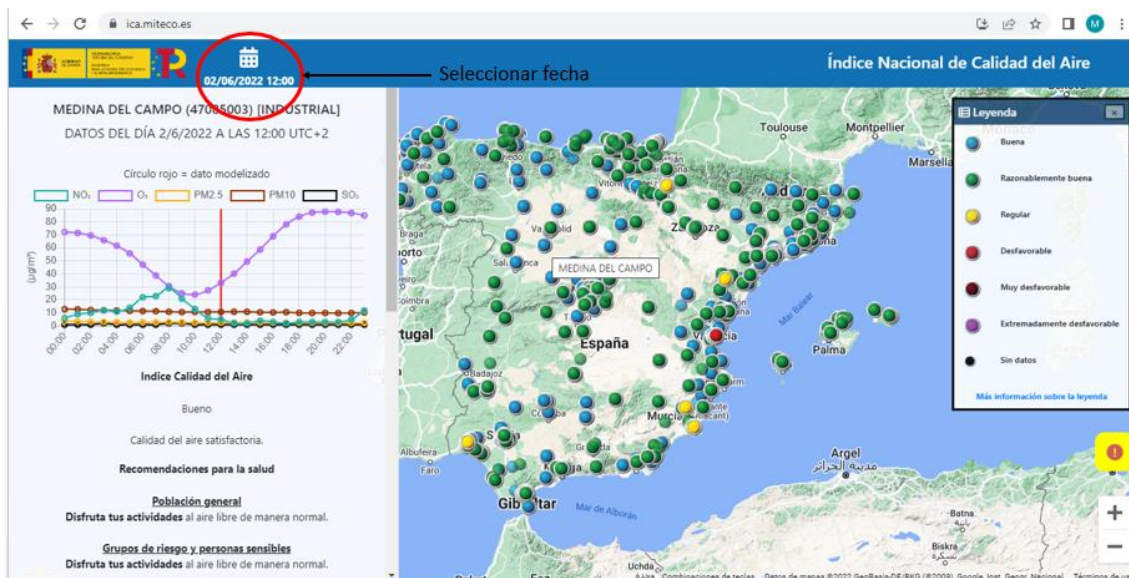


Figura 3. Ventana con información de la estación. Índice nacional de calidad del aire
(Fuente: <https://ica.miteco.es/>).

- 3) Al seleccionar la estación se nos abrirá una ventana a la izquierda como la que aparece en la figura 3. En el margen superior izquierdo podemos seleccionar la fecha. En la ventana aparecerá la información relativa a los valores horarios registrados por la estación con un color para cada contaminante como indica la leyenda. A continuación aparece el índice de calidad del aire para ese día y su clasificación y las recomendaciones para la salud.
- 4) Se deberán tomar los datos horarios del contaminante asignado y realizar la media para el día y en función del valor obtenido, clasificar el índice de calidad para ese contaminante según la tabla 3 que aparece a continuación.
- 5) Los datos se deberán recoger durante todo el periodo de enero a febrero para su posterior análisis e interpretación.

NOTA: La recogida de datos no implica mucha cantidad de tiempo por lo que la pueden realizar los alumnos en casa, no obstante, si no se pudiera realizar en casa, se podrían emplear los últimos 10 minutos de cada clase de Física y Química dentro de ese periodo, para la recogida de datos.

Tabla 3. Categoría del índice de calidad del aire en función de los valores de concentración de los contaminantes. (Fuente: Real Decreto 102/2011, de 28 de enero).

SO ₂		PM _{2,5}		PM ₁₀		O ₃		NO ₂		CATEGORÍA DEL ÍNDICE
0	100	0	10	0	20	0	50	0	40	BUENA
101	200	11	20	21	40	51	100	41	90	RAZONABLEMENTE BUENA
201	350	21	25	41	50	101	130	91	120	REGULAR
351	500	26	50	51	100	131	240	121	230	DESFAVORABLE
501	750	51	75	101	150	241	380	231	340	MUY DESFAVORABLE
751-1250		76-800		151-1200		381-800		341-1000		EXTREMADAMENTE DESFAVORABLE

* Los valores de todos los contaminantes de la tabla están expresados en µg/m³

En la tabla 4 se muestran las recomendaciones para la salud en función de la categoría del índice de calidad del aire.

Tabla 4. Recomendaciones para la salud en función de la calidad del aire. (Fuente: Real Decreto 102/2011, de 28 de enero).

Calidad del aire	Mensajes para la salud	Recomendaciones para la salud	
		Grupos de riesgo y personas sensibles	Población general
Buena	Calidad del aire satisfactoria	Disfruta de tus actividades al aire libre de manera normal.	Disfruta de tus actividades al aire libre de manera normal.
Razonablemente buena	Calidad del aire aceptable, la contaminación no supone un riesgo para la salud.	Disfruta de tus actividades al aire libre de manera normal.	Disfruta de tus actividades al aire libre de manera normal.
Regular	La calidad del aire probablemente no afecte a la población general pero puede presentar un riesgo moderado para los grupos de riesgo.	Considera reducir las actividades prolongadas y enérgicas al aire libre. Las personas con asma o enfermedades respiratorias deben seguir cuidadosamente su plan de medicación. Las personas con problemas del corazón pueden experimentar palpitaciones, dificultad en la respiración o fatiga inusual.	Disfruta de tus actividades al aire libre de manera normal. Sin embargo, vigila la aparición de síntomas como tos, irritación de garganta, falta de aire, fatiga excesiva o palpitaciones.
Desfavorable	Toda la población puede experimentar efectos negativos sobre la salud y los grupos de riesgo efectos mucho más serios.	Considera reducir las actividades al aire libre, y realizarlas en el interior o posponerlas para cuando la calidad del aire sea buena o razonablemente buena. Sigue el plan de tratamiento médico meticulosamente.	Considera reducir las actividades prolongadas y enérgicas al aire libre, especialmente si experimentas tos, falta de aire o irritación de garganta.
Muy desfavorable	Condiciones de emergencia para la salud pública, la población entera puede verse seriamente afectada.	Reduce toda actividad al aire libre, y considera realizar las actividades en el interior o posponerlas para cuando la calidad del aire sea buena o razonablemente buena. Sigue el plan de tratamiento médico meticulosamente.	Considera reducir las actividades al aire libre, y realizarlas en el interior o posponerlas para cuando la calidad del aire sea buena o razonablemente buena.
Extremadamente desfavorable	Condiciones de emergencia para la salud pública, la población entera puede verse gravemente afectada.	Evita la estancia prolongada al aire libre. Sigue el plan de tratamiento médico, en su caso, meticulosamente, y acude a un servicio de urgencias si tu estado de salud empeora.	Reduce toda actividad al aire libre y considera realizar las actividades en el interior o posponerlas para cuando la calidad del aire sea buena o razonablemente buena. Utiliza la protección adecuada para los trabajos que deban ser realizados al aire libre.

Los recursos que se utilizan para llevar a cabo esta actividad son la pizarra interactiva para la presentación, la web del índice de calidad del aire del Gobierno de España (<https://ica.miteco.es/>) y la herramienta Excel.

Con esta actividad se pretende que los alumnos conozcan los diferentes contaminantes asociados a la calidad del aire, así como qué es el índice de calidad del aire, como se calcula y saber interpretarlo. También conocer los problemas de salud asociados a la contaminación atmosférica. Y por último hacer un seguimiento para analizar cómo es la calidad del aire en nuestra ciudad.

6.7.3. ACTIVIDAD 2: ¿QUÉ RESPIRAMOS?

La actividad consistirá en que cada grupo constituido en la primera sesión de presentación del proyecto, deberá buscar información sobre el contaminante asignado.

Esta actividad se realizará durante todo el periodo de recogida de datos como tarea para casa aunque, si fuera necesario, se dedicarían algunos minutos de las clases de Física y Química para resolver dudas o guiar el proceso de búsqueda.

La búsqueda de información deberá realizarse utilizando diferentes fuentes, y deberán centrarse en incluir los aspectos más importantes relacionados con ese contaminante tales como las características, origen o principales focos de emisión y sus efectos en la salud y el medioambiente (lluvia ácida, efecto invernadero, destrucción de la capa de ozono).

Esta información deberá adjuntarse en el informe final del proyecto y en la presentación del mismo que deberán hacer en la última sesión.

Con esta actividad se pretende que los alumnos conozcan los distintos tipos de contaminantes implicados en la calidad del aire así como sus características, origen y los efectos de los mismos en la salud y el medioambiente.

6.7.4. ACTIVIDAD 3: KIOSCO DE CALIDAD DEL AIRE

Esta actividad consistirá en la realización de una visita a la estación de calidad del aire del Medina del Campo donde un técnico les enseñará los diferentes analizadores para medir los contaminantes en tiempo real: óxidos de nitrógeno, ozono, dióxido de azufre y material particulado PM10 y PM2.5 así como el centro de control de recogida y envío de datos (Figuras 4 y 5).



Figura 4. Estación de calidad del aire de Medina del Campo (Fuente: Elaboración propia).



Figura 5. Parte superior estación vigilancia calidad del aire. (Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=KMLFAhALEw4>).

Durante la visita los alumnos deberán tomar notas para poder completar un guion con las siguientes preguntas:

- ¿Cuántas estaciones de vigilancia de calidad del aire componen la red de tu provincia?
- ¿Qué encontramos encima de una caseta de medición?
- ¿Qué hay dentro de la caseta?
- ¿Cómo funciona? Realizar un diagrama del proceso. (Anexo II)
- ¿Qué ocurre cuando llueve con los niveles de concentración de la calidad del aire?
¿Por qué?

Durante la visita a la estación, los alumnos podrán hacer todas las preguntas que consideren oportunas para obtener información necesaria para la realización de la actividad 2.

Con esta actividad se pretende que los alumnos conozcan la red de vigilancia de calidad del aire, qué valores mide y cómo funciona, qué factores influyen en la medida y conocer la problemática de la contaminación atmosférica en la ciudad.

Según aparece en la Orden EDU 362/2015 es muy importante que se realicen este tipo de actividades de salidas organizadas para que los alumnos puedan ver la aplicación práctica de la tecnología en la vida real. Esta visita servirá para motivarles a la hora de adquirir conocimientos relacionados con la calidad del aire.

6.7.5. ACTIVIDAD 4: CONSTRUCCIÓN DE UN CAPTADOR DE PARTÍCULAS

Esta actividad está inspirada en el proyecto “El aire que respiramos” llevado a cabo en el IES Reyes Católicos de Ejea de los Caballeros en Zaragoza.

La actividad consiste en realizar una toma de muestras de material particulado seleccionando cinco puntos del IES, como se puede ver en la figura 6:

- Un punto verde situado en el patio, a unos 2 metros sobre el suelo y alejado del tráfico.
- Un punto azul situado en el patio, a unos 2 metros sobre el suelo.
- Un punto morado situado en el patio, a unos 2 metros sobre el suelo.
- Un punto naranja situado en la puerta de entrada del centro, a unos 2 metros sobre el suelo, donde hay mayor tránsito de vehículos.
- Un punto rojo situado en la puerta de entrada al centro, a unos 2 metros del suelo.



Figura 6. Puntos de colocación de los captadores de partículas en el IES Emperador Carlos de Medina del Campo. (Fuente: Elaboración propia con Google Earth).

Se seleccionan 5 puntos porque son 5 grupos para que cada grupo pueda montar el suyo y realizar toda la práctica.

El dispositivo captador de partículas va a consistir en un dispositivo casero que se va a construir en un aula de tecnología durante una clase de Tecnología de 50 minutos.

Materiales

El material necesario para la elaboración del dispositivo será el siguiente:

- Un embudo
- Una manguera
- Una tubería rígida de PVC
- Una garrafa de 10 litros
- Una caja para proteger la garrafa
- Una cuerda para sujeción.

Todos los materiales son de uso común y fáciles de encontrar, además de tener un coste muy reducido, como se puede ver en la tabla 5.

Tabla 5. *Coste materiales necesarios para construir el dispositivo captador. (Fuente: Elaboración propia).*

Material	Unidades	Precio unidad (€)	Precio Total (€)
Embudo	5	6,5	32,5
Tubo manguera	1	22,5	22,5
Tubo PVC	5	4	20
Garrafa 10 L	5	6,5	32,5
Cuerda	1	5	5
Caja protectora	5	5	25
Total			137,5

Montaje

Previo al montaje deberán cortarse los trozos de manguera y el tubo de PVC para que el captador mida en total unos 2 metros aproximadamente desde el suelo. El montaje consiste en conectar el embudo con la garrafa por medio de la manguera, para que el embudo se mantenga erguido y la manguera no se doble, ésta se va introducir dentro del tubo de PVC. La garrafa de 5 litros se meterá también dentro de un contenedor rígido para evitar que se estropee como puede ser una caja de herramientas o cualquier caja rígida. Posteriormente el dispositivo se colocará en los lugares señalados sujetándolo con una cuerda. En la figura 7 se puede ver una imagen del dispositivo montado.

Los dispositivos permanecerán recogiendo muestra durante 15 días.



Figura 7. Montaje del dispositivo captador de partículas. (Imagen izquierda Fuente: Proyecto el aire que respiramos, Imagen derecha Fuente: Elaboración propia).

Una parte importante de ingeniería de la propuesta STEM se trabaja en la creación de este dispositivo cuya finalidad es capturar partículas contenidas en el aire con la finalidad de analizar de manera cualitativa y cuantitativa la cantidad de dichas partículas en el ambiente y su relación con una de las principales fuentes de contaminación que es el tráfico rodado.

Con esta actividad se pretende que los alumnos apliquen su ingenio y creatividad en el montaje de un sencillo dispositivo que sirva para medir la contaminación atmosférica.

6.7.6. ACTIVIDAD 5: EL AIRE DE MI CIUDAD

Esta actividad se llevará a cabo en la sala de informática durante una sesión de clase de Matemáticas de 50 minutos y consistirá en realizar un análisis estadístico e interpretación de los datos diarios recopilados durante el periodo asignado.

Esta actividad se debería hacer coincidir con la impartición por parte del profesor de matemáticas del Bloque 5, Estadística y probabilidad, de manera que el profesor de matemáticas les explique los parámetros estadísticos de moda, media y mediana y los puedan ver aplicados a esta actividad.

Con los datos recogidos en la tabla de la actividad 1 durante el periodo de tiempo establecido, se realizará una gráfica con la herramienta Excel donde se representen los valores de concentración obtenidos en cada día de recogida de datos (Figura 8) y se realizará el cálculo de valores mínimos y máximos de concentración, la media, la mediana y la moda. Y se interpretarán los resultados obtenidos.

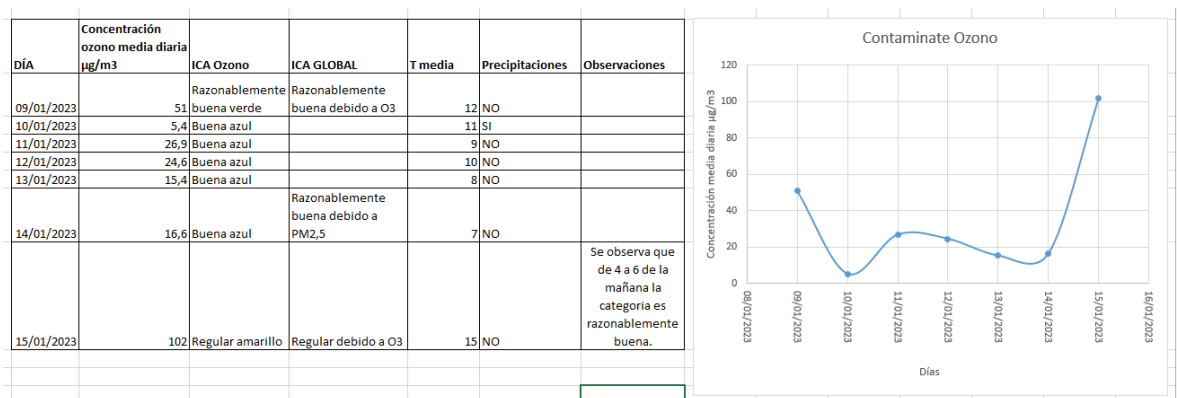


Figura 8. Ejemplo de datos recogidos en la tabla y gráfica de concentraciones (Fuente: Elaboración propia).

Los recursos necesarios para llevar a cabo esta actividad son la pizarra interactiva, ordenadores y la herramienta Excel.

Con esta actividad se pretende que los alumnos realicen un análisis estadístico y lo interpreten de manera que vean cual son los patrones de contaminación en su ciudad.

6.7.7. ACTIVIDAD 6: AL LABORATORIO CON LOS CAPTADORES

Esta actividad consiste en la segunda parte de la actividad 4, se trata de recoger, filtrar y analizar las muestras de partículas recogidas por el captador y se llevará a cabo en el laboratorio de física y química durante una sesión de clase de Física y Química de 50 minutos.

Procedimiento para la toma de muestras

El procedimiento para la toma de muestras es el siguiente:

1. Una vez pasado el tiempo de exposición se recogen los dispositivos y se llevan al laboratorio de física y química.
2. En el laboratorio se arrastran las partículas del embudo con agua destilada, se procura recoger todas las partículas que quedan en el embudo y en la manguera. A continuación se quita la manguera y se lava bien el interior de la garrafa con agua destilada para que no quede ninguna partícula dentro.
3. El agua contenida en la garrafa procedente del lavado para el arrastre de las partículas captadas, se trasvasa a una botella de 1 litro y se identifica la muestra poniendo una pegatina del color del captador al que corresponde.

Tratamiento de las muestras

Materiales

- Filtros de microfibra de cuarzo o de fibra de vidrio o de nitrato de celulosa.
- Matraz Kitasato

- Bomba de vacío o trompa de vacío
- Portafiltro
- Balanza Analítica

Todos estos materiales son de uso común en el laboratorio, lo único que podría considerar una inversión grande es la balanza analítica cuyo costo aproximado son 1000 €. En caso de no disponer de ella, solo se realizaría el análisis cualitativo.

Montaje

En la figura 9 se muestra el dispositivo montado para la filtración de las muestras.



Figura 9. Montaje dispositivo de filtración de las muestras (Fuente: Elaboración propia).

Procedimiento del análisis de las muestras

Se realizará un análisis cualitativo y cuantitativo de las partículas recogidas en cada captador teniendo en cuenta el siguiente procedimiento.

1. En una balanza analítica se pesa el filtro vacío, se identifica con el color de la muestra y se anota la masa.
2. Se coloca el filtro en el portafiltros según el montaje (Figura 9) y se filtra la muestra.
3. Se deja secar el filtro unos 2 o 3 días.
4. Pasado ese tiempo se pesa el filtro en la balanza analítica y se anota la masa.
5. Por la diferencia de masa entre el filtro vacío y el filtro sucio y conociendo la superficie de captación que se corresponde al área del embudo se podrá calcular la masa de las partículas que se han depositado por unidad de superficie en g/m^2 .

Tras dejar secar los filtros se observará de forma visual (cualitativa) una evidente diferencia de color entre los filtros. Los filtros correspondientes a las muestras de los captadores colocados en la puerta del instituto (naranja y rojo) se espera que presentará un color más oscuro debido a una mayor acumulación de partículas, como consecuencia de un mayor tránsito de vehículos lo cual, como se vería en la actividad 2, es un foco muy importante de contaminación en la ciudad.

Este resultado también se podrá observar de manera cuantitativa con los resultados obtenidos a través del cálculo de la masa de partículas recogidas en cada uno de los captadores.

Los equipos de captación elaborados pueden reutilizarse una vez se ha lavado la garrafa. Sería muy interesante, siempre que se dispusiera de tiempo, repetir el proceso en diferentes épocas del año para observar, por ejemplo, que sucede en la época de primavera como consecuencia del polen, es probable que el material particulado filtrado tenga otras tonalidades derivadas de la presencia de polen en el ambiente. También para ver cómo evoluciona la cantidad de material particulado en función de los factores meteorológicos asociados a los cambios de estación o a las calimas.

Tras analizar las muestras los alumnos propondrán medidas para reducir la contaminación atmosférica en nuestra ciudad. Estas medidas propuestas deberán ser incluidas en el informe final y en la presentación.

Con esta actividad se pretende que los alumnos comprueben de manera visual que en su ciudad existe contaminación y que tomen conciencia de la importancia de cuidar el medioambiente y propongan soluciones realistas para reducir la contaminación atmosférica.

6.7.8. ACTIVIDAD 7: ACTIVISTAS DEL MEDIOAMBIENTE

Con esta actividad se pretende introducir la A de Arts en las asignaturas STE(A)M. Esta actividad se llevará a cabo en el aula de plástica durante una clase de la asignatura de Educación Plástica y visual. Consistirá en elaborar un cartel informativo o una pancarta para promover hábitos que sean más cuidadosos con el medioambiente y la contaminación atmosférica, como por ejemplo, el uso de la bicicleta para ir a clase o el uso de fuentes de energía más sostenibles. De manera que, fomentando estos hábitos, minimicemos los efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud y el medioambiente.

Estos carteles se colocarán en las clases y en los pasillos del instituto para concienciar a los alumnos de la necesidad de cuidar el medioambiente.

Los recursos para llevar a cabo esta actividad son los propios de un aula de educación plástica, tales como cartulinas y materiales para dibujar y pintar.

Con esta actividad, una vez realizadas el resto de actividades para determinar que en su ciudad hay contaminación atmosférica y el grado, se propone realizar una campaña de concienciación a través de la elaboración de carteles o pancartas con propuestas para reducir la contaminación y fomentar hábitos más sostenibles.

6.7.9. ACTIVIDAD 8: EXPOSICIÓN DEL PROYECTO

Esta actividad se llevará a cabo en la clase de Física y Química y consistirá en realizar una presentación PPT del proyecto donde aparecerá la siguiente información:

1. Características
2. Origen o principales focos de emisión
3. Efectos para la salud
4. Efectos para el medioambiente
5. Resultados. Datos recogidos (Tabla y Gráfica)
6. Análisis e interpretación de los resultados.
7. Propuestas para reducir la contaminación
8. Imagen del cartel
9. Conclusiones

Los grupos dispondrán de 5 minutos, aproximadamente, para realizar las presentaciones. Antes de las presentaciones los alumnos deberán haber subido el informe del proyecto a la plataforma educativa del centro.

Al finalizar las presentaciones se pondrán en común los resultados obtenidos del proceso de recogida de datos y se realizará una comparación entre unos valores de contaminantes con otros, en la influencia sobre el índice de calidad del aire global y qué contaminante tiene una mayor repercusión en la clasificación más desfavorable sobre el índice de calidad del aire.

En base a esto se extraerán unas conclusiones y se contestará a la pregunta de cómo es la calidad del aire en mi ciudad.

Los recursos necesarios para llevar a cabo esta actividad son la pizarra digital y el programa PPT.

Esta actividad pretende recoger todo lo trabajado en las actividades anteriores de manera que se logren todos los objetivos específicos y los alumnos puedan hacer una evaluación crítica de la calidad del aire en su entorno, además de reconocer la contaminación atmosférica y la calidad del aire como uno de los mayores problemas ambientales de nuestra época y concienciarse de la necesidad de cuidar el medioambiente desarrollando hábitos más sostenibles.

6.7.10. ACTIVIDAD 9: MEDICIÓN DEL NO₂ (COMPLEMENTARIA)

Siguiendo las indicaciones de la Guía para el desarrollo de proyectos ambientales propuesta por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, se podría proponer otra actividad o proyecto para la medición del dióxido de nitrógeno en los alrededores del IES mediante captadores pasivos. Esta actividad necesitaría dedicar más tiempo y la colaboración del Ayuntamiento de Medina del Campo para poder realizarse.

Por ello, consciente de que será difícil realizarla (aunque no imposible) se presenta como una actividad complementaria o de ampliación.

Una parte de mi TFM en Ingeniería Ambiental se basó en esta actividad en el seno de un proyecto para mejorar la calidad del aire en Madrid. Esta actividad consistió en la colocación y el análisis de captadores pasivos para poner de manifiesto que los lugares en los que se registraba una mayor afluencia de tráfico, presentaban los valores más desfavorables de concentración de NO₂.

Los captadores de tipo Palmes para captar dióxido de nitrógeno, son tubos que adsorben las moléculas de contaminante por difusión molecular a lo largo de un tubo inerte hacia un medio adsorbente. El medio adsorbente es una malla o rejilla de acero inoxidable impregnada de trietanolamina (TEA) colocada en el tapón superior cerrado del captador, que adsorbe el dióxido de nitrógeno del aire. El transporte del gas al tubo es producido por la difusión. En la figura 10 se muestra un tubo desmontado cuyos componentes son un tubo acrílico dos redes de acero inoxidable y dos tapas.

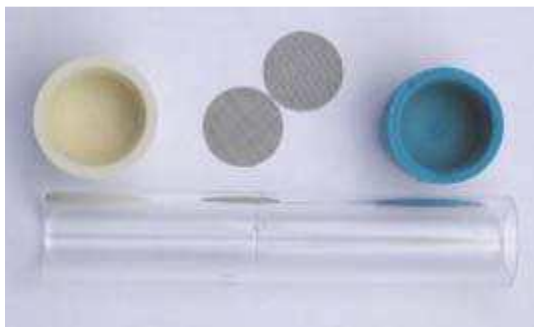


Figura 10. Componentes del captador pasivo (Fuente: Elaboración propia).

La primera fase del proyecto consistirá en la colocación de los captadores pasivos y para ello se seguirá el siguiente procedimiento:

1. Identificar en el mapa los puntos donde se van a colocar los captadores pasivos, se colocarán alrededor de 20 captadores en puntos próximos al instituto y dentro del propio instituto para permitir una mejor caracterización.
2. Transportar los tubos en una bolsa de plástico con cierre hermético.
3. Colocar hacia arriba la parte del tubo que contiene el absorbente y quitar la tapa inferior y colocar el tubo en el soporte del clip en posición vertical como se muestra en la figura 11.



Figura 11. Colocación de los captadores pasivos (Fuente: Elaboración propia).

4. Colocar los tubos 2.5 m por encima del nivel del suelo, para poder compararse con las medidas de las estaciones de calidad del aire y para evitar que sean manipulados. Además, se situarán en una ubicación que permita la libre circulación del aire y al menos a 10 metros de distancias de salidas de aire, ventiladores, paradas de taxis y semáforos. Una buena ubicación podrían ser las farolas o los canalones.
5. Anotar en un formulario la fecha y la hora de la instalación y realizar una fotografía.
6. Guardar las tapas retiradas en la bolsa o el recipiente utilizado para el transporte, ya que se utilizarán nuevamente al finalizar el período de exposición.

La exposición se realizará durante un mes y al finalizar dicho periodo los captadores pasivos deberán ser recogidos mediante el siguiente procedimiento:

1. Recoger el tubo expuesto en cada punto de muestreo y colocar la tapa firmemente.
2. Anotar la hora y la fecha del fin del período de exposición en el formulario de detalles de la exposición.
3. Mantener los tubos recogidos dentro de un recipiente sellado, en un lugar fresco hasta que se lleven al laboratorio para su análisis.

Una vez obtenidos los valores en el laboratorio se compararán las concentraciones entre los diferentes puntos de muestreo.

Ampliación del proyecto de captación de nitrógeno

Este proyecto podría ampliarse a Bachillerato siempre que el centro disponga de un laboratorio adecuado para desarrollar el proyecto completo, analizando las muestras en el laboratorio de acuerdo al siguiente procedimiento.

El análisis de NO_2 con captadores pasivos se basa en la capacidad que tiene la trietanolamina (TEA) presente en los captadores para la adsorción del NO_2 . El NO_2 se reduce a nitrito que se analiza mediante espectrofotometría a una longitud de onda de 540 nm.

Materiales y reactivos:

- Espectrofotómetro
- Cubetas de vidrio de 1 cm
- Nitrito sódico
- Reactivo mixto (de color):
- Sulfanilamida
- Ácido ortofosfórico 85%
- N-(1-Naftil) etilendiamina diclorhidrato (abreviado como NEDA).
- Micropipeta.

Procedimiento (Método Griess-Saltzman):

Se añade una mezcla de agua y reactivos a los tubos, éstos son agitados posteriormente; para que el nitrito recogido en las rejillas se disuelva en la disolución acuosa. Los reactivos (reactivo mixto) reaccionan con el nitrito en la disolución para formar un

compuesto de color púrpura. La intensidad de esta coloración púrpura se puede medir mediante la espectrofotometría. Utilizando un conjunto de soluciones estándar de nitrito es posible calibrar la técnica y, así, medir con precisión la concentración del mismo presente en la muestra.

En la Guía para el desarrollo de proyectos ambientales en entornos educativos se describe el siguiente protocolo:

1. Anadir 7 ml de agua destilada en el vial de plástico que contiene el medio adsorbente.
2. Cerrar el vial y sumergir en un baño de ultrasonidos durante 30 minutos para que el nitrito recogido se disuelva en el agua.
3. Durante este tiempo se puede preparar la recta de calibrado con las disoluciones patrón de nitrito deseadas en función del rango de medida. Para preparar estas disoluciones se cogen los volúmenes deseados de la solución patrón, 1000 µg/ ml.
4. De cada vial (muestra/patrón) se toman 100 µl que se añaden a un tubo de vidrio limpio. Se prepara un tubo más con 100 µl de agua que será el blanco del experimento.
5. A cada nuevo tubo se añaden 3 ml de reactivo mixto y agitar el tubo. Estos reactivos reaccionan con el nitrito en disolución para formar un compuesto de color púrpura. Dejar la reacción un mínimo de 15 min y un máximo de 75 min antes de realizar la lectura.
6. Se transfiere el volumen de la disolución de cada tubo a cubetas de 10mm (de sección) para el análisis en el espectrofotómetro.
7. Realizar la lectura de las absorbancias a una longitud de onda de 540 nm.
8. Análisis de resultados. Construir la recta de calibrado de las concentraciones patrón frente a las absorbancias obtenidas. Calcular la concentración de cada muestra según la recta de calibrado construida.

Preparación de 1 litro de reactivo mixto:

1. Pesar en una balanza analítica 10 g de sulfanilamida y diluir en 300 ml de agua de desionizada en un matraz de 500 ml.
2. Anadir 30 ml de ácido ortofosfórico y mezclar y enrasar con agua desionizada a 500 ml
3. Pesar 70 mg de N-(1-Naftil) etilendiamina diclorhidrato (NEDA) y disolver en 300ml agua desionizada, se mezcla bien y se enrasa en matraz aforado a 500 ml.
4. Ambas disoluciones deben trasvasarse a frascos sellados y etiquetados de vidrio oscuro para proteger de la luz y almacenarse en la nevera.
5. Las dos disoluciones anteriores deben mantenerse por separado hasta momentos inmediatamente anteriores a su uso.
6. La cantidad necesaria de mezcla de reactivos debe prepararse mediante la mezcla de las dos disoluciones anteriores en una proporción de 1:1.
7. Una vez mezclados los reactivos de color deben ser usados el mismo día.

Como se ha comentado previamente el centro deberá disponer de los recursos adecuados para que se pueda llevar a cabo el análisis. Esto supone una gran inversión, el coste de los materiales se expone en la siguiente tabla.

Tabla 6. *Cálculo del coste de los materiales para la realización del análisis de los captadores. (Fuente: Elaboración propia, basada en los precios de Labbox, Merck).*

Material	Precio Total (€)
Espectrofotómetro UV-VIS	1800
Cubetas de vidrio 1 cm	127
Nitrito sódico	9,69
Sulfanilamida	51,2
Ácido fosfórico 85%	23,8
N-(1-Naftil) etilendiamina diclorhidrato (NEDA)	44,9
Micropipeta	108
Total	2164,59

Esta actividad también podría llevarse a cabo en colaboración con un laboratorio de la Facultad de Ciencias. Y como alternativa, realizarse dentro de un proyecto en el Bachillerato de excelencia.

TABLA RESUMEN DEL PROYECTO

A continuación, se presenta una tabla resumen (Tabla 7) donde se muestra la relación de todas las actividades propuestas para llevar a cabo en este proyecto con las competencias clave que se van a trabajar en cada actividad y los objetivos específicos que se pretenden alcanzar.

Tabla 7. *Competencias desarrolladas y objetivos alcanzados en cada actividad (Fuente: Elaboración propia).*

ACTIVIDADES	COMPETENCIAS CLAVE							OBJETIVOS ESPECÍFICOS
	CCL	CMCT	CD	CAA	CSC	SIEP	CEC	
Actividad 1: ¿Cómo es el aire de mi ciudad?	X	X	X	X	X	X		1,2,5,11,12,15,16,17
Actividad 2: ¿Qué respiramos?	X	X	X	X	X	X		1,10,11,12,15,16,17
Actividad 3: Kiosco de calidad del aire	X	X		X	X	X		1,3,4,5,11,12,15,16,17
Actividad 4: Construcción dispositivo	X	X		X	X	X		5,8,15,16,17
Actividad 5: El aire de mi ciudad (análisis)	X	X	X	X	X	X		4,5,6,7,11,12,15,16,17
Actividad 6: Laboratorio	X	X		X	X	X		5,8,11,12,13,15,16,17,18
Actividad 7: Activistas del medioambiente (cartel)	X			X	X	X	X	11,12,13,14,15,16,17
Actividad 8: Exposición oral e informe del proyecto	X	X	X	X	X	X	X	1,2,4,5,7,8,10,11,12,13,15,16,17
Actividad 9 (Complementaria) Medir NO2	X	X	X	X	X	X		5,11,12,13,15,16,17,18

Como se puede ver a lo largo de este proyecto con las diferentes actividades se desarrollan todas las competencias claves así como el logro de los objetivos específicos, algunos de estos son inherentes a todas las actividades como por ejemplo, el desarrollo de conciencia ambiental y el trabajo en equipo.

6.8. TEMPORALIZACIÓN

Este proyecto se llevará a cabo desde el 9 de Enero hasta el 23 de Febrero de 2023 y se realizará en **7 sesiones**, de las cuales 4 se realizarán en la asignatura de Física y Química, una sesión se realizará en la asignatura de Tecnología, otra en la asignatura de Matemáticas y otra en la asignatura de Educación Plástica.

La asignatura de **Física y Química** en este curso, según la Orden EDU 362/2015, es de carácter troncal y tiene una carga lectiva de 2 horas semanales, las cuales vamos a dividir en una hora los lunes y otra los jueves, respectivamente. El resto de asignaturas que participarán en el desarrollo del proyecto son:

- **Matemáticas** que tiene carácter troncal y una carga lectiva de 4 horas semanales.
- **Tecnología** que es optativa y tiene una carga lectiva de 3 horas semanales.
- **Educación plástica, visual y audiovisual** que es optativa y cuenta con 3 horas semanales.

Las sesiones se distribuirán de la siguiente manera:

- La **sesión 1** será el día 9 de Enero en una clase de física y química de 50 minutos, en ella se llevará a cabo la **presentación** del proyecto o reto, seguido de una lluvia de ideas y repaso de conocimientos previos. Se crearán los grupos de trabajo y se explicará mediante una presentación PPT (Anexo I) el concepto de índice de calidad, la presentación del proyecto y el procedimiento para realizar la **actividad 1** de recogida de datos y la **actividad 2** de búsqueda de información.
- En la **sesión 2** el día 12 de Enero (siempre que esté disponible el técnico del ayuntamiento) se realizará la **actividad 3** que consiste en la visita a la estación de calidad del aire, esta sesión abarcará los 50 minutos de clase de física y química y seguramente necesitaremos otra parte de la mañana para llevarla a cabo.
- En la **sesión 3** se realizará el día 1 de Febrero y se llevará a cabo en una clase de 50 minutos de la asignatura de Tecnología donde se realizará la construcción y la colocación de los dispositivos para capturar partículas correspondientes a la **actividad 4**.
- En la **sesión 4** el día 15 de Febrero, se realizará en una clase de matemáticas de 50 minutos la **actividad 5** consistente en un análisis estadístico de los datos recogidos durante la **actividad 1**.
- En la **sesión 5** el día 16 de Febrero, se llevará a cabo en el laboratorio de física y química durante una clase de física y química de 50 minutos donde se realizará la

actividad 6 de recogida y el filtrado de muestras de los captadores que se construyeron y colocaron en la sesión 3 en la actividad 4.

- En la **sesión 6** el 17 de Febrero, se llevará a cabo en una clase de Educación Plástica de 50 minutos donde se realizará la **actividad 7** en la que se elaborarán los carteles para fomentar hábitos más sostenibles.
- Por último en la **sesión 7** el día 23 de Febrero, que se llevará a cabo en una clase de física y química de 50 minutos se realizará la **actividad 8** consistente en la presentación del proyecto por grupos y las conclusiones finales.

Para la realización de la **actividad 9** sería necesario un día para la colocación de los tubos, un día para recogerlos y una parte de una sesión de clase para analizar los resultados. Esta última actividad, como ya se ha indicado, podría realizarse como actividad de ampliación de manera complementaria, por lo tanto no vamos a incluirla en la temporalización.

A continuación se presenta como quedarán distribuidas las sesiones en el calendario escolar para el curso 2022/23.

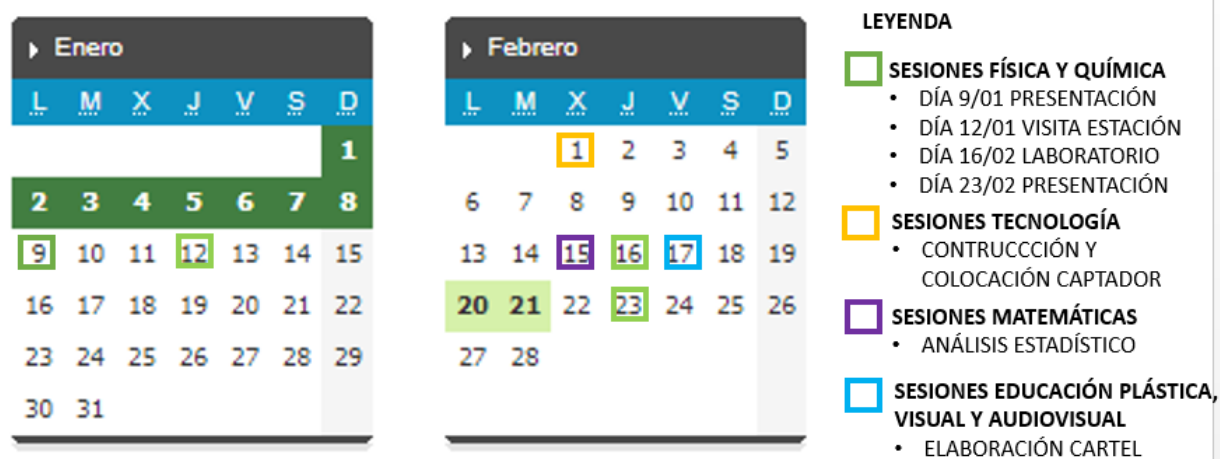


Figura 12. Temporalización para el curso académico 2022-2023. (Fuente: Elaboración propia).

6.9. ATENCIÓN A LA DIVERSIDAD

La atención a la diversidad son aquellas actuaciones educativas que tienen como finalidad prevenir y dar respuesta a necesidades y dificultades temporales y permanentes del alumnado. Las medidas de atención al alumnado con necesidades específicas se citan en el artículo 9 del Real Decreto 1105/2014, así como para la comunidad de Castilla y León los principios generales de actuación para la atención a la diversidad se citan en la Orden EDU/362/2015.

La atención a la diversidad se debe fijar fundamentalmente en los siguientes ámbitos: capacidad para aprender, motivaciones, estilos de aprendizaje e intereses, interrelacionados entre sí. Igualmente no se debe pasar por alto el estilo de aprendizaje

del alumno, el nivel de atención que es capaz de mantener y el tipo de refuerzo más adecuado. En consecuencia, el profesor debe ajustar la ayuda pedagógica a las diferentes necesidades de los alumnos y facilitar recursos o estrategias variadas que permitan dar respuesta a la diversidad que presenta el alumnado de estas edades.

La presente propuesta se compone de una serie de actividades que se han diseñado de manera que sean capaces de atender a los diferentes ritmos de aprendizaje, capacidades y habilidades de los alumnos.

En este sentido, el aprendizaje basado en proyectos junto con el aprendizaje cooperativo son un buen método para adaptar los diferentes ritmos de aprendizaje entre todos los alumnos de la clase. El docente intentará siempre que en todas las actividades de trabajo cooperativo los alumnos con un mayor ritmo de aprendizaje vayan en el equipo de alumnos con un ritmo medio – bajo y viceversa, de manera que el objetivo final va a ser que los equipos sean lo más heterogéneos posible. De esta manera se consigue que los estudiantes se ayuden los unos a los otros para lograr un mismo objetivo. En este sentido, cada alumno tendrá una responsabilidad dentro del grupo, lo que le hará sentirse parte del equipo y aprenderán a trabajar como se hace en la sociedad.

Las actividades de trabajo cooperativo resultan muy motivadoras para toda la clase y la unión de estudiantes con diferentes ritmos de aprendizaje cohesionan el grupo y crea un ambiente de trabajo muy positivo.

El contenido de la propuesta trata sobre temas de actualidad acerca de la contaminación, del medio ambiente, de la medicina, la salud que pueden fomentar el interés y la motivación del alumnado. Además, pueden ver la aplicabilidad al mundo real de los conceptos teóricos y de los contenidos aprendidos para adquirir conciencia de la necesidad de preservar el medio ambiente y contribuir así a los objetivos de desarrollo sostenible. En particular, la actividad de visitar la estación de calidad del aire también permite acercar los contenidos teóricos al mundo real y aprender en otro espacio distinto del aula.

La utilización de las TIC también es un recurso facilitador para atender a la diversidad.

Han de prepararse también actividades referidas a los contenidos considerados complementarios o de ampliación con la perspectiva de aquellos alumnos que pueden avanzar más rápido, o que lo hacen con menos necesidad de ayuda y que, en cualquiera de los casos, pueden profundizar en contenidos mediante un trabajo más autónomo. Entre estas actividades el profesor podría proponerles hacer una investigación más profunda sobre algún aspecto de la propuesta que les resulte más interesante, o por ejemplo comparar los niveles de calidad del aire con los de otras ciudades a nivel europeo.

No obstante, si en el transcurso de las actividades se detecta que algún alumno requiere alguna medida de atención especial, se trabajaría en conjunto con el Departamento de Orientación para planificarla y llevarla a cabo.

6.10. EVALUACIÓN

La evaluación es un elemento fundamental en el proceso de enseñanza-aprendizaje, ya que nos permite conocer y valorar los diversos aspectos que nos encontramos en el proceso educativo. Reconocer la eficacia de los métodos, los programas y los recursos empleados y, a partir de los resultados obtenidos, tomar decisiones que favorezcan el proceso educativo.

Se evaluará siguiendo los criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables correspondientes al proyecto según la legislación Orden EDU362/2015. Los criterios de evaluación son el referente específico para evaluar el aprendizaje del alumnado y describen aquello que se quiere valorar y que se debe lograr, tanto en conocimientos como en competencias, y se basarán en la consecución de los objetivos propuestos.

La evaluación del proceso de aprendizaje del alumnado de la Educación Secundaria Obligatoria será continua, formativa e integradora.

- Continua: Tiene en cuenta el progreso del alumno durante todo el proceso de enseñanza-aprendizaje. Pretende describir e interpretar y no tanto medir y clasificar.
- Formativa: Mejora constante del proceso enseñanza-aprendizaje. Aporta la información necesaria referente a los progresos y dificultades del alumno en el proceso de enseñanza-aprendizaje.
- Integradora: Comporta valorar globalmente el trabajo realizado en todas las áreas y el grado en que, con este proyecto, se han alcanzado los objetivos generales de la etapa y se han desarrollado las competencias clave. No exige que se alcancen los objetivos propios de cada materia.

La evaluación del proyecto se realizará de manera individual, teniendo en cuenta los indicadores que aparecen en la siguiente rúbrica (Tabla 8) y el nivel de logro de los mismos. La nota correspondiente al informe será la misma para todo el grupo, dando por supuesto, si nadie dice lo contrario, que ha sido elaborado de manera conjunta. El resto de los indicadores se evaluarán teniendo en cuenta la observación del profesor.

Tabla 8. Rúbrica para la evaluación del proyecto (Fuente: Elaboración propia).

	Indicadores	Niveles de logro			
		1 Nada	2 Poco	3 Bastante	4 Mucho
Trabajo diario en las actividades 50%	Colaboración con el grupo en la realización de las actividades	No colabora en las actividades ni aporta ideas al grupo.	Colabora en pocas actividades y apenas aporta ideas.	Colabora en la mayoría de las actividades aportando ideas e implicándose en el proceso.	Colabora en todas las actividades aportando ideas e implicándose en todo el proceso
	Participación en los debates, puestas en común o lluvia de ideas.	No participar ni aporta ideas.	Participa poco y aporta pocas ideas	Participa bastante y aporta alguna idea.	Participa activamente aportando ideas
	Tratamiento de datos	No sabe realizar tablas ni gráficas.	Conoce poco como realizar tablas y gráficas y le cuesta interpretarlas.	Conoce como realizar tablas y gráficas y sabe interpretarlas.	Realiza perfectamente tablas y gráficas y sabe interpretarlas.
	Búsqueda de información	No sabe buscar información en internet.	Realiza la búsqueda de información sin criterio.	Realiza la búsqueda de información con cierto criterio.	Realiza correctamente la búsqueda de información con criterio.
	Toma de datos	No sabe tomar los datos.	Tiene dificultades para tomar muchos datos.	Tiene dificultades para tomar algún dato	Toma los datos sin problema.
	Realización de cálculos matemáticos.	No realiza los cálculos matemáticos de manera correcta.	Realiza de manera correcta pocos cálculos matemáticos.	Realiza de manera correcta casi todos los cálculos matemáticos.	Realiza de manera correcta todos los cálculos matemáticos.
	Capacidad para llegar a conclusiones a partir de los datos recogidos	No es capaz de elaborar conclusiones.	Le cuesta elaborar las conclusiones.	Elabora conclusiones pero a veces no son las correctas.	Es capaz de elaborar conclusiones acertadas.
	Diseño del cartel	No cumple con el propósito ni tiene un diseño atractivo.	Cumple con el propósito aunque no tiene un diseño atractivo.	Cumple con el propósito y su diseño es atractivo pero no funcional.	Cumple con el propósito y su diseño es funcional y estético.
	Comprensión de los conceptos implicados	No entiende los conceptos implicados.	Tiene dificultad para entender los conceptos implicados.	Entiende la mayoría de los conceptos implicados.	Entiende todos los conceptos implicados.

Propuesta STEM para el aprendizaje de Física y Química en enseñanza secundaria
Mónica Martín Castander

Exposición 25%	Expresión oral	No utiliza un lenguaje correcto y no se dirige a los compañeros y al profesor.	Utiliza un lenguaje correcto no muy científico y no se dirige a sus compañeros y al profesor.	Utiliza un lenguaje correcto pero no muy científico y se dirige a sus compañeros y al profesor.	Utiliza un lenguaje científicamente correcto y se dirige a sus compañeros y al profesor.
	Respuesta a las preguntas realizadas por el profesor o los compañeros	El alumno no puede contestar a las preguntas planteadas por el profesor o por sus compañeros.	El alumno puede contestar alguna de las preguntas planteadas por el profesor o por sus compañeros.	El alumno puede contestar a la mayoría de las preguntas planteadas por el profesor o por sus compañeros.	El alumno puede contestar a todas las preguntas planteadas por el profesor o por sus compañeros.
	Contenido exposición	Contiene muy poca información.	Contiene poca información.	Falta algo de información.	Contiene toda la información y está correctamente estructurado.
	Comprensión de los conceptos implicados	No entiende los conceptos implicados.	Muestra dificultad para explicar algunos conceptos implicados.	Explica la mayoría de los conceptos implicados.	Explica todos los conceptos implicados incluidos los transversales.
Informe 25%	Informe	Ninguno de esos apartados son adecuados.	Dos de esos apartados no son adecuados.	Uno de esos apartados no es adecuado.	La expresión escrita, la presentación y organización, el contenido, los resultados y las conclusiones son correctas.

La parte del informe y la exposición será evaluada por el profesor de física y química. Sin embargo, la evaluación de la parte de trabajo diario tendrá que evaluarse conjuntamente con los profesores de las otras materias implicadas en la realización del proyecto.

Este proyecto contará para la segunda evaluación de la asignatura de Física y Química. Teniendo en cuenta los contenidos que se abordan y las sesiones dedicadas con respecto al total de la evaluación, el peso en la calificación global de la evaluación será de un 20%, correspondiendo un 70% a los exámenes y un 10% a la actitud y el trabajo diario.

Al tratarse de un proyecto nuevo es necesario evaluar cómo ha funcionado para poder ver los puntos positivos y negativos y ajustarlo, modificarlo o ampliarlo según la consecución de los objetivos propuestos, la evaluación de los resultados y la valoración de los alumnos y los profesores. El siguiente cuestionario (Tabla 9) se propone con el fin de obtener información acerca del grado de satisfacción de los alumnos con el proyecto.

Tabla 9. Cuestionario para los alumnos. (Fuente: Elaboración propia).

CUESTIONARIO DEL PROYECTO				
Valora del 1 al 4				
1. Completamente en desacuerdo				
2. En desacuerdo				
3. De acuerdo				
4. Completamente de acuerdo	1	2	3	4
Las actividades están bien preparadas				
Las actividades estaban adaptadas al nivel				
La organización y planificación de las actividades ha sido adecuada				
Las explicaciones por parte del/los docente/s son claras				
El proyecto consigue despertar el interés por los contenidos				
Se resuelven adecuadamente las dudas				
Considero adecuados los criterios de evaluación				
El tema del proyecto es interesante				
Consideras que has aprendido				
Has tomado conciencia de los problemas medioambientales				
Recomendarías la implantación del proyecto en un futuro				
Tu grado de satisfacción con el proyecto es alto				
Observaciones:				

Con los resultados de la evaluación y los resultados del cuestionario de los alumnos los profesores deberán reflexionar sobre los puntos negativos y positivos de la propuesta de cara a poder mejorarla en un futuro.

7. EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA

Debido a que esta propuesta aún no se ha llevado a la práctica, el análisis DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades) es una buena herramienta que puede ayudar a establecer las estrategias para que se pueda llevar a la práctica.

El análisis DAFO se divide en dos partes:

1. Análisis Interno: (Fortalezas y Debilidades) donde se realizará una radiografía de la situación de la propuesta considerando sus fortalezas y debilidades.
2. Análisis externo: (Amenazas y Oportunidades) donde se realizará un estudio de las amenazas y las oportunidades.

Este análisis servirá para definir una estrategia que potencie las fortalezas, supere las debilidades, controle las amenazas y se beneficie de las oportunidades.

Tabla 10. Análisis DAFO para implantación de la propuesta (Fuente: Elaboración propia).

MATRIZ DAFO PARA ANÁLISIS ESTRATÉGICO	
DEBILIDADES	AMENAZAS
Rigidez del currículum Falta de experiencia del docente Falta de integración de las materias Falta de tiempo Necesidad de colaboración entre profesores Falta de formación del profesorado en ingeniería	Falta de medios Falta de motivación del profesorado Falta de compromiso del alumnado
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
Integración de las materias STE(A)M Trabajo en equipo Contexto real Aplicación a la vida real Integración de la ingeniería Mayor motivación Aprendizaje más autónomo Desarrollo de competencias clave	Mayor flexibilidad del currículum con el nuevo cambio de ley educativa Experiencias positivas de implantación en otros centros. Formación del profesorado en STEM Demanda de graduados STEM en el ámbito profesional.

8. CONCLUSIONES

Las economías actuales basadas en la ciencia y la tecnología demandan una formación integral de los alumnos en Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas. En este contexto, la educación STEM promueve el aprendizaje integrado de las cuatro materias con un enfoque práctico aplicado a problemas reales que favorece el aprendizaje significativo y conecta los conocimientos con el mundo real de manera que los alumnos sean conscientes de la utilidad de los conocimientos y, de esta manera, fomenta su interés por las ciencias y motivándoles para realizar estudios STEM.

La integración de las artes STE(A)M promueve el pensamiento crítico, impulsa la creatividad y fomenta la expresión del alumnado que son claves para el desarrollo de las competencias.

Las metodologías de aprendizaje basado en proyectos (ABP) y el aprendizaje cooperativo (AC) favorecen un aprendizaje interdisciplinar e integrado de las distintas materias STEM, además de un aprendizaje más autónomo haciendo al alumno el protagonista de su propio proceso de enseñanza-aprendizaje, motivando así su interés por aprender y fomentando un aprendizaje más significativo por parte del estudiante.

En este trabajo se presenta una propuesta STE(A)M detallada que se considera viable para poder ser implementada en un aula puesto que no requiere una gran inversión y tampoco requiere excesivo tiempo o dedicación por parte de los docentes implicados. La puesta en marcha de esta propuesta en un futuro servirá para poner de manifiesto las deficiencias y,

en consecuencia, adaptarla y mejorarla según la consecución de objetivos y competencias, la evaluación de los resultados y la valoración por parte de los alumnos y profesores.

Esta propuesta consigue integrar las disciplinas STE(A)M a través de las metodologías del aprendizaje basado en proyectos y el aprendizaje cooperativo y permite que los alumnos adquieran los conocimientos y desarrollen las competencias y habilidades tecnológicas y personales, mediante la realización de un proyecto sobre un problema real y de actualidad como es la contaminación atmosférica.

En el diseño y la elaboración de esta propuesta se han puesto de manifiesto las dificultades que se encuentran para lograr integrar las diferentes materias debido a la rigidez del currículo educativo en educación secundaria que no facilita la implementación de este tipo de proyectos interdisciplinares.

Por medio de este proyecto también se consigue integrar en el proceso de enseñanza los Objetivos de Desarrollo Sostenible a los que la nueva ley de educación concede un gran protagonismo. A través de esta propuesta basada en la educación ambiental, se pretende que los alumnos reconozcan la contaminación atmosférica como uno de los mayores problemas ambientales de nuestra época y tomen conciencia de la necesidad de cuidar el medioambiente desarrollando hábitos más sostenibles.

Por último y como reflexión final, me gustaría resaltar que este máster me ha servido para aprender que existen muchos recursos y muchas metodologías que se pueden poner en práctica en el aula para aumentar el interés y la motivación de los alumnos hacia los estudios y no dejar a nadie por el camino. Los docentes tenemos la obligación de formarnos continuamente para adaptarnos a las nuevas generaciones y a las necesidades educativas de los nuevos tiempos. Personalmente, me he dado cuenta de cómo ha cambiado la manera de dar una clase, antes los alumnos éramos meros espectadores de las clases magistrales que impartían los profesores. Sin embargo, ahora los alumnos son los protagonistas mediante la irrupción de las TIC en el aula y, con la aplicación de diversas estrategias, recursos y metodologías, ellos son los que construyen su propio aprendizaje aumentando su motivación y así debe reflejarse en las aulas.

Creo que esta frase resume bastante bien mi paso por el máster “Nunca dejes de aprender porque la vida nunca deja de enseñar”.

9. LIMITACIONES Y PROSPECTIVA

Esta propuesta podría adaptarse a otros cursos superiores como cuarto curso de ESO en la asignatura de Biología y Geología donde, según Orden EDU362/2015, el bloque 3 está destinado íntegramente a la ecología y medioambiente y el bloque 4 incluye un proyecto de investigación que podría continuar en esta línea. En este curso, en la asignatura de Física y Química se profundizaría más en algunos efectos de la contaminación atmosférica como la lluvia ácida en el bloque 5 sobre los cambios, donde aparecen las reacciones ácido-base.

También podría implementarse en bachillerato donde los alumnos ya parten de unos conocimientos previos más profundos y podrían realizar el análisis de los captadores pasivos propuesto en la actividad 9. Dentro de esta línea, también podría proponerse un estudio de coubicación colocando captadores pasivos en el entorno de la estación de calidad del aire para comparar los resultados obtenidos mediante el estudio con captadores pasivos con los valores recogidos por la estación.

El tema de la contaminación atmosférica es un tema que tiene muchas aristas. Como ya hemos visto, abarca contenidos de física y química, biología y geología y transversalmente se pueden trabajar las matemáticas y la tecnología e incluso las artes. Por esto, se podría proponer una ampliación del proyecto incluyendo el estudio del polen y las alergias, realizando un análisis estacional de la cantidad de polen y del tipo de gramínea predominante según la estación. En esta misma línea, la recogida de partículas podría realizarse en diferentes épocas del año para poder ver la influencia de factores asociados a los cambios de estación (por ejemplo el polen o las calimas) en la cantidad y el color del material particulado. De la misma manera, la recogida de datos del índice de calidad del aire también podría llevarse a cabo en un periodo más amplio para analizar con mayor profundidad la influencia de los cambios estacionales sobre todos los contaminantes.

Las actividades propuestas en el presente trabajo se pueden poner en práctica en un futuro ajustándolas, modificándolos o ampliándolas según la consecución de los objetivos propuestos, la evaluación de los resultados, la valoración de los alumnos y sus actitudes y la valoración del profesor o profesores implicados.

También de cara al futuro, se podrían proponer más proyectos de este tipo que integraran contenidos de varias asignaturas para que los estudiantes pudieran ver la interacción que existe entre las diferentes materias en la vida real.

En cuanto a las limitaciones cabe destacar que sería conveniente flexibilizar el currículum para que este tipo de propuestas que implican a varias materias pudieran llevarse a cabo más a menudo ya que, aun existiendo gran relación entre las materias, este currículum no facilita los trabajos interdisciplinares. Sería necesario que los contenidos abordados de cada materia coincidieran en tiempo para que esta propuesta se pudiera llevar a cabo de manera más eficaz.

La propuesta no ha podido ponerse en práctica por lo que, una vez que se pueda llevar a cabo, se podrán localizar aspectos que se han de mejorar para aprovecharla de manera más eficiente en el proceso de enseñanza-aprendizaje del alumnado.

Se pone de manifiesto la limitación a la hora de evaluar un proyecto interdisciplinar ya que cada profesor implicado deberá evaluar su parte. Esto puede generar cierta incertidumbre entre los profesores, ya que todos tienen que estar de acuerdo en la manera de evaluar para que la actividad se desarrolle de la mejor manera posible.

Para la realización de una de las actividades propuestas, (la correspondiente a los medidores de dióxido de nitrógeno) sería necesario la colaboración con el ayuntamiento

para ver si esto puede ser desarrollado. Igualmente, para la visita a la estación de calidad del aire también sería necesario un permiso del ayuntamiento.

El tiempo podría ser otra de las limitaciones puesto que se necesita un periodo amplio para la recogida de los datos necesarios para su posterior análisis. Por último, disponer de un laboratorio bien equipado también podría suponer una limitación en algunos centros educativos.

BIBLIOGRAFÍA

- Ausubel, D. (2000). Adquisición y retención del conocimiento: Una perspectiva cognitiva (G. Sánchez Trad.). Barcelona: Paidós.
- Benjumeda, F.J. y Romero, I.M. (2017). Ciudad Sostenible: un proyecto para integrar las materias científico-tecnológicas en Secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanzas y Divulgación de las ciencias* 14 (3), 621-637
- Bybee, R. W. (2010) What Is STEM Education? *Science* 329 (5995), 996. [doi: [10.1126/science.1194998](https://doi.org/10.1126/science.1194998)].
- Bybee, R. W. (2013). The case for STEM education: Challenges and opportunities. National Science Teachers Association.
- Bogdan Toma, R. y García-Carmona, A. (2021). De STEM nos gusta todo menos STEM. Análisis crítico de una tendencia educativa de moda. *Enseñanza de las ciencias*.39 (1), 65-80. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3093>
- Couso, D. (2017). Per a què estem a STEM? Un intent de definir l'alfabetització STEM per a tothom i amb valors. *Ciències: revista del professorat de ciències de Primària i Secundària*, (34), 22-30.
- Del Cerro, F. y Lozano, F. (2018) Estudio de un caso de enseñanza de materias STEM a través del ecourbanismo apoyado por herramientas avanzadas de diseño, en el horizonte 2030 de objetivos de desarrollo sostenible (ODS). *Revista de Educación a distancia*, Núm. 58. Artíc.12. DOI: <https://dx.doi.org/10.6018/red/58/12>
- Domènech-Casal J., Lope S., Mora L. (2019) Qué proyectos STEM diseña y qué dificultades expresa el profesorado de secundaria sobre Aprendizaje Basado en Proyectos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 16(2), 2203. DOI: https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i2.2203
- Estrategia de desarrollo sostenible 2030 (2020). Un proyecto de país para hacer realidad la Agenda 2030. Ministerio de Derechos Sociales y Agenda 2030. Gobierno de España. Recuperado de: <https://www.mdsocialesa2030.gob.es/agenda2030/documentos/eds-cast-acce.pdf>
- European Parliament. (2015). Encouraging STEM Studies for the Labour Market. Recuperado de: [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2015/542199/IPOL_STU\(2015\)542199_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2015/542199/IPOL_STU(2015)542199_EN.pdf)
- Fuentes-Hurtado, M., y González Martínez, J. (2019). Evaluación inicial del diseño de unidades didácticas STEM gamificadas con TIC. *EduTec. Revista Electrónica De Tecnología Educativa*, (70), 1-17. <https://doi.org/10.21556/edutec.2019.70.1469>

- Galeana, L. (2016) Aprendizaje basado en proyectos. Universidad del s.XXI. <https://repositorio.uesiglo21.edu.ar/handle/ues21/12835>
- García A. (2005) Relaciones CTS en el estudio de la contaminación atmosférica: una experiencia con estudiantes de secundaria. Revista Enseñanza de las Ciencias, Vol 4 N°2.
- Johnson, D. Johnson, R y Holubec, E. (1999). El aprendizaje cooperativo en el aula. Ed. Paidós. Argentina
- Lupión T. y Prieto T. (2014) La contaminación atmosférica: un contexto para el desarrollo de competencias en el aula de secundaria. Revista Enseñanza de las Ciencias, Núm. 32.1, 159-177 DOI: <https://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.830>
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) 2022. Guía para el desarrollo de proyectos ambientales en centros escolares. Calidad del aire y contaminación acústica. Recuperado de: <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/publicaciones/>
- Naciones Unidas. (2000, 13 de septiembre). Declaración del milenio. Recuperado de: <http://www.un.org/spanish/milenio/ares552.pdf>.
- Ocaña Rebollo, G., Romero Albaladejo I.M., Gil Cuadra F. y Codina Sánchez, A. (2015). Implantación de la nueva asignatura “Robótica” en Enseñanza Secundaria y Bachillerato.
- OIT. (2014, 19 de septiembre). Acta 322 de la Oficina Internacional del Trabajo. GB.322/INS/6 “La agenda para el desarrollo sostenible después de 2015: Actualización” 14 de septiembre de 2014. Recuperado de: https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_norm/---relconf/documents/meetingdocument/wcms_311035.pdf
- ONU. (2015, 25 de septiembre). Resolución 70/01 de la Asamblea General Transformar nuestro mundo: La agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible A/RES/70/. Recuperado de: <https://www.un.org/es/comun/docs/?symbol=A/RES/70/1>
- Pey J., Villa I. (2019) El aire que respiramos: un proyecto diseñado para mejorar la calidad del aire en el IES Reyes Católicos. <https://sites.google.com/iesreyescatolicos.com/elairequerespiramos/home>
- Pozo Municio, J. I. y Gómez Crespo, M. Á. (2006). Aprender y enseñar ciencia: del conocimiento cotidiano al conocimiento. Ediciones Morata, Madrid, España.
- Prolongo, M. y Pinto, G. (2019). La Educación STEM: Ejemplos Prácticos e Introducción al proyecto europeo Scientix.
- Sanders, M. E. (2009). STEM, STEM Education, STEMmania. The Technology Teacher, pp. 20-26.

- Sanmartí, N y Márquez, C (2017). Aprendizaje de las ciencias basado en proyectos: del contexto a la acción. *Ápice. Revista de la Educación Científica*, 1(1), 3-16. DOI: <https://doi.org/10.17979/arec.2017.1.12020>
- Señales de la AEMA 2020. Hacia una contaminación cero en Europa. Agencia Europea del Medioambiente. <https://www.eea.europa.eu/www/es/publications/senales-de-la-aema-2020>
- Yakman, G. (2008). STEAM Education: an overview of creating a model of integrative education. Virginia Polytechnic and State University, USA.

LIBROS DE TEXTO

- De Prada F.I., Cañas A., Caamaño A., Física y Química 3º ESO. Editorial SM. ISBN: 978-84-675-7637-5

LEGISLACIÓN

- BOE, enero, 2015: Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato.
- BOE, enero, 2011: Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire, que incorpora al ordenamiento jurídico español la Directiva 2008/50/CE sobre evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente, establece los valores límite para los diferentes contaminantes atmosféricos que representan, el nivel a partir del cual la exposición supone un riesgo para la salud humana.
- BOE, septiembre, 2020: Resolución del Director General de Calidad y Evaluación ambiental por la que se modifica el anexo de la Orden TEC/351/2019, de 18 de marzo, por la que se aprueba el Índice Nacional de Calidad del Aire.
- Decreto autonómico (BOCyL, 2015): ORDEN EDU/362/2015, de 4 de mayo, por la que se establece el currículo y se regula la implantación, evaluación y desarrollo de la Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad de Castilla y León.
- Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa. Boletín Oficial del Estado, 295, de 10/12/2013, pp. 97858-97859. Recuperado de: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2013-12886>
- Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. Boletín Oficial del Estado, 340, de 30 de diciembre de 2020, páginas 122868 a 122953. Recuperado de: <https://www.boe.es/eli/es/lo/2020/12/29/3>
- Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la educación primaria, la educación secundaria obligatoria y el bachillerato.

WEB

<https://stemforyouth.unican.es/>

<https://sede.educacion.gob.es/publiventa/PdfServlet?pdf=VP17667.pdf&area=E>

<http://www.scientix.eu/>

<http://educacionstem.educa.madrid.org/>

<https://ica.miteco.es/>

<http://www.ayto-medinadelcampo.es/consulta-de-datos>

<https://airindex.eea.europa.eu/Map/AQI/Viewer/>

<https://www.valladolid.es/es/rccava/rccava>

ANEXOS

ANEXO I: PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

ÍNDICE DE CALIDAD DEL AIRE

- El índice de **calidad del aire** (ICA) es un indicador genérico de la calidad del aire y sus efectos sobre la salud en un lugar determinado. Mediante diferentes colores indica el **nivel de contaminación** existente en un lugar, sus potenciales efectos para la salud y las recomendaciones que se deben seguir para protegerla.
- El índice utiliza datos en tiempo real procedentes de las estaciones de medición de la calidad del aire, comunicados cada hora por las redes de calidad del aire que operan en el territorio nacional, por lo tanto refleja la situación de la calidad del aire a corto plazo.

INDICE DE CALIDAD DEL AIRE

- El valor del índice lo determinan las concentraciones tomadas en cada estación de medida de hasta cinco contaminantes:
 - Partículas en suspensión PM10
 - Partículas en suspensión PM2,5
 - Ozono troposférico (O₃)
 - Dióxido de Nitrógeno (NO₂)
 - Dióxido de Azufre (SO₂)
- De los valores calculados para cada contaminante se selecciona el que presenta un valor más desfavorable. Ese valor es el que se considera como índice de calidad del aire para ese momento.

TABLA ÍNDICE DE CALIDAD DEL AIRE

SO ₂		PM _{2,5}		PM ₁₀		O ₃		NO ₂		CATEGORÍA DEL ÍNDICE
0	100	0	10	0	20	0	50	0	40	BUENA
101	200	11	20	21	40	51	100	41	90	RAZONABLEMENTE BUENA
201	350	21	25	41	50	101	130	91	120	REGULAR
351	500	26	50	51	100	131	240	121	230	DESFAVORABLE
501	750	51	75	101	150	241	380	231	340	MUY DESFAVORABLE
751-1250		76-800		151-1200		381-800		341-1000		EXTREMADAMENTE DESFAVORABLE

* Los valores de todos los contaminantes de la tabla están expresados en µg/m³

RECOMENDACIONES PARA LA SALUD

Calidad del aire	Mensajes para la salud	Recomendaciones para la salud	
		Grupos de riesgo y personas sensibles	Población general
Buena	Calidad del aire satisfactoria	Disfruta de tus actividades al aire libre de manera normal.	Disfruta de tus actividades al aire libre de manera normal.
Razonablemente buena	Calidad del aire aceptable, la contaminación no supone un riesgo para la salud.	Disfruta de tus actividades al aire libre de manera normal.	Disfruta de tus actividades al aire libre de manera normal.
Regular	La calidad del aire probablemente no afecte a la población general pero puede presentar un riesgo moderado para los grupos de riesgo.	Considera reducir las actividades prolongadas y energéticas al aire libre. Las personas con asma o enfermedades respiratorias deben seguir cuidadosamente su plan de medicación. Las personas con problemas del corazón pueden experimentar palpitaciones, dificultad en la respiración o fatiga inusual.	Disfruta de tus actividades al aire libre de manera normal. Sin embargo, vigila la aparición de síntomas como tos, irritación de garganta, falta de aire, fatiga excesiva o palpitaciones.
Desfavorable	Toda la población puede experimentar efectos negativos sobre la salud y los grupos de riesgo efectos mucho más serios.	Considera reducir las actividades al aire libre, y realizarlas en el interior o posponerlas para cuando la calidad del aire sea buena o razonablemente buena. Sigue el plan de tratamiento médico meticulosamente.	Considera reducir las actividades prolongadas y energéticas al aire libre, especialmente si experimentas tos, falta de aire o irritación de garganta.
Muy desfavorable	Condiciones de emergencia para la salud pública, la población entera puede verse seriamente afectada.	Reduce toda actividad al aire libre y considera reducir las actividades en el interior o posponerlas para cuando la calidad del aire sea buena o razonablemente buena. Sigue el plan de tratamiento médico meticulosamente.	Considera reducir las actividades al aire libre y realizarlas en el interior o posponerlas para cuando la calidad del aire sea buena o razonablemente buena.
Extremadamente desfavorable	Condiciones de emergencia para la salud pública, la población entera puede verse gravemente afectada.	Reduce toda actividad al aire libre. Sigue el plan de tratamiento médico, en su caso, meticulosamente, y acude a un servicio de urgencias si la salud se ve afectada.	Reduce toda actividad al aire libre y considera reducir las actividades en el interior o posponerlas para cuando la calidad del aire sea buena o razonablemente buena. Utiliza la protección adecuada para los mensajes que deben ser recibidos al aire libre.

PROYECTO “NECESITO RESPIRAR”

• DISTRIBUCIÓN:

- GRUPOS DE 4 PERSONAS
- 5 GRUPOS CADA GRUPO UN CONTAMINANTE:
 - Partículas en suspensión PM10
 - Partículas en suspensión PM2,5
 - Ozono troposférico (O₃)
 - Dióxido de Nitrógeno (NO₂)
 - Dióxido de Azufre (SO₂)

PROYECTO “NECESITO RESPIRAR”

1) RECOGIDA DE DATOS:

- Recopilar datos en una tabla de Excel

Día	Concentración media diaria (µg/m ³)	ICA para el contaminante (índice de calidad del aire)	ICA global	T Max	T Min	Precipitaciones	Observaciones

2) BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN

- CARACTERÍSTICAS
- ORIGEN O PRINCIPALES FOCOS DE EMISIÓN
- EFECTO PARA LA SALUD
- EFECTOS PARA EL MEDIOAMBIENTE



PROYECTO “NECESITO RESPIRAR”

- 3) VISITA ESTACIÓN CALIDAD DEL AIRE
- 4) CONSTRUCCIÓN DE UN CAPTADOR DE PARTÍCULAS (CLASE DE TECNOLOGÍA)
- 5) ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS RECOGIDOS (CLASE MATEMÁTICAS)
- 6) RECOGIDA Y FILTRADO DE MUESTRAS DE PARTÍCULAS (LABORATORIO FÍSICA Y QUÍMICA)
- 7) ELABORACIÓN DE UN CARTEL (CLASE DE PLÁSTICA)
- 8) ENTREGA DE INFORME Y PRESENTACIÓN

PROYECTO “NECESITO RESPIRAR”

- INFORME FINAL Y PRESENTACIÓN

- EXTENSIÓN MÁXIMA DEL INFORME 5 PÁGINAS SE SUBIRÁ A MOODLE
- PRESENTACIÓN 5 MINUTOS (APROXIMADAMENTE)

- APARTADOS

1. CARACTERÍSTICAS
2. ORIGEN O PRINCIPALES FOCOS DE EMISIÓN
3. EFECTOS PARA LA SALUD
4. EFECTOS PARA EL MEDIOAMBIENTE
5. RESULTADOS DATOS RECOGIDOS (TABLA Y GRÁFICA)
6. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS
7. MEDIDAS PARA REDUCIR LA CONTAMINACIÓN
8. IMAGEN DEL CARTEL
9. CONCLUSIONES

ANEXO II: DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO DE LA ESTACIÓN DE CALIDAD DEL AIRE

