



---

# **Universidad de Valladolid**

Máster en profesor de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato,  
Formación Profesional y Enseñanzas de Idiomas

Especialidad Física y Química

Curso 2024/2025

## **Propuesta STEM para la enseñanza de la Física y la Química en Bachillerato**

**Alumno: Juan Carlos Melero Santos**

**Tutora: Mercedes Ruiz Pastrana**

## Resumen

El propósito de este proyecto es diseñar propuestas de aprendizaje mediante metodologías STEM para la enseñanza de Física y Química en la etapa Bachillerato. Para ello, se van a desarrollar diferentes actividades relacionadas con el análisis del agua y su tratamiento, tanto físico-químico como biológico, en una planta depuradora de aguas residuales y una planta potabilizadora, con el objetivo de eliminar los contaminantes perjudiciales para la salud y el medio acuático. Con este fin se proponen prácticas de laboratorio sobre análisis de muestras de agua y otras relacionadas con procesos de tratamiento físico-químico para la depuración y potabilización del agua. Asimismo, los alumnos realizarán otras actividades relativas a tratamientos de aguas.

El trabajo está contextualizado en aspectos de la vida cotidiana como el agua que llega a los hogares y sale de ellos y los procesos necesarios para que sea apta para el consumo humano. Al aplicar las metodologías STEM los alumnos trabajarán varias disciplinas mediante trabajo cooperativo y, además, se concienciarán con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

**Palabras clave:** Metodologías STEM, Tratamiento de aguas residuales, Potabilización del agua, Contaminación, Prácticas de Laboratorio.

## Abstract

The purpose of this project is to design learning proposals using STEM methodologies for teaching Physics and Chemistry in the Baccalaureate stage. To achieve this, various activities related to the chemical analysis of water and its treatment, both physical-chemical and biological, will be developed in a wastewater treatment plant and a water purification plant, with the goal of removing contaminants harmful to health and the aquatic environment. To this end, laboratory practicals are proposed for water sample analysis and other practical activities related to physical and chemical treatment processes for wastewater treatment and water purification. Students will also carry out other activities related to water treatment.

The work is contextualized in aspects of everyday life, such as the water that reaches and leaves homes and the processes required to make it suitable for human consumption. By applying STEM methodologies, students will explore various disciplines through cooperative work and will also become aware of the Sustainable Development Goals (SDGs).

**Keywords:** STEM Methodologies, Wastewater Treatment, Water purification, Pollution, Laboratory practicals

# ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN y JUSTIFICACIÓN .....	5
2. OBJETIVOS DEL TFM.....	6
3. MARCO TEÓRICO.....	7
3.1. Importancia del agua .....	7
3.2. Aguas residuales.....	8
3.3. Dificultades de aprendizaje de Física y Química.....	15
4. LEGISLACIÓN .....	18
4.1. Competencias clave y Descriptores operativos para la etapa de Bachillerato .....	18
4.2. Competencias específicas y criterios de evaluación para la materia de Química en Bachillerato.....	25
4.3. Contenidos de la materia de Química en 2º curso de Bachillerato .....	30
5. METODOLOGÍAS .....	31
5.1. Metodologías STEM .....	31
5.2. Trabajo en grupos cooperativos .....	33
6. PROPUESTA DIDÁCTICA: “Jornadas del Agua” .....	34
6.1. Introducción .....	34
6.2. Objetivos.....	34
6.3. Contextualización.....	34
6.4. Metodología .....	35
6.5. Secuencia de actividades .....	35
6.5.1. Actividad 1: Sesión introductoria de la propuesta didáctica.....	36
6.5.2. Actividad 2: Determinación de parámetros fisicoquímicos del agua .....	37
6.5.3. Actividad 3: Procesos de sedimentación.....	38
6.5.4. Actividad 4: Explicación del funcionamiento de una planta depuradora y de una planta potabilizadora .....	39
6.5.5. Actividad 5: Diagrama de flujo para el proceso de depuración de aguas.....	39
6.5.6. Actividad 6. Visita guiada a la planta potabilizadora y a la planta depuradora .....	42
6.5.7. Actividad 7: Seminario sobre contaminantes del agua.....	43
6.8. Evaluación .....	44
6.8.1. Evaluación de los alumnos.....	44
6.8.2. Evaluación de la propuesta didáctica .....	46
6.9. Relación de las actividades con los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) ...	46
6.10. Atención a la diversidad del alumnado .....	48
7. REFLEXIONES FINALES Y CONCLUSIONES .....	49

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51
ANEXOS.....	56
ANEXO I: Guion de la práctica de laboratorio: Determinación de pH, conductividad y dureza en muestras de agua. ....	56
ANEXO II: Guion de la práctica de laboratorio: Procesos de Coagulación-Floculación .....	58
ANEXO III. Ejemplo diagrama de flujo en <i>Visio</i> .....	60

# 1. INTRODUCCIÓN y JUSTIFICACIÓN

Hoy en día es necesario que los alumnos de educación secundaria conozcan algunos aspectos cotidianos de nuestra vida como es el uso y la importancia del agua y su potabilización, el tratamiento de residuos y, en particular, el tratamiento de las aguas residuales urbanas.

El agua es fundamental para los seres humanos y para el mantenimiento de la vida en general. Todas las sociedades humanas, desde la prehistoria hasta la actualidad, se han ubicado en regiones donde podían tener acceso al agua potable. En algunas zonas se ha sido necesario instalar sistemas complejos para transportar y abastecer de agua a su población [1].

En el año 2010, la resolución 64/292 de la Organización de Naciones Unidas [2] reconoció el derecho al agua potable de todos los seres humanos. Este documento subrayó la importancia del consumo de agua segura para el desarrollo y señaló la necesidad urgente de abordar la falta de acceso a nivel global. Los estados deben garantizar su acceso y tomar medidas para prevenir la contaminación y la escasez del agua. También tienen la responsabilidad de implementar políticas y regulaciones que aseguren el acceso universal al agua potable y al saneamiento.

Es interesante que el docente pueda inculcar a los estudiantes estos conceptos adaptándolos a su currículo dentro de las asignaturas de Física y Química.

En el presente trabajo fin de master se presenta una propuesta de enseñanza basada en metodologías STEM para alumnos de Bachillerato con el propósito de mejorar el aprendizaje en la materia de Física y Química mediante una enseñanza contextualizada. Para ello se proponen una serie de actividades relacionadas con el tratamiento de aguas residuales englobadas dentro de la propuesta Jornadas del Agua.

Se plantea un proyecto que engloba contenidos de ciencia y de ingeniería en el que los alumnos deben ser capaces de comprender el funcionamiento de una planta de tratamiento de aguas residuales y de una planta potabilizadora.

Este proyecto está diseñado para su implementación en la etapa de Bachillerato. Se propone para el 2º curso de Bachillerato, aunque también podría ser implementado en el 1º curso con menor profundización de los contenidos. En ambos casos, al impartir el bloque de contenidos de Reacciones Químicas.

El tema elegido se adapta al currículo de los dos cursos de Bachillerato y aporta conocimientos sobre ingeniería ambiental y aplicaciones de la física y la química en la vida real, dando una visión global de los procesos que se llevan a cabo en los tratamientos de aguas.

Se van trabajar conceptos de la Física y la Química como reacciones químicas, disoluciones, volumetrías, pH, conductividad, sedimentación, filtración, etc. que servirán a los alumnos para reforzar y comprender mejor lo aprendido y para contextualizar estos contenidos en la vida cotidiana

La memoria se estructura en varios capítulos. En la introducción se plantea el proyecto que se va a llevar a cabo y su justificación dentro del currículo de Bachillerato. A continuación, se plantean los objetivos generales del Trabajo Fin de Master que se persiguen con este proyecto. En el marco teórico se exponen los conceptos y aprendizajes que los alumnos van a trabajar y las dificultades de aprendizaje que suelen presentar los alumnos, en las asignaturas de Física y Química en relación con el proyecto diseñado. Seguidamente se presenta el marco legislativo en el que se ha realizado la propuesta didáctica y los contenidos curriculares que se trabajan en ella, así como las competencias que deben adquirir los estudiantes

A continuación, se desarrolla la propuesta elaborada, detallando las actividades diseñadas para los alumnos y se describe el proceso de evaluación, los aspectos metodológicos y los recursos empleados, así como la relación de este proyecto con la agenda 2030 y los objetivos de desarrollo sostenible.

## **2. OBJETIVOS DEL TFM**

- Elaborar una propuesta educativa, contextualizada en la vida cotidiana, para mejorar el aprendizaje de las asignaturas Física y Química.
- Utilizar los conocimientos adquiridos en diversas asignaturas del máster para el diseño del proyecto educativo
- Desarrollar un proyecto transversal con otras materias como la Biología y la Geología.
- Aplicar metodologías STEM para el diseño de la propuesta educativa.
- Relacionar estos aprendizajes con los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

### 3. MARCO TEÓRICO

#### 3.1. Importancia del agua

El agua es vital para los seres humanos y para la vida en general porque cumple una serie de funciones necesarias para la supervivencia y funcionalidad biológica [1] como son las siguientes:

- Constituye el medio vital para la mayoría de las células del cuerpo.
- Transporta las sustancias disueltas y constituye un gran porcentaje de los organismos vivos.
- Facilita la excreción de sustancias a través de la orina, las heces y el sudor.
- Mantiene y regula la temperatura corporal.
- Brinda electrolitos y minerales indispensables para el funcionamiento eléctrico del organismo.
- Asimismo, es importante en varios sectores de la economía como la agricultura, la industria, la energía, el transporte o el turismo.

Por otro lado, el agua tiene una gran importancia como queda reflejado en varios Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030 [3]:

- ODS 1 Fin de la pobreza. Para combatir la pobreza es vital que las personas vivan en zonas con agua limpia y potable
- ODS 2 Hambre cero. Es necesario el acceso al agua para evitar la desnutrición.
- ODS 6 Agua limpia y saneamiento. Hay que garantizar el acceso de agua y su gestión sostenible a todo el mundo.
- ODS 9 Industria, innovación e infraestructura. Es necesario una zona con acceso a agua limpia y potable para crear infraestructuras e industria.
- ODS 13 Acción por clima.
- ODS 14 Vida submarina.
- ODS 15 Vida de ecosistemas terrestres.

Para que el agua pueda ser consumida por los seres humanos es necesario que pase por procesos de Depuración, Potabilización y Saneamiento.

### Depuración

La depuración del agua consiste en eliminar las impurezas y contaminantes presentes en el agua para hacerla segura y apta para el consumo humano y otros usos. Se lleva a cabo en plantas de tratamiento de agua que emplean diversas tecnologías para purificar el agua de fuentes naturales como ríos, lagos o acuíferos [4].

### Potabilización

Se denomina potabilización a los procesos a los que se somete el agua para que pueda ser consumida por el ser humano sin que presente un riesgo para su salud.

Se realiza en las plantas potabilizadoras y es el conjunto de tratamientos que permiten que el agua sea apta para el consumo humano y pueda beberse con garantía de calidad.

Depurar el agua ayuda a prevenir la propagación de enfermedades transmitidas a través del agua, como el cólera, la hepatitis A o la fiebre tifoidea, que pueden tener graves consecuencias para la salud de las personas. Al eliminar bacterias, virus, pesticidas y otros contaminantes, se reduce significativamente el riesgo de contraer enfermedades relacionadas con el agua [5].

### Saneamiento

Se trata de un conjunto de prácticas y tecnologías que garantizan que el agua utilizada para el consumo humano sea segura y que los desechos sean manejados de manera adecuada. el saneamiento del agua es esencial para mantener la salud pública y prevenir enfermedades [6].

## **3.2. Aguas residuales**

Las aguas residuales son aquellas aguas con impurezas procedentes de vertidos de diferentes orígenes. domésticos, industriales y urbanos. Contienen contaminantes tanto de tipo físico y químico como biológico [7].

Las aguas residuales domésticas son las que provienen de zonas de viviendas y de servicios y suelen contener contaminantes orgánicos y bacterias, además de gran cantidad de residuos sólidos.

Las aguas residuales industriales son las provienen de actividades industriales o comerciales. Estas aguas se caracterizan por contener metales pesados y elementos químicos.



Las aguas residuales urbanas están compuestas por las aguas residuales domésticas, o por la mezcla de éstas con las aguas residuales industriales. También se incluyen aquellas derivadas de la lluvia.

Los tratamientos de aguas residuales se realizan en una estación depuradora de aguas residuales (EDAR) y son una secuencia de procesos de tipo físico, químico y biológico [8].

**Los Tratamientos Físicos** son aquellos métodos en los que se aplica una separación física. Estos métodos suelen depender de las propiedades físicas de los objetos y sustancias contaminantes, como la viscosidad, tamaño de partículas, flotabilidad, etc. Entre ellos podemos encontrar el tamizado, la precipitación, separación y filtración de sólidos.

**Los Tratamientos Químicos** son aquellos métodos que dependen de las propiedades químicas del contaminante incorporado al agua. Podemos destacar la eliminación de fosfatos y nitratos, la coagulación, la oxidación, intercambio de iones, etc.

**Los Tratamientos Biológicos** son los métodos que utilizan procesos biológicos, para eliminar los contaminantes orgánicos insolubles en agua. Pueden ser procesos aeróbicos (por ejemplo, los filtros percoladores) o anaeróbicos (como los lodos activos), la biodigestión anaerobia o las lagunas aireadas.

Las etapas del tratamiento de aguas residuales que se realizan en una EDAR son 4. Pretratamiento, Tratamiento primario Tratamiento secundario Tratamiento terciario [9].

### **Pretratamiento**

Se trata de la etapa preliminar del tratamiento en la planta depuradora. En esta etapa se procede a un desbaste de los sólidos de mayor tamaño que está presente en las aguas negras, mediante rejas y tamices, desarenadores y desengrasadores.

#### Desbaste

Consiste en la separación del agua residual de los sólidos tales como ramas, plásticos, trapos, etc., mediante rejas o tamices [10] como se muestra en la Figura 1.



Figura 1. Equipo de Desbaste en una EDAR [9]

### Desarenadores

Los desarenadores son sistemas diseñados para eliminar la arena y otros sólidos pesados presentes en las aguas residuales antes de que éstas pasen a las siguientes fases del tratamiento. Su funcionamiento se basa en su caída por la gravedad: al desacelerar el flujo del agua, las partículas más pesadas como la arena tienden a depositarse en el fondo del desarenador por su mayor densidad, separándose así del agua [11].

### Desengrasadores

Un desengrasador de aguas residuales es un dispositivo utilizado para separar y eliminar las grasas y aceites presentes en las aguas residuales antes de su tratamiento o disposición final. Funciona en base a la menor densidad respecto al agua de los aceites y las grasas, por lo que flotan en la superficie. El agua desprovista de grasa es luego drenada desde la parte inferior del desengrasador, mientras que los aceites y grasas son eliminados mediante palas superficiales [12].

### **Tratamiento primario**

En esta primera etapa se eliminan los sólidos suspendidos, lo cual se realiza mediante un proceso de sedimentación gravitatoria donde se realiza la criba en base al tamaño de la partícula.

Dentro del tratamiento primario además de la sedimentación, hay otros procesos como la coagulación- floculación, flotación, filtración y neutralización (Figura 2).



Figura 2. Sedimentador primario en una EDAR [9]

### Coagulación-Floculación

**Coagulación:** es el proceso de añadir sustancias coagulantes a las aguas residuales para provocar que las partículas de contaminantes, que normalmente son demasiado pequeñas para ser filtradas, se agrupen formando aglomerados más grandes y pesados, llamados 'coágulos'. Los coagulantes más utilizados son los sulfatos y cloruros de aluminio y de hierro.

**Floculación:** es el proceso posterior a la coagulación. En la floculación, se añaden sustancias químicas llamadas floculantes que hacen que las partículas coaguladas se agrupen en estructuras más grandes, conocidas como 'flóculos' que son más fáciles de separar en el agua mediante filtración o sedimentación [13].

### Flotación

La flotación es un proceso basado en la separación por densidades utilizado para eliminar partículas suspendidas y materiales insolubles del agua. Se basa en el principio de la adhesión de burbujas de aire a las partículas en suspensión, formando una espuma que puede ser fácilmente eliminada. Este proceso permite la separación efectiva de contaminantes como aceites, grasas y otros compuestos no deseados [14].

### Filtración

Es el paso de agua a través de un medio poroso que retiene sólidos suspendidos y partículas indeseables. Se utilizan filtros de arena, tamices y membranas [15].

### Neutralización

La neutralización es un proceso esencial en el tratamiento de aguas residuales que tiene como objetivo ajustar el pH del agua para que sea seguro y respetuoso con el medio ambiente. La neutralización es necesaria debido a que muchos residuos y contaminantes que se encuentran en las aguas residuales pueden generar un cambio en el pH del agua, lo que puede ser perjudicial para el medio ambiente y la salud humana. Un pH desequilibrado puede alterar la vida acuática, promover el crecimiento de microorganismos perjudiciales y disminuir la eficacia de los otros procesos de tratamiento de aguas residuales [16].

### **Tratamiento secundario**

El objetivo de esta segunda etapa es eliminar la materia orgánica presente y nutrientes como el nitrógeno y el fósforo mediante procesos biológicos que utilizan microorganismos y bacterias. Un ejemplo de este tipo de procesos sería el sistema de lodos activos.

En el sistema de lodos activos nos encontramos con procesos aeróbicos, anaeróbicos y anóxicos.

Los procesos aerobios son realizados en presencia de oxígeno, introducido mediante burbujeo en los tanques de almacenamiento.

Los procesos anaerobios tienen lugar en ausencia de oxígeno como las reacciones de fermentación de la materia orgánica, donde se produce biogás ( $\text{CO}_2$  y  $\text{CH}_4$ ).

Los procesos anóxicos transcurren en ausencia de oxígeno molecular, pero puede haber oxidantes como los nitratos.

En esta etapa también se incluye la decantación secundaria, separando el agua tratada y el fango generado en el proceso biológico. En la Figura 3 puede verse un esquema de un sistema de lodos activos.

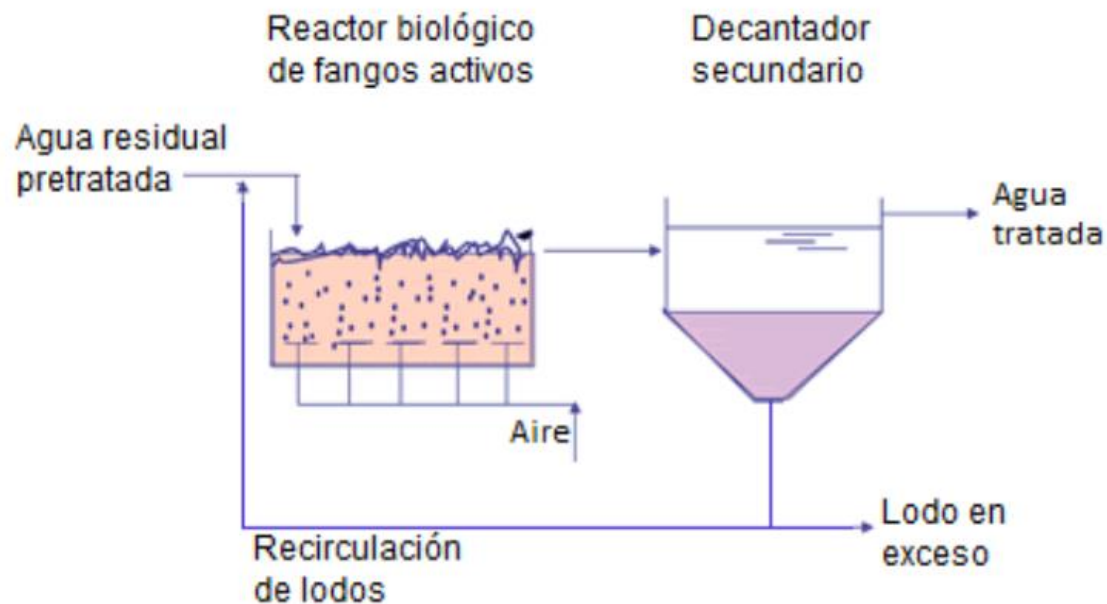


Figura 3. Esquema del sistema de lodos activos [17]

El nitrógeno se elimina mediante el proceso desnitrificación – nitrificación.

El fósforo se elimina a través del proceso de retiro biológico realizado de fósforo en el cual, bacterias acumuladoras de polifosfatos van recogiendo el fósforo del agua dentro de ellas. El fango resultante es complicado de operar, lo que presenta un ligero inconveniente frente a la mejora de eficiencia del proceso de eliminación de fósforo.

### Tratamiento terciario

En esta etapa se busca aumentar la calidad final del agua para poder devolverla al medioambiente (mar, ríos, lagos y cuencas hidrográficas).

Para ello, se realizan una serie de procesos con el objetivo principal de eliminar agentes patógenos, como bacterias fecales.

Entre las técnicas utilizadas se encuentra la filtración con filtros de arena que retiene la desinfección mediante la ozonización, tratamiento con luz UV o tratamiento con cloro donde se reduce el número de organismos que se han originado en las etapas intermedias.

## Diagrama básico del tratamiento de aguas residuales en una depuradora

En el diagrama que se presenta en la Figura 4 pueden verse las diferentes etapas que se llevan a cabo en una planta depuradora, desde que las aguas residuales llegan a la depuradora y son tratadas, hasta obtener agua limpia que se vierte al río.



Figura 4. Esquema de los procesos de una EDAR [18]

En el esquema anterior puede verse cómo el agua residual que llega a la depuradora recibe un pretratamiento donde se separan las partes sólidas de mayor tamaño. A continuación, se produce un tratamiento primario donde se elimina gran parte de los sólidos suspendidos en un decantador primario. El resto de la materia orgánica es enviada a un proceso biológico y finalmente a un decantador secundario para clarificar el agua.

Los lodos que se generan en el decantador primario, secundario y pretratamiento son enviados a un Digestor para tratarlos y obtener biogás, por un lado, y abono agrícola, por otro. El lodo en exceso del decantador secundario retorna al reactor biológico para un nuevo tratamiento.

## Parámetros físico-químicos para caracterizar el agua residual

**pH:** Es la concentración de protones  $[H^+]$  presentes en una disolución acuosa [19].

Se utiliza para medir la acidez o basicidad de la disolución:

- Si el valor del pH es menor de 7 es una disolución ácida.
- Si el valor del pH es mayor de 7 es una disolución básica.
- Si el pH es 7 indica que la disolución es neutra (se corresponde con el agua pura).

Para poder determinar el pH se utiliza la siguiente expresión

$$pH = -\log[H_3O^+] \text{ (Ec. 1)}$$

**Conductividad o Conductancia:** Para una disolución acuosa es la medida de la capacidad para conducir la electricidad del electrolito. Se mide en S/m [20].

**Dureza:** es la concentración de compuestos minerales en el agua, en particular sales de magnesio y calcio. Se mide en mg  $CaCO_3/L$  [21].

La OMS determina la siguiente clasificación de la dureza del agua en función de la cantidad de mg  $CaCO_3/L$  (Tabla 1) [22].

Tabla 1. Dureza del agua en función de los mg  $CaCO_3/L$

CATEGORIA	mg $CaCO_3/L$
MUY BLANDA	0-70
BLANDA	70-140
SEMIDURA	140-210
BASTANTE DURA	210-320
DURA	320-540
MUY DURA	>540

### 3.3. Dificultades de aprendizaje de Física y Química

De Pro Bueno presenta una serie de dificultades que los alumnos han encontrado a lo largo de los años a la hora de estudiar Física y Química [23]:

“No es lo mismo la ciencia de los científicos que la ciencia escolar por lo cual hay diferencias desde el punto de vista de los usuarios. Los físicos y los químicos eligen libremente trabajar sobre las ciencias como actividad profesional, mientras los estudiantes en la educación obligatoria son obligados a estudiar la Física y la Química”.



“Los científicos no son especialistas en todos los ámbitos del conocimiento, el alumnado debe aprender todas las Ciencias”.

“Mientras los científicos dedican todo el día a trabajar sobre tareas similares en un campo muy limitado de la investigación; los estudiantes deben simultanear el estudio de la Física y la Química con el de materias con las que parecen tener pocos puntos de encuentro”.

“Los científicos defienden sus ideas con vehemencia, usando argumentos que han sido fruto de numerosas reflexiones y experiencias; los estudiantes normalmente no se implican tanto en la defensa de sus creencias científicas”.

“Se supone que los científicos tienen un gran desarrollo intelectual; los estudiantes de los niveles educativos de secundaria están creciendo intelectualmente, pero tienen aún unas importantes limitaciones cognitivas”

Se va a trabajar con varios contenidos de la materia de Química dentro del proyecto, tales como; ácido-base, pH, reacción químicas y volumetrías y éstos presentan dificultades de aprendizaje para los alumnos, las cuales se explican a continuación.

### **Dificultades de aprendizaje de las reacciones ácido-base**

En el artículo de Furió et al., [24] se presentan una serie de dificultades que los alumnos encuentran a la hora de estudiar las reacciones ácido-base.

No se enfatiza suficientemente con la definición de ácido y base y en particular con la neutralización de ácidos y bases por lo que es difícil que los estudiantes comprendan lo que se quiere explicar.

En el caso de la hidrólisis “No se presenta la fenomenología de la hidrólisis como proceso en el cual, al disolver una sal neutra en agua, se producen anomalías: la solución resulta ácida o básica”.

Al omitir los docentes algunas deficiencias funcionales de los conceptos hacen que los estudiantes tengan dificultades para clasificar las disoluciones acuosas como ácidos o bases. Por ello, no disponen de criterios suficientes para saber cuándo se ha producido una neutralización o la hidrólisis de una sal.

Otro tipo de dificultades tiene que ver con las explicaciones de las teorías de Arrhenius y de Brönsted a la hora de interpretar los conceptos de ácido y base.



“Los alumnos cuando tienen que predecir si una sustancia al disolverla en agua resulta ácida o básica solo van a tener en cuenta si hay átomos de H o grupos OH y no si estos grupos son ionizables o no.”

### **Dificultades de aprendizaje del concepto de PH**

El concepto de pH presenta algunas dificultades para los estudiantes debido a que se aborda de manera mecánica y se sustenta en ecuaciones y modelos matemáticos.

En el trabajo de Lunelli & Scagnolari [25] explican que una de las dificultades en el aprendizaje del concepto de pH es el uso de textos inapropiados, los cuales a menudo no son fáciles de seguir porque se descuidan muchos fundamentos teóricos y operativos. Otra de las dificultades para los alumnos es la definición del pH ya que en los libros suele venir como el logaritmo negativo de la concentración de protones y no del logaritmo negativo de la actividad del ion hidrógeno.

### **Dificultades de aprendizaje de las reacciones químicas**

En el trabajo de Azcona et al., [26] se presentan una serie de dificultades a la hora de abordar la reacción química:

“Identificar el proceso químico como un cambio sustancial.”

“Conocer que en una reacción química existe una redistribución de los átomos.”

“Interpretar el significado de una ecuación química ajustada”.

“Diferenciar masa molar y la cantidad de sustancia”

“Comprender la conservación de la masa en una reacción química.”

Ahtee y Varjola en un estudio que hicieron sobre el concepto de reacción química [27] explican que los estudiantes confunden el concepto de reacción química con el de cambio de estado o una disolución.

## 4. LEGISLACIÓN

Este trabajo se ha elaborado dentro del marco de la ley educativa vigente (LOMLOE), la cual se basa en:

La Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo que es modificada por la ley Orgánica 3/2020, de 29 de septiembre, que introduce importantes cambios en la evaluación promoción y titulación de la Educación Secundaria.[28].

Asimismo, los contenidos disciplinares que se trabajan corresponden al Real Decreto 243/2022, de 5 de abril, donde se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de Bachillerato [29]. Y al Decreto 40/2022, de 29 de septiembre, donde se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de Bachillerato en la comunidad de Castilla y León [30].

### 4.1. Competencias clave y Descriptores operativos para la etapa de Bachillerato

Teniendo en cuenta el artículo 16.1 del Real Decreto 243/2022, de 5 de abril, se establecen las competencias clave para el aprendizaje permanente:

#### **Competencia en comunicación lingüística (CCL)**

La habilidad de identificar, comprender, expresar, crear, interpretar conceptos, pensamientos, sentimientos, hechos y opiniones de forma oral, escrita o signada, mediante materiales visuales, sonoros o de audio y digitales en las distintas disciplinas y contextos. Esto implica interactuar eficazmente con otras personas, de manera respetuosa, ética, adecuada y creativa en todos los posibles ámbitos y contextos sociales y culturales, tales como la educación y la formación, la vida privada, el ocio o la vida profesional.

#### Descriptores Operativos CCL:

CCL1. Se expresa de forma oral, escrita, signada con fluidez, coherencia, corrección y adecuación a los diferentes contextos sociales y académicos, y participa en interacciones comunicativas con actitud cooperativa y respetuosa.

CCL2. Comprende, interpreta y valora con actitud crítica textos orales, escritos, signados o multimodales de los distintos ámbitos, con especial énfasis en los textos académicos y de los medios de comunicación, para participar en diferentes contextos de manera activa e informada y para construir conocimiento.

CCL3. Localiza, selecciona y contrasta de manera autónoma información procedente de diferentes fuentes evaluando su fiabilidad y pertinencia en función de los objetivos de lectura y evitando los riesgos de manipulación y desinformación, y la integra para comunicarla de manera clara y rigurosa adoptando un punto de vista creativo y crítico a la par que respetuoso con la propiedad intelectual.

CCL4. Lee con autonomía obras relevantes de la literatura poniéndolas en relación con su contexto sociohistórico de producción, con la tradición literaria anterior y posterior y examinando la huella de su legado en la actualidad, para construir y compartir su propia interpretación argumentada de las obras.

CCL5. Pone sus prácticas comunicativas al servicio de la convivencia democrática, la resolución dialogada de los conflictos y la igualdad de derechos de todas las personas, evitando y rechazando los usos discriminatorios, así como los abusos de poder, para favorecer la utilización no solo eficaz sino también ética de los diferentes sistemas de comunicación.

### **Competencia plurilingüe (CP)**

Es la habilidad de utilizar distintas lenguas de forma adecuada y efectiva para el aprendizaje y la comunicación.

#### Descriptores Operativos CP:

CP1. Utiliza con fluidez, adecuación y aceptable corrección una o más lenguas, además de la lengua familiar, para responder a sus necesidades comunicativas con espontaneidad y autonomía en diferentes situaciones y contextos de los ámbitos personal, social, educativo y profesional.

CP2. A partir de sus experiencias, desarrolla estrategias que le permitan ampliar y enriquecer de forma sistemática su repertorio lingüístico individual con el fin de comunicarse de manera eficaz.

CP3. Conoce y valora críticamente la diversidad lingüística y cultural presente en la sociedad, integrándola en su desarrollo personal y anteponiendo la comprensión mutua como característica central de la comunicación, para fomentar la cohesión social.

### **Competencia matemática y competencia en ciencia, tecnología e ingeniería (STEM)**

La competencia STEM (“Science, Technology, Engineering & Mathematics”) integra la comprensión del mundo, junto a los cambios causados por la actividad humana, utilizando el pensamiento, la representación matemática, los métodos científicos, la

tecnología y los métodos de la ingeniería para transformar el entorno a partir de la responsabilidad de cada individuo como ciudadano.

#### Descriptores Operativos STEM:

STEM1. Selecciona y utiliza métodos inductivos y deductivos en situaciones propias de la modalidad elegida y emplea estrategias variadas para la resolución de problemas

STEM2. Utiliza el pensamiento científico para entender y explicar fenómenos relacionados con la modalidad elegida, planteándose hipótesis y contrastándolas o comprobándolas mediante la observación, la experimentación y la investigación.

STEM3. Plantea y desarrolla proyectos diseñando y creando prototipos o modelos para generar o utilizar productos que den solución a una necesidad o problema de forma colaborativa, procurando la participación de todo el grupo, resolviendo pacíficamente los conflictos que puedan surgir y evaluando el producto obtenido de acuerdo a los objetivos propuestos y el impacto transformador en la sociedad.

STEM4. Interpreta y transmite los elementos más relevantes de investigaciones de forma clara y precisa, en diferentes formatos (gráficos, tablas, diagramas, fórmulas, esquemas, símbolos.)

STEM5. Planea y emprende acciones fundamentadas científicamente para promover la salud física y mental, y preservar el medio ambiente y los seres vivos, practicando el consumo responsable, aplicando principios de ética y seguridad.

#### **Competencia digital (CD)**

La competencia digital es aquella que implica el uso creativo, seguro, crítico, saludable, sostenible y responsable de las tecnologías digitales para el aprendizaje, en el trabajo y para la participación en la sociedad, así como la interacción con estas. Incluye la alfabetización en información y datos, la comunicación y la colaboración, la alfabetización mediática, la creación de contenidos digitales etc.

#### Descriptores Operativos CD:

CD1. Realiza búsquedas avanzadas comprendiendo cómo funcionan los motores de búsqueda en internet aplicando criterios de validez, calidad, actualidad y fiabilidad. Organiza el almacenamiento de la información de manera adecuada y segura para referenciarla y reutilizarla posteriormente.

CD2. Crea, integra y reelabora contenidos digitales de forma individual o colectiva, aplicando medidas de seguridad y respetando, en todo momento, los derechos de autoría digital para ampliar sus recursos y generar nuevo conocimiento.

CD3. Selecciona, configura y utiliza dispositivos digitales, herramientas, aplicaciones y servicios en línea y los incorpora en su entorno personal de aprendizaje digital para comunicarse, trabajar colaborativamente y compartir información, gestionando de manera responsable sus acciones.

CD4. Evalúa riesgos y aplica medidas al usar las tecnologías digitales para proteger los dispositivos, los datos personales, la salud y el medioambiente y hace un uso crítico, legal, seguro, saludable y sostenible de dichas tecnologías.

CD5. Desarrolla soluciones tecnológicas innovadoras y sostenibles para dar respuesta a necesidades concretas, mostrando interés y curiosidad por la evolución de las tecnologías digitales y por su desarrollo sostenible y uso ético.

### **Competencia personal, social y de aprender a aprender (CPSAA)**

La competencia personal, social y de aprender a aprender es la habilidad de reflexionar sobre uno mismo, gestionar el tiempo y la información eficazmente, colaborar con otros de forma constructiva, mantener la resiliencia y gestionar el aprendizaje.

#### Descriptores Operativos CPSAA:

CPSAA1.1. Fortalece el optimismo, la autoeficacia y la búsqueda de objetivos de forma autónoma para hacer eficaz su aprendizaje.

CPSAA1.2. Desarrolla una personalidad autónoma, gestionando constructivamente los cambios, la participación social y su propia actividad para dirigir su vida.

CPSAA2. Adopta de forma autónoma un estilo de vida sostenible y atiende al bienestar propio y de los demás, buscando y ofreciendo apoyo en la sociedad para construir un mundo más saludable.

CPSAA3.1. Muestra sensibilidad hacia las emociones y experiencias de los demás, para consolidar una personalidad empática e independiente y desarrollar su inteligencia.

CPSAA3.2. Distribuye en un grupo las tareas, recursos y responsabilidades de manera ecuánime, según sus objetivos, favoreciendo un enfoque sistémico para contribuir a la consecución de objetivos compartidos.

CPSAA4. Compara, analiza, evalúa y sintetiza datos, información e ideas de los medios de comunicación, para obtener conclusiones lógicas de forma autónoma, valorando la fiabilidad de las fuentes.

CPSAA5. Planifica a largo plazo evaluando los propósitos y los procesos de la construcción del conocimiento, relacionando los diferentes campos del mismo para desarrollar procesos autorregulados de aprendizaje que le permitan transmitir ese conocimiento, proponer ideas creativas y resolver problemas con autonomía.

### **Competencia ciudadana (CC)**

La competencia ciudadana es la habilidad de actuar como ciudadanos responsables y participar plenamente de forma responsable y constructiva en la vida social y cívica, basándose en la comprensión de los conceptos y fenómenos básicos relativos al individuo, a la organización del trabajo, a las estructuras sociales, económicas culturales, jurídicas y políticas, así como el compromiso con la sostenibilidad, en especial con el cambio demográfico y climático en el contexto mundial.

#### Descriptores Operativos CC:

CC1. Analiza hechos, normas e ideas relativas a la dimensión social, histórica, cívica y moral de su propia identidad, para contribuir a la consolidación de su madurez personal y social, adquirir una conciencia ciudadana y responsable, desarrollar la autonomía y el espíritu crítico, y establecer una interacción pacífica y respetuosa con los demás y con el entorno.

CC2. Reconoce, analiza y aplica en diversos contextos, de forma crítica y consecuente, los principios, ideales y valores relativos al proceso de integración europea, la Constitución Española, los derechos humanos, y la historia y el patrimonio cultural.

CC3. Adopta un juicio propio y argumentado ante problemas éticos y filosóficos fundamentales y de actualidad, afrontando con actitud dialogante la pluralidad de valores, creencias e ideas, rechazando todo tipo de discriminación y violencia, y promoviendo activamente la igualdad y corresponsabilidad efectiva entre mujeres y hombres.

CC4. Analiza las relaciones de interdependencia y ecodependencia entre nuestras formas de vida y el entorno, demostrando un compromiso ético y ecosocialmente responsable con actividades y hábitos que conduzcan al logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible y la lucha contra el cambio climático.

### **Competencia emprendedora (CE)**

La competencia emprendedora es la habilidad de la persona para actuar con arreglo a oportunidades e ideas que aparecen en diferentes contextos, y transformarlas en actividades personales, sociales y profesionales que generen resultados de valor para otros. Se basa en la innovación, la creatividad, el pensamiento crítico y la resolución de problemas.

#### Descriptores Operativos CE:

CE1. Evalúa necesidades y oportunidades y afronta retos, con sentido crítico y ético, evaluando su sostenibilidad y comprobando, a partir de conocimientos técnicos específicos, el impacto que puedan suponer en el entorno, para presentar y ejecutar ideas y soluciones innovadoras dirigidas a distintos contextos, tanto locales como globales, en el ámbito personal, social y académico con proyección profesional emprendedora.

CE2. Evalúa y reflexiona sobre las fortalezas y debilidades propias y las de los demás, haciendo uso de estrategias de autoconocimiento y autoeficacia, interioriza los conocimientos económicos y financieros específicos y los transfiere a contextos locales y globales, aplicando estrategias y destrezas que agilicen el trabajo colaborativo y en equipo, para reunir y optimizar los recursos necesarios, que lleven a la acción una experiencia o iniciativa emprendedora de valor.

CE3. Lleva a cabo el proceso de creación de ideas y soluciones innovadoras y toma decisiones, con sentido crítico y ético, aplicando conocimientos técnicos específicos y estrategias ágiles de planificación y gestión de proyectos, y reflexiona sobre el proceso realizado y el resultado obtenido, para elaborar un prototipo final de valor para los demás, considerando tanto la experiencia de éxito como de fracaso, una oportunidad para aprender.

### **Competencia en conciencia y expresión culturales (CCEC)**

La competencia en conciencia y expresión culturales implica comprender y respetar diferentes formas en que las ideas, las emociones y el significado se expresan de forma creativa y se comunican en las distintas culturas, así como a través de una serie de artes y otras manifestaciones culturales. Implica esforzarse por comprender, desarrollar y expresar las ideas propias y un sentido de pertenencia a la sociedad o de desempeñar una función en esta en distintas formas y contextos.

### Descriptores Operativos CCEC:

CCEC1. Reflexiona, promueve y valora críticamente el patrimonio cultural y artístico de cualquier época, contrastando sus singularidades y partiendo de su propia identidad, para defender la libertad de expresión, la igualdad y el enriquecimiento inherente a la diversidad.

CCEC2. Investiga las especificidades e intencionalidades de diversas manifestaciones artísticas y culturales del patrimonio, mediante una postura de recepción activa y deleite, diferenciando y analizando los distintos contextos, medios y soportes en que se materializan, así como los lenguajes y elementos técnicos y estéticos que las caracterizan.

CCEC3.1 Expresa ideas, opiniones, sentimientos y emociones con creatividad y espíritu crítico, realizando con rigor sus propias producciones culturales y artísticas, para participar de forma activa en la promoción de los derechos humanos y los procesos de socialización y de construcción de la identidad personal que se derivan de la práctica artística.

CCEC3.2 Descubre la autoexpresión, a través de la interacción corporal y la experimentación con diferentes herramientas y lenguajes artísticos, enfrentándose a situaciones creativas con una actitud empática y colaborativa, y con autoestima, iniciativa e imaginación.

CCEC4.1 Selecciona e integra con creatividad diversos medios y soportes, así como técnicas plásticas, visuales, audiovisuales, sonoras o corporales, para diseñar y producir proyectos artísticos y culturales sostenibles, analizando las oportunidades de desarrollo personal, social y laboral que ofrecen sirviéndose de la interpretación, la ejecución, la improvisación o la composición.

CCEC4.2 Planifica, adapta y organiza sus conocimientos, destrezas y actitudes para responder con creatividad y eficacia a los desempeños derivados de una producción cultural o artística, individual o colectiva, utilizando diversos lenguajes, códigos, técnicas, herramientas y recursos plásticos, visuales, audiovisuales, musicales, corporales o escénicos, valorando tanto el proceso como el producto final y comprendiendo las oportunidades personales, sociales, inclusivas y económicas que ofrecen.



## 4.2. Competencias específicas y criterios de evaluación para la materia de Química en Bachillerato

Se establecen seis competencias específicas en el anexo del Real Decreto 243/2022.

La asignatura Química de 2º Bachillerato tiene las siguientes competencias específicas:

**Competencia específica 1:** Comprender, describir y aplicar los fundamentos de los procesos químicos más importantes, atendiendo a su base experimental y a los fenómenos que describen, para reconocer el papel relevante de la química en el desarrollo de la sociedad. A través de las distintas ramas de la química, el alumnado será capaz de descubrir cuáles son sus aportaciones más relevantes en la tecnología, la economía, la sociedad y el medioambiente.

Esta competencia específica se conecta con los siguientes descriptores operativos: CP1, STEM1, STEM2, STEM3, STEM 4, CE1.

### Criterios de evaluación:

1.1 Reconocer la importancia de la química y sus conexiones con otras áreas en el desarrollo de la sociedad, el progreso de la ciencia, la tecnología, la economía y el desarrollo sostenible respetuoso con el medioambiente, identificando los avances en el campo de la química que han sido fundamentales en estos aspectos. (STEM2, CE1).

1.2 Describir los principales procesos químicos que suceden en el entorno y las propiedades de los sistemas materiales a partir de los conocimientos, destrezas y actitudes propios de las distintas ramas de la química. (STEM1, STEM2, STEM 4).

1.3 Reconocer la naturaleza experimental e interdisciplinar de la química y su influencia en la investigación científica y en los ámbitos económico y laboral actuales, considerando los hechos empíricos y sus aplicaciones en otros campos del conocimiento y la actividad humana. (CP1, STEM2, STEM3).

**Competencia específica 2:** Adoptar los modelos y leyes de la química aceptados como base de estudio de las propiedades de los sistemas materiales, para inferir soluciones generales a los problemas cotidianos relacionados con las aplicaciones prácticas de la química y sus repercusiones en el medioambiente. El alumnado debe ser capaz de identificar los principios básicos de la química que justifican que los sistemas materiales tengan determinadas propiedades y aplicaciones de acuerdo con su composición y que existe una base fundamental de carácter químico en el fondo de cada una de las cuestiones medioambientales actuales y, sobre todo, en las ideas y métodos para

solucionar los problemas relacionados con ellas. Esta competencia específica se conecta con los siguientes descriptores operativos: CCL1, CCL2, STEM2, STEM5, CD5, CE1.

Criterios de evaluación:

2.1 Relacionar los principios de la química con los principales problemas de la actualidad asociados al desarrollo de la ciencia y la tecnología, analizando cómo se comunican a través de los medios de comunicación o son observados en la experiencia cotidiana. (CCL2, STEM2, CD5, CE1).

2.2 Reconocer y comunicar que las bases de la química constituyen un cuerpo de conocimiento imprescindible en un marco contextual de estudio y discusión de cuestiones significativas en los ámbitos social, económico, político y ético identificando la presencia e influencia de estas bases en dichos ámbitos. (CCL2, STEM2, STEM5, CE1).

2.3 Aplicar de manera informada, coherente y razonada los modelos y leyes de la química, explicando y prediciendo las consecuencias de experimentos, fenómenos naturales, procesos industriales y descubrimientos científicos. (CCL1, STEM2, CD5).

**Competencia específica 3:** Utilizar con corrección los códigos del lenguaje químico (nomenclatura química, unidades, ecuaciones, etc.) aplicando sus reglas específicas para emplearlos como base de una comunicación adecuada entre diferentes comunidades científicas y como herramienta fundamental en la investigación de esta ciencia. La química utiliza lenguajes cuyos códigos son muy específicos y que es necesario conocer para trabajar en esta disciplina y establecer relaciones de comunicación efectiva entre los miembros de la comunidad científica. Debido a ello, esta competencia específica supone un apoyo muy importante para la ciencia en general, y para la química en particular. Esta competencia específica se conecta con los siguientes descriptores operativos: CCL1, CCL5, STEM4, CPSAA4, CE3.

Criterios de evaluación:

3.1 Utilizar correctamente las normas de nomenclatura de la IUPAC como base de un lenguaje universal para la química que permita una comunicación efectiva en toda la comunidad científica, aplicando dichas normas al reconocimiento y escritura de fórmulas y nombres de diferentes especies químicas. (CCL1, CCL5).

3.2 Emplear con rigor herramientas matemáticas para apoyar el desarrollo del pensamiento científico que se alcanza con el estudio de la química, aplicando estas

herramientas en la resolución de problemas usando ecuaciones, unidades, operaciones, etc. (STEM4, CE3).

3.3 Practicar y hacer respetar las normas de seguridad relacionadas con la manipulación de sustancias químicas en el laboratorio y en otros entornos, así como los procedimientos para la correcta gestión y eliminación de los residuos, utilizando correctamente los códigos de comunicación característicos de la química. (CCL1, STEM4, CPSAA4).

**Competencia específica 4:** Reconocer la importancia del uso responsable de los productos y procesos químicos, elaborando argumentos informados sobre la influencia positiva que la química tiene sobre la sociedad actual, para contribuir a superar las connotaciones negativas que en multitud de ocasiones se atribuyen al término «químico». El alumnado que estudia Química debe ser consciente de que los principios fundamentales que explican el funcionamiento del universo tienen una base científica, así como ser capaz de explicar que las sustancias y procesos naturales se pueden describir y justificar a partir de los conceptos de esta ciencia. Además de esto, las ideas aprendidas y practicadas en esta etapa les deben capacitar para argumentar y explicar los beneficios que el progreso de la química ha tenido sobre el bienestar de la sociedad y que los problemas que a veces conllevan estos avances son causados por el empleo negligente, desinformado, interesado o irresponsable de los productos y procesos que ha generado el desarrollo de la ciencia y la tecnología.

Esta competencia específica se conecta con los siguientes descriptores operativos: CCL1, STEM1, STEM2, STEM5, CPSAA4, CPSAA5, CC4, CE2.

Criterios de evaluación:

4.1 Analizar la composición química de los sistemas materiales que se encuentran en el entorno más próximo, en el medio natural y en el entorno industrial y tecnológico, demostrando que sus propiedades, aplicaciones y beneficios están basados en los principios de la química. (STEM1, STEM2).

4.2 Argumentar de manera informada, aplicando las teorías y leyes de la química, que los efectos negativos de determinadas sustancias en el ambiente y en la salud se deben al mal uso que se hace de esos productos o negligencia, y no a la ciencia química en sí. (CCL1, STEM1, STEM2, STEM5, CPSAA5, CC4).

4.3 Explicar, empleando los conocimientos científicos adecuados, cuáles son los beneficios de los numerosos productos de la tecnología química y cómo su empleo y aplicación han contribuido al progreso de la sociedad. (CCL1, STEM2, STEM5, CPSAA4, CPSAA5, CC4, CE2).

**Competencia específica 5:** Aplicar técnicas de trabajo propias de las ciencias experimentales y el razonamiento lógico-matemático en la resolución de problemas de química y en la interpretación de situaciones relacionadas, valorando la importancia de la cooperación, para poner en valor el papel de la química en una sociedad basada en valores éticos y sostenibles.

El desarrollo de esta competencia específica persigue que el alumnado se habitúe desde esta etapa a trabajar de acuerdo a los principios básicos que se ponen en práctica en las ciencias experimentales y desarrolle una afinidad por la ciencia, por las personas que se dedican a ella y por las entidades que la llevan a cabo y que trabajan por vencer las desigualdades de género, orientación, creencia, etc. A su vez, adquirir destrezas en el uso del razonamiento científico les da la capacidad de interpretar y resolver situaciones problemáticas en diferentes contextos de la investigación, el mundo laboral y su realidad cotidiana.

Esta competencia específica se conecta con los siguientes descriptores operativos: CP1, STEM1, STEM2, STEM3, CD1, CD2, CD3, CD5.

Criterios de evaluación:

5.1 Reconocer la importante contribución en la química del trabajo colaborativo entre especialistas de diferentes disciplinas científicas poniendo de relieve las conexiones entre las leyes y teorías propias de cada una de ellas. (CP1, STEM2).

5.2 Reconocer la aportación de la química al desarrollo del pensamiento científico y a la autonomía de pensamiento crítico a través de la puesta en práctica de las metodologías de trabajo propias de las disciplinas científicas. (STEM2, CD1).

5.3 Resolver problemas relacionados con la química y estudiar situaciones relacionadas con esta ciencia reconociendo la importancia de la contribución particular de cada miembro del equipo y la diversidad de pensamiento y consolidando habilidades sociales positivas en el seno de equipos de trabajo. (CP1, STEM1, STEM2, CD5).

5.4 Representar y visualizar de forma eficiente los conceptos de química que presenten mayores dificultades, utilizando herramientas digitales y recursos variados, incluyendo experiencias de laboratorio real y virtual. (STEM1, STEM3, CD1, CD2, CD3, CD5).

**Competencia específica 6:** Reconocer y analizar la química como un área de conocimiento multidisciplinar y versátil, poniendo de manifiesto las relaciones con otras ciencias y campos de conocimiento, para realizar a través de ella una aproximación holística al conocimiento científico y global. Para que el alumnado llegue a ser competente desarrollará su aprendizaje a través del estudio experimental y la observación de situaciones en las que se ponga de manifiesto esta relación interdisciplinar; la aplicación de herramientas tecnológicas en la indagación y la experimentación; y el empleo de herramientas matemáticas y el razonamiento lógico en la resolución de problemas propios de la química. Esta base de carácter interdisciplinar y holístico proporciona a los alumnos unos cimientos adecuados para que puedan continuar estudios en diferentes ramas de conocimiento, y a través de diferentes itinerarios formativos, lo que contribuye de forma eficiente a la formación de personas competentes.

Esta competencia específica se conecta con los siguientes descriptores operativos: STEM4, CPSAA3.2, CC4.

Criterios de evaluación:

6.1 Explicar y razonar los conceptos fundamentales que se encuentran en la base de la química aplicando los conceptos, leyes y teorías de otras disciplinas científicas (especialmente de la física) a través de la experimentación y la indagación. (STEM4, CPSAA3.2).

6.2 Deducir las ideas fundamentales de otras disciplinas científicas (por ejemplo, la biología o la tecnología) por medio de la relación entre sus contenidos básicos y las leyes y teorías que son propias de la química. (STEM4).

6.3 Solucionar problemas y cuestiones que son característicos de la química utilizando las herramientas provistas por las matemáticas y la tecnología, reconociendo así la relación entre los fenómenos experimentales y naturales y los conceptos propios de esta disciplina. (STEM4, CC4).

### 4.3. Contenidos de la materia de Química en 2º curso de Bachillerato

En el Decreto 40 /2022 del 29 de septiembre se presentan los contenidos de Química de 2º de Bachillerato estructurados en tres bloques:

- A. Enlace químico y estructura de la materia
- B. Reacciones químicas
- C. Química Orgánica

El proyecto va estar relacionado con contenidos del Bloque B: Reacciones Químicas, en particular con:

#### Equilibrio químico

- El equilibrio químico como proceso dinámico: ecuaciones de velocidad y aspectos termodinámicos. Expresión de la constante de equilibrio mediante la ley de acción de masas en función de la concentración y de las presiones parciales.
- La constante de equilibrio de reacciones en las que los reactivos se encuentren en diferente estado físico. Relación entre  $K_C$  y  $K_P$  y producto de solubilidad en equilibrios heterogéneos.
- Aplicar el Principio de Le Châtelier y el cociente de reacción para predecir la evolución de sistemas en equilibrio a partir de la variación de las condiciones de concentración, presión o temperatura del sistema.

#### Reacciones ácido base

- Naturaleza ácida o básica de una sustancia a partir de las teorías de Arrhenius y de Brønsted y Lowry.
- Ácidos y bases fuertes y débiles. Grado de disociación en disolución acuosa.
- pH de disoluciones ácidas y básicas. Expresión de las constantes  $K_a$  y  $K_b$ .
- Concepto de pares ácido y bases conjugados. Predicción del carácter ácido o básico de disoluciones en las que se produce la hidrólisis de una sal.
- Reacciones entre ácidos y bases. Concepto de neutralización. Volumetrías ácido-base.
- Ácidos y bases relevantes a nivel industrial y de consumo, con especial incidencia en el proceso de la conservación del medioambiente.

## 5. METODOLOGÍAS

### 5.1. Metodologías STEM

El marco metodológico utilizado se basa en las metodologías STEM que se fundamentan en un proceso de enseñanza y aprendizaje mediante un enfoque interdisciplinar, ya que combina varias disciplinas como son ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas [31]:

- La competencia matemática es la habilidad de desarrollar y aplicar la perspectiva y el razonamiento matemático, junto a sus herramientas de pensamiento y representación, al objeto de describir, interpretar y predecir distintos fenómenos que permitan resolver problemas en situaciones cotidianas.
- La competencia en ciencia es la habilidad de comprender y explicar el mundo natural y social utilizando un conjunto de conocimientos y metodologías, incluidas la observación, la experimentación y la contrastación, con el fin de plantear preguntas y extraer conclusiones basadas en pruebas para así poder interpretar, conservar y mejorar el mundo natural y el contexto social.
- La competencia en tecnología e ingeniería comprende la aplicación de los conocimientos y metodologías propios de las ciencias en respuesta a lo que se percibe como deseos o necesidades humanos en un marco de seguridad, responsabilidad y sostenibilidad.

Los principios de las metodologías STEM [31] son:

1. **El trabajo grupal** para la resolución de problemas y la optimización de recursos.
2. **Aplicación al mundo real** mediante el análisis de situaciones contextualizadas que afectan al día a día y la puesta en práctica de soluciones innovadoras.
3. **Aprendizaje mediante la investigación y la experimentación**, motivando a los alumnos a descubrir y llegar a conclusiones, mejorando el aprendizaje de los contenidos o aprendidos.
4. **Promoción del liderazgo** para la toma de decisiones y para la formación con competencias resolutorias frente a los desafíos de una sociedad cada vez más avanzada.
5. **Enseñanza contextualizada** para trabajar la interdisciplinariedad y la relación entre las disciplinas STEM.

6. **Promoción de la creatividad** para desarrollar capacidades en la resolución de problemas desde una perspectiva crítica y para impulsar las capacidades comunicativas.

Ventajas de las metodologías STEM [32]:

- El uso constante del método científico promueve la curiosidad y la exploración del mundo.
- Se activa la resolución eficaz de problemas, el pensamiento lógico y la toma de decisiones consciente.
- Prepara a los alumnos en el desarrollo de habilidades técnicas altamente valoradas.
- Promueve la independencia, la toma de riesgos y el aprendizaje en positivo a través de sus errores.
- Se fomentan las soluciones creativas e innovadoras trabajando también en equipo.
- Se estimula el interés por la ciencia y la tecnología, lo que puede llevar a descubrir nuevas vocaciones.

Algunos estudios previos sobre la aplicación de metodologías STEM:

En el artículo de Chavarría, C. y Guede-Cid, R., [33] se explica cómo se están llevando a cabo proyectos utilizando la metodología STEM en el aula.

Herro y Quigley [34] “entienden que los problemas a los que se enfrenta la sociedad no pueden ser resueltos de una manera aislada desde una disciplina, sino que debe haber una integración de estas, cobrando la transdisciplinariedad especial importancia en esta integración”.

Huri y Karpudewan [35], proponen actividades integradas de STEM-lab en la enseñanza y el aprendizaje de la electrolisis. Los autores exponen que las actividades utilizan contextos del mundo real como plataforma para exhibir la naturaleza transdisciplinaria de la integración de las cuatro disciplinas STEM, así como que los hallazgos que encontraron sugieren que las actividades de laboratorio de Integrated-STEM son adecuadas para abordar la limitación de las actividades de laboratorio existentes para la construcción del conocimiento. Asimismo, afirman que las actividades propuestas son adecuadas para integrar las cuatro disciplinas STEM en el plan de estudios estándar de ciencias.



Seroy et al., [36], afirman “si bien existen recursos específicos de cada disciplina, las oportunidades transdisciplinarias que integran la enseñanza de la ingeniería son limitadas, existiendo pocas oportunidades realmente transdisciplinarias que integren la enseñanza de la ingeniería y el desarrollo de habilidades tecnológicas para contextualizar los conceptos científicos básicos”. Por lo que crean un módulo adaptable que integra la educación tecnológica práctica y el aprendizaje basado en el lugar para mejorar la comprensión de los estudiantes de los conceptos clave de la química en su relación con la ciencia ambiental local.

## 5.2. Trabajo en grupos cooperativos

En el marco metodológico STEM los estudiantes desarrollarán trabajo en equipo cooperativo en pequeños grupos.

El trabajo cooperativo aporta una serie de beneficios para los alumnos [37]:

**Desarrollo de habilidades sociales:** El estudiantado aprende a comunicarse, a resolver conflictos, y a trabajar en equipo, habilidades que son vitales en la sociedad actual.

**Comprensión profunda:** Al trabajar en grupo, cada persona tiene la oportunidad de explicar y discutir conceptos, lo que suele llevar a una comprensión más profunda y duradera del material.

**Responsabilidad compartida:** El aprendizaje cooperativo promueve la responsabilidad individual y grupal. Cada estudiante es responsable de su aprendizaje y del aprendizaje del resto del equipo.

**Motivación:** Trabajar en equipo puede aumentar la motivación, ya que sienten que son parte de una comunidad y que su contribución es valiosa.

## **6. PROPUESTA DIDÁCTICA: “Jornadas del Agua”**

### **6.1. Introducción**

La propuesta didáctica elaborada consiste en el diseño de una secuencia de actividades englobadas bajo el título **“Jornadas del Agua”**. Su implementación se llevará a cabo principalmente en el horario de la asignatura de Química de 2º curso de Bachillerato. En la actividad que se desarrollará fuera del centro se compartirán las horas utilizadas con las asignaturas de Biología y/o Física.

La asignatura de Química cuenta con 4 sesiones a la semana por lo que la puesta en práctica de la propuesta tendrá lugar durante 2/3 semanas ya que las actividades se desarrollan en 9 sesiones.

### **6.2. Objetivos**

- Conocer la importancia del agua.
- Desarrollar habilidades interpersonales como trabajo en equipo y organización grupal y el trabajo individual.
- Desarrollar el pensamiento crítico.
- Concienciar con las problemáticas relacionadas con el agua, su escasez y contaminación.
- Conocer el funcionamiento de una planta de tratamiento de aguas residuales y de una planta potabilizadora por parte de los alumnos de Bachillerato.

### **6.3. Contextualización**

El Centro Educativo para el que se ha diseñado esta propuesta es un instituto ficticio situado en un barrio de la ciudad de Valladolid. El nivel socioeconómico de los estudiantes es medio-bajo y se imparten las etapas de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato.

El centro cuenta con las siguientes instalaciones: Laboratorio de Física, Química y Biología, aula de informática, aula de dibujo e instalaciones deportivas, entre otras. Todas las aulas disponen de pizarra digital, proyector y ordenador con altavoces.

La propuesta didáctica va dirigida a alumnos de 2º de Bachillerato que cursan la asignatura de Química, por lo que son alumnos que tienen interés en esta materia de cara a los estudios que puedan realizar en el futuro. El grupo de clase es de 21 alumnos.

## 6.4. Metodología

Se van a utilizar metodologías STEM debido a que el proceso de enseñanza se fundamenta en aplicar un enfoque interdisciplinar donde se combinan conocimientos de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, promoviendo el aprendizaje contextualizado en actividades de la vida cotidiana.

Asimismo, el trabajo grupal de forma cooperativa fomenta el aprendizaje entre iguales y la reflexión crítica para la toma de decisiones.

## 6.5. Secuencia de actividades

La propuesta didáctica consta de 7 actividades, en las que se combinan situaciones reales con experimentación científica, tratamiento de datos mediante herramientas informáticas, y aplicaciones de la ingeniería.

Para la realización de algunas actividades se forman grupos de 3 alumnos que trabajarán de forma cooperativa.

Las actividades que se realizarán en la propuesta didáctica se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2: Actividades de la propuesta didáctica

Actividad N.º	Actividad	Sesiones
1	Introducción y distribución de grupos	Sesión1: 1 sesión de clase (50 minutos)
2	Determinación de parámetros fisicoquímicos del agua	Sesión 2: Explicación prácticas de laboratorio. 1 sesión de clase
		Sesión 3: Determinación del pH y la conductividad. 1 sesión de laboratorio
		Sesión 4: Determinación volumétrica de la dureza del agua. 1 sesión de laboratorio

3	Procesos de sedimentación	Sesión 5: Procesos de sedimentación 1 sesión de laboratorio
4	Explicación del funcionamiento de una planta depuradora	Sesión 6: Explicación planta depuradora de aguas residuales 1 sesión de clase
5	Diagrama de flujo para el proceso de depuración de aguas	Sesión 7: Realizar un diagrama de flujo. 1 sesión de clase
6	Vista guiada a una planta potabilizadora y a una planta depuradora	Sesión 8: Visita a una planta depuradora y a una potabilizadora. Duración 3 horas.
7	Seminario sobre contaminantes del agua	Sesión 9: Seminario de contaminantes en agua. 1 sesión de clase

#### **6.5.1. Actividad 1: Sesión introductoria de la propuesta didáctica**

##### Descripción:

En esta primera actividad que es de tipo informativo y organizativo se explica la propuesta didáctica con una breve descripción de las actividades que van a realizar los alumnos al llevarla a la práctica. Se les presentará un esquema con la secuencia de las actividades y su temporalización. Después se procederá a la formación de los grupos.

Espacios y recursos: Aula de clase, proyector y pantalla.

Temporalización: una sesión de clase.

Evaluación: no evaluable.

### **6.5.2. Actividad 2: Determinación de parámetros fisicoquímicos del agua**

#### Descripción:

En esta actividad se realizarán dos prácticas de Laboratorio que consisten en la medición y determinación de los valores de 3 parámetros fisicoquímicos en diversas muestras de agua: pH, conductividad y dureza del agua.

Habrà una sesión explicativa previa a la realización de las prácticas y en las otras dos sesiones se harán dos prácticas de laboratorio:

Práctica 1. Determinación del pH y la conductividad.

Práctica 2. Determinación volumétrica de la dureza del agua.

Espacios y recursos: Aula de clase para la sesión 1 y laboratorio de Química para las sesiones 2 y 3. Guión de la práctica descrito en el Anexo I, Proyector y pantalla en el aula y material de laboratorio y reactivos químicos descritos en el Anexo I.

Temporalización: 3 sesiones de clase.

#### **Sesión 1.**

La primera sesión se va realizar en el aula de clase, donde se explicarán en detalle las prácticas de laboratorio. El profesor explicará los conceptos necesarios, los procedimientos, y el funcionamiento del pH-metro y del conductímetro. Además, se les entregarán los guiones de la práctica (recogido en el Anexo I) para que lo puedan leer y hacer preguntas de las dudas que les surjan y de los aspectos que no entiendan.

Evaluación: no evaluable.

#### **Sesión 2.**

En esta sesión de laboratorio se realizará la práctica 1.

En primer lugar, los alumnos medirán los valores del pH y seguidamente las conductividades de una serie de muestras de agua. Usarán muestras de agua que traigan de su casa o en su defecto se les dará alguna en concreto para que comparen diferentes resultados.

Para la medida del pH utilizarán papel indicador y/o pH-metro.

Para la medida de la conductividad utilizarán un conductímetro.

Se explicará cómo realizar las medidas en el laboratorio.

Evaluación: Los alumnos deberán entregar un informe de las práctica de laboratorio y también se les valorará el trabajo en el laboratorio durante la realización de la práctica.

### **Sesión 3.**

En esta sesión se realiza la práctica 2 para la determinación de la dureza del agua mediante volumetría.

Los alumnos medirán la dureza del agua mediante una valoración complexométrica. Para ello van a utilizar una disolución patrón de AEDT o EDTA como valorante ya estandarizada.

El procedimiento para determinar la dureza total del agua es el siguiente:

Se lleva a cabo la valoración de la muestra de agua con la disolución patrón de AEDT, añadiendo un indicador metalocrómico, en este caso negro de eriocromo (NET), y una cantidad de disolución tampón para fijar el pH.

En el punto final de la valoración se produce un cambio de rojo vino a azul.

Evaluación: Los alumnos deberán entregar un informe de la práctica de laboratorio y también se les valorará el trabajo en el laboratorio durante la realización de la práctica.

#### **6.5.3. Actividad 3: Procesos de sedimentación**

##### Descripción:

Se va a llevar a cabo una práctica de laboratorio basada en procesos de sedimentación. En este caso el proceso coagulación-floculación en una muestra de agua residual urbana. La actividad se realizará en una sesión de laboratorio. Al comienzo se explicará el procedimiento y los conceptos necesarios para realizar esta práctica, cuyo guion (Anexo II) han leído previamente, y se resolverán las preguntas que pudieran realizar.

Espacios y recursos: Laboratorio de Química, material de laboratorio y reactivos químicos descritos en el Anexo II y guion de la práctica presentado en el Anexo II.

Temporalización: 1 sesión de clase.

### **Sesión 1.**

En esta sesión se realiza la práctica de laboratorio: Coagulación-Floculación en grupos de 3 alumnos.

En esta práctica se va proceder a la separación de sólidos de una muestra de agua residual urbana mediante procesos de coagulación-floculación. Para ello, se van hacer ensayos buscando el mejor coagulante, concentración y pH adecuados.

La práctica se va dividir en tres etapas:

- Determinar el coagulante apropiado a un pH determinado
- Para una concentración fija de coagulante buscar el valor de pH óptimo

- Para un valor fijo de pH se prueban diferentes dosis de coagulante con el objetivo de encontrar la dosis adecuada de coagulante.

Evaluación: Los alumnos deberán entregar un informe de la práctica de laboratorio y también se les valorará la realización de la práctica.

#### **6.5.4. Actividad 4: Explicación del funcionamiento de una planta depuradora y de una planta potabilizadora**

##### Descripción

En esta actividad se explicará a los estudiantes en que consiste una planta depuradora de aguas residuales y una planta potabilizadora de agua para consumo humano, así como los procesos de tratamiento de aguas que se llevan a cabo en cada una de ellas.

Para ello, se comenzará con la proyección de un video sobre el funcionamiento de una planta depuradora y de una potabilizadora.

Espacios y recursos: aula de clase, proyector, pantalla y videos sobre el funcionamiento de una planta depuradora y una planta potabilizadora:

<https://www.youtube.com/watch?v=Hi2ilunFSWc&t=82s> [38].

<https://www.youtube.com/watch?v=MyYLLVG8Wkc> [39].

Temporalización: 1 sesión de clase.

Evaluación: no evaluable.

#### **6.5.5. Actividad 5: Diagrama de flujo para el proceso de depuración de aguas**

##### Descripción:

En esta actividad los alumnos realizarán en grupos cooperativos de 3 estudiantes un diagrama de flujo con los procesos que tienen lugar en una planta depuradora

El software que se va a usar para realizar el diagrama de flujo es *Microsoft Visio*

<https://www.ardilu.com/descargar/microsoft-visio-2019>. [41].

Se trata de una aplicación que pertenece al paquete de office con la que se pueden diseñar diagramas de flujo de forma sencilla dentro de una gran variedad de opciones disponibles. *Visio* se utiliza tanto por individuos como por equipos para visualizar datos complejos, optimizar procesos y mejorar la comunicación dentro de las empresas.

Las principales funciones de *Visio* son:

- Ofrece plantillas y formas predefinidas con los que hacer diagramas de forma rápida y eficiente.

- *Visio* se conecta perfectamente con otras aplicaciones de ofimática como Sharepoint o Power BI, permitiendo importar datos desde hojas de cálculo o bases de datos. Esto hace que los diagramas estén vinculados a datos en tiempo real, ofreciendo una visualización precisa y actualizada.
- Observación de datos en tiempo real: Una de las funciones más útiles de *Visio* es la capacidad de vincular diagramas a datos en tiempo real provenientes de fuentes externas, como bases de datos o archivos de Excel.
- Colaboración en tiempo real: Con Visio Online, múltiples usuarios pueden trabajar simultáneamente en el mismo diagrama, mejorando la colaboración en equipos y la toma de decisiones en tiempo real.

Para realizar la actividad los alumnos irán al aula de informática donde dispondrán del software instalado en los ordenadores para realizar los diagramas de flujo. Cada grupo tendrá que realizar un diagrama de flujo básico, donde se incluyan las etapas del tratamiento de aguas residuales utilizando las funciones disponibles dentro del programa informático. Estas son la plantilla correspondiente y las barras de herramientas superior y lateral.

Para poder diseñar el diagrama de flujo siguen los siguientes pasos [40]

1º) Se eligen el tipo de plantilla y el diagrama de flujo que se van a utilizar de entre las opciones del menú principal (Figura 5).

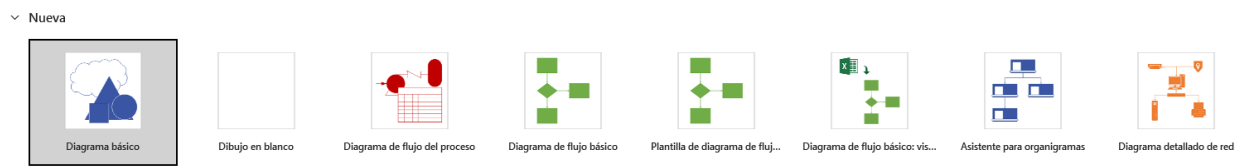


Figura 5. Plantillas disponibles en Microsoft Visio



2º) En el lado izquierdo se encuentra la biblioteca de símbolos que pueden llegar a usar para el diseño del diagrama de flujo como se muestra en la Figura 6.

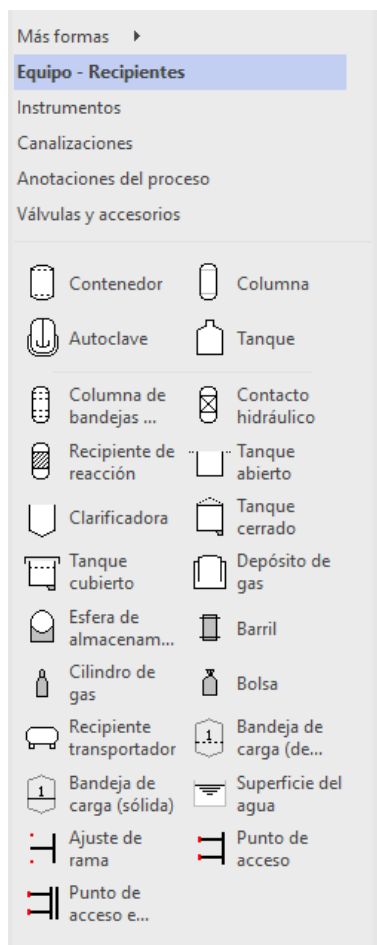


Figura 6. Barra de herramientas lateral de diagrama de flujo del proceso

Se selecciona la simbología de los equipos que necesitan, estos se irán arrastrando en la hoja y cada equipo se conectará con la pestaña conector, situada en la barra de herramientas superior. Cada equipo tendrá por defecto un nombre. Por ejemplo, E-1. Este nombre se puede modificar y escribir el nombre que se le quiera dar y cambiar el tamaño del texto.

Espacios y recursos: Aula de informática, ordenadores, software necesario para realizar el diagrama de flujo, instalado en los ordenadores.

<https://www.ardilu.com/descargar/microsoft-visio-2019> [41].

Temporalización: 1 sesión de clase.

Evaluación: El profesor evaluará el diagrama de flujo entregado por cada grupo.

#### **6.5.6. Actividad 6. Visita guiada a la planta potabilizadora y a la planta depuradora**

##### Descripción:

La actividad consiste en una salida del centro educativo para visitar la EDAR y la ETAP de las Eras de Valladolid durante las horas de clase de Química y Física y/o Biología y tiempo del recreo.

En esta actividad van a poder presenciar los procesos reales que se llevan a cabo para depurar y potabilizar el agua, y afianzar lo que han aprendido durante el trabajo desempeñado en las actividades de clase.

##### Visita a la EDAR

Los alumnos van a realizar una visita a la estación depuradora de aguas residuales de Valladolid durante 1 hora aproximadamente en la que una persona especializada de la empresa les irá explicando cada una de las etapas que se pueden ver allí.

Primeramente, les pondrán un video cortito en el que explican los procesos llevados a cabo. A continuación, irán recorriendo la planta desde el pozo de llegada de aguas hasta que éstas se vierten al río Pisuerga.

En el recorrido podrán ver el tanque de tormentas, el pretratamiento, el tratamiento primario, el tratamiento secundario y el tratamiento de fangos en el digestor.

##### Visita a la ETAP

Los alumnos van a realizar una visita a una estación potabilizadora de aguas de Valladolid durante 1 hora aproximadamente en la que una persona especializada les irá explicando cada una de las etapas que se pueden observar [42].

El agua llega del canal de Castilla y entra en la planta donde primeramente habrá una etapa de pretratamiento con rejillas para la eliminación de sólidos como palos, peces, hojas, etc. A continuación, el agua se trata con hipoclorito de sodio para eliminar gran parte de los microorganismos.

Después se lleva hasta dos torretas de mezcla donde se añaden los reactivos químicos de coagulación y oxidación (sulfato de aluminio y cloruro de hierro). Estos productos provocan que la materia que contiene el agua en suspensión se agrupe formando flóculos, que se depositarán al fondo de los tanques.

El agua se distribuye desde estas dos torretas a los decantadores, donde la materia coloidal que traía el agua se decantará con la ayuda del coagulante.

El agua clarificada pasa a los filtros de arena y posteriormente un tratamiento final en los filtros de carbón activo, donde se consigue eliminar sustancias, olores o sabores residuales.

Por último, se realiza una desinfección final, mediante la adición de hipoclorito sódico, dejando el agua potable apta para el consumo.

Espacios y recursos: Estación depuradora de aguas residuales de Valladolid, Estación potabilizadora de agua Las Eras de Valladolid, autobús para transporte.

Temporalización: 2 sesiones de clase.

Evaluación: Los alumnos elaborarán, de forma individual dos mapas conceptuales de las secuencias de los procesos observados en cada una de las plantas visitadas, depuradora y potabilizadora. Ambos serán evaluados por el profesor.

#### **6.5.7. Actividad 7: Seminario sobre contaminantes del agua**

Descripción:

Esta actividad tratará sobre otros contaminantes del agua no mencionados en las actividades anteriores. Para ello, los alumnos van a visualizar una serie de videos sobre la contaminación por plásticos.

Primero verán un video sobre contaminación de plásticos en el mar (canal Ecología verde) que explica las causas, consecuencias y soluciones a este problema.

A continuación, verán un video sobre caracterización de microplásticos en los sistemas acuáticos de España (canal EFEverde periodismo ambiental de la agencia EFE). En este video se explica la procedencia de los microplásticos que llegan a los ríos y otros sistemas acuáticos y los problemas que pueden acarrear sobre todo en la salud de las personas.

A continuación, los alumnos harán un análisis de los mismos en grupos cooperativos donde comentarán sus impresiones y aportarán medidas eficientes para solucionar los problemas que se plantean. Con esta información, cada grupo elaborará un documento que posteriormente pondrán en común con el resto de grupos realizando un debate sobre la temática.

Espacios y recursos: Aula de clase, proyector, pantalla, videos educativos sobre contaminantes:

<https://www.youtube.com/watch?v=VmNen39jXHE>. [43]

[https://www.youtube.com/watch?v=qFqNr-skd\\_4](https://www.youtube.com/watch?v=qFqNr-skd_4) [44]

Temporalización: 1 sesión de clase.

Evaluación: El profesor evaluará el documento elaborado por cada grupo, además de la observación de la participación en el debate.

## 6.8. Evaluación

### 6.8.1. Evaluación de los alumnos

Cada actividad será evaluada de forma individual utilizando diferentes instrumentos de evaluación con un porcentaje adecuado al tipo de actividad.

Para las prácticas de laboratorio se va utilizar una rúbrica donde se evalúe la preparación de la práctica, la realización de la misma y el informe que debe entregar cada alumno.

Para evaluar el diagrama de flujo se va a utilizar una rúbrica que incluye la actitud, el manejo del programa y el diagrama de flujo realizado por cada grupo.

Para las visitas a la depuradora y potabilizadora, como instrumento de evaluación los alumnos van a entregar dos mapas conceptuales que incluyan todas las etapas que han visto en cada una de las plantas visitadas.

En el seminario de la última actividad se evalúa la actitud y participación de los alumnos en el debate final, así como el documento entregado por cada grupo de trabajo.

Algunos instrumentos de evaluación se muestran en las Tablas 4 y 5.

Tabla 4: Rúbrica de evaluación prácticas de laboratorio

<b>Criterio</b>	<b>Excelente</b>	<b>Bueno</b>	<b>Aceptable</b>	<b>No aceptable</b>
<b>Porcentaje</b>	<b>(10 puntos)</b>	<b>(7 puntos)</b>	<b>(5 puntos)</b>	<b>(&lt; de 5 puntos)</b>
<b>Preparación de la practica</b> <b>20%</b>	Prepara todo el material necesario y entiende el procedimiento.	Prepara gran parte del material necesario y entiende el procedimiento.	Prepara parte del material necesario y tiene un entendimiento básico del procedimiento.	No prepara el material necesario ni entiende el procedimiento.
<b>Realización de la practica</b> <b>30%</b>	Realiza la práctica de forma correcta siguiendo el procedimiento.	Sigue los pasos del procedimiento, pero comete algún error.	Comete errores a la hora de seguir el procedimiento.	No es capaz de seguir el procedimiento y comete errores importantes.

<b>Informe de la práctica</b> <b>50 %</b>	Realiza el informe con todos los apartados con una buena estructura sin errores en lo cálculos y utiliza una redacción clara.	Realiza el informe con todos los apartados con una estructura correcta y redacción aceptable sin errores en lo cálculos.	Realiza el informe con todos los apartados, pero tiene una estructura algo escueta y una redacción aceptable. Presenta algún error en lo cálculos.	Faltan apartados en el informe, los cálculos son erróneos. La redacción no es aceptable.
--	---	--	--	--

Tabla 5 Rúbrica de evaluación del diagrama de flujo

<b>Criterio</b>	<b>Excelente (10 puntos)</b>	<b>Bueno (7 puntos)</b>	<b>Aceptable (5 puntos)</b>	<b>No aceptable (Menos de 5 puntos)</b>
<b>Actitud</b> <b>10%</b>	Presta atención a las explicaciones, no se distrae y hace preguntas.	Presta atención a las explicaciones y no se distrae.	Presta atención a las explicaciones, pero con algunas distracciones.	No Presta atención a las explicaciones y se distrae continuamente.
<b>Manejo del programa</b> <b>30%</b>	Entiende el funcionamiento del programa, y domina el manejo de la barra de herramientas.	Entiende el funcionamiento del programa, no domina del todo la barra de herramientas.	Entiende el funcionamiento del programa, tiene un dominio aceptable de la barra de herramientas.	No Entiende el funcionamiento del programa, no domina del manejo de la barra de herramientas.
	Realiza el diagrama de	Realiza el diagrama de flujo	Realiza el diagrama de	No Realiza el diagrama de

<b>Realización del diagrama de flujo 60 %</b>	flujo correctamente y con una excelente presentación donde explica los pasos a seguir.	correctamente y con una buena presentación.	flujo con algún fallo y con una presentación aceptable.	flujo correctamente y la presentación no es aceptable.
---	--	---	--	---

Para la calificación del conjunto de actividades que constituyen la propuesta didáctica, cada actividad tendrá un peso en la calificación final en función de su duración y la dificultad de la misma:

- Prácticas de laboratorio: 50%
- Diagrama de flujo del proceso de depuración con software: 20%
- Visita a la potabilizadora y la depuradora: 20 %
- Actividad 7: 10 %

#### **6.8.2. Evaluación de la propuesta didáctica**

Para la evaluación de la Propuesta Didáctica una vez implementada, se propone realizar evaluación cualitativa valorando, por parte del docente que la lleva a la práctica, el trabajo desempeñado por los alumnos y sus resultados de aprendizaje, así como el cumplimiento de los objetivos y las dificultades presentadas para realizarlo.

Asimismo, tras la implementación de la propuesta mediante un cuestionario, se recabarán las opiniones del alumnado de forma anónima mediante un cuestionario de opiniones, de grado de satisfacción y de propuestas de mejora por parte de los estudiantes para las distintas actividades.

Con todos estos datos se hará una valoración global de la propuesta didáctica elaborada y de la práctica docente del profesor tras su implementación que proporcionará información para la introducir los ajustes y mejoras que pudieran ser necesarias para el futuro.

#### **6.9. Relación de las actividades con los objetivos de desarrollo sostenible (ODS)**

El proyecto diseñado para los alumnos está relacionado con varios Objetivos de Desarrollo Sostenible. En ellos se resalta la importancia de crear zonas con agua limpia y potable y también de proteger el medio acuático y terrestre. Durante el trabajo

desarrollado por los alumnos, ellos han podido profundizar en las técnicas que se llevan a cabo para el tratamiento de aguas, y los contaminantes que nos podemos encontrar en el medio acuático. Esto les hace concienciarse de los problemas a los que nos enfrentamos en la sociedad si queremos mantener las condiciones óptimas para la vida y un mundo más próspero para las generaciones futuras. A continuación, se muestran los ODS relacionados con la propuesta didáctica.

#### ODS 1: Fin de la pobreza

*“Es necesario erradicar la pobreza en todo el mundo para el 2030. Por lo que se debe fomentar la innovación y el pensamiento crítico en todas las edades para apoyar un cambio transformador en las vidas y comunidades de las personas.*

*Es importante el acceso al agua potable, para reducir las muertes causadas por enfermedades transmitidas por el agua y reducir los riesgos para la salud relacionados con el consumo de agua no potable y la falta de saneamiento”.*

#### ODS2: Hambre cero

*“Se debe crear un mundo libre de hambre para 2030. El problema global del hambre y la inseguridad alimentaria ha mostrado un aumento alarmante desde 2015, una tendencia exacerbada por una combinación de factores que incluyen la pandemia, los conflictos, el cambio climático y la profundización de las desigualdades”.*

#### ODS 6: Agua Limpia y Saneamiento

*“El acceso al agua potable, el saneamiento y la higiene es un derecho humano. Las estrategias clave para encauzar este objetivo incluyen aumentar la inversión y la capacitación en todo el sector, promover la innovación y la acción a partir de pruebas, mejorar la coordinación y la cooperación intersectorial entre todas las partes interesadas y adoptar un enfoque más integrado y holístico de la gestión del agua. El agua es esencial no solo para la salud, sino también para reducir la pobreza, y garantizar la seguridad alimentaria, la paz, los derechos humanos, los ecosistemas y la educación”.*

#### ODS 14: Vida submarina

*“Con este objetivo se pretende conservar y utilizar sosteniblemente los océanos, los mares y los recursos marinos. La existencia humana y la vida en la Tierra dependen de unos océanos y mares sanos.*

*La contaminación marina está alcanzando niveles extremos. Más de 17 millones de toneladas métricas contaminaban el océano en 2021, cifra que se duplicará o triplicará para el año 2040, lo que resulta preocupante. El plástico es el tipo de desecho marino más dañino.*

*En la actualidad, el pH medio del océano es de 8,1, aproximadamente un 30 % más ácido que en la época preindustrial”.*

#### ODS15: Vida en Ecosistemas terrestres

*“Este objetivo busca proteger y restablecer los ecosistemas terrestres, gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras, y detener la pérdida de biodiversidad. Los ecosistemas terrestres son vitales para el sostenimiento de la vida humana, contribuyen a más de la mitad del PIB mundial e incluyen diversos valores culturales, espirituales y económicos”.*

### **6.10. Atención a la diversidad del alumnado**

En el grupo de alumnos para el que se ha diseñado la propuesta no se ha contemplado la presencia de alumnos con dificultades específicas de aprendizaje. (DEA) o alguna necesidad específica de apoyo educativo. (NEAE)

La variedad de actividades, medios y recursos pretende atender a la diversidad de todo el alumnado y sus distintos intereses y motivaciones, según los principios del Diseño Universal de Aprendizaje (DUA).

A pesar de que, dadas las características del grupo de clase considerado, las actividades propuestas no requieren de ninguna medida específica para su implementación, durante su diseño se han valorado medidas para el caso de alguna necesidad sobrevenida que pudiera surgir. Por ejemplo, algún estudiante con discapacidad motora o un algún problema de movilidad temporal sobrevenida, tendrán facilidades en el acceso físico a los diferentes espacios necesarios, y adecuación a su situación para la realización de la actividad.



## 7. REFLEXIONES FINALES Y CONCLUSIONES

Mediante la realización de este Trabajo Fin de Master se han cumplido los objetivos propuestos.

Se ha elaborado una Propuesta Educativa contextualizada, utilizando como hilo conductor el agua que, además de ser imprescindible para la existencia de vida es el compuesto químico más presente y más utilizado en nuestra vida cotidiana. Por ello, la temática elegida permite contextualizar en nuestro día a día contenidos disciplinares de Ciencias, conociendo los procesos necesarios para su tratamientos anterior y posterior a la utilización de la misma. Todo esto contribuye al aumento de la motivación e interés del alumnado.

Los diferentes tratamientos para la potabilización y la depuración del agua son procesos que forman parte de los contenidos de las materias de Física, Química y Biología, por lo que refuerzan el aprendizaje y la comprensión de estas asignaturas a través viendo su utilidad y sus aplicaciones.

En cuanto a las metodologías utilizadas, el marco STEM resulta muy adecuado para esta propuesta didáctica al ser un proyecto transversal donde se trabajan conjuntamente las disciplinas mencionadas.

En este trabajo, las actividades realizadas por los alumnos incluyen como tema central el agua, que está presente de forma directa en bastantes Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030, como son: ODS 2: Hambre cero, ODS 6: Agua limpia y saneamiento, ODS 14: Vida submarina, ODS 15: Vida en ecosistemas terrestres. Asimismo, está relacionado con algunos otros ODS.: ODS 1: Fin de la pobreza, ODS 9: Industria, Innovación e Infraestructuras, ODS13: Acción por el clima, entre otros.

La variedad de actividades en cuanto a sus tipos, recursos y materiales favorece la motivación y el aprendizaje de toda la diversidad del alumnado.

La contextualización de la propuesta en el curso de 2º de Bachillerato parece la más adecuada debido a que la comprensión y el aprendizaje de los diferentes procesos necesitan un nivel de conocimientos de Física y Química que no se alcanza en cursos anteriores. No obstante, la propuesta podría ser implementada en 4º curso de Educación Secundaria Obligatoria adaptando algunas actividades a su nivel de contenidos y profundización en las materias.

Debido a la problemática existente en el 2º curso de BAC, en el que el proceso de enseñanza y aprendizaje está focalizado en la preparación de las Pruebas de Acceso a la Universidad, esto se ha tenido en cuenta en la elaboración de la propuesta presentada. Por ello, se propone su implementación hacia la mitad del curso cuando todavía no están próximas las PAU y, por otro lado, el número de actividades y de sesiones de la propuesta didáctica se ha limitado en su temporalización. A modo de ejemplo, originalmente se contempló la inclusión de otra actividad para conocer la red urbana de distribución y suministro y la red de alcantarillado para las aguas residuales que se centra más en aspectos de la Ingeniería (como parte de la metodología STEM), pero finalmente no ha sido incluida.

La propuesta se ha diseñado para un centro educativo genérico con el objetivo de que puede ser implementada en cualquier centro en el que se imparta la etapa de Bachillerato en la modalidad de Ciencias, que suelen disponer de los espacios y materiales necesarios.

La realización de varias de las actividades que constituyen la propuesta presentada, en grupos de trabajo cooperativo fomenta en el alumnado el desarrollo del pensamiento crítico y de habilidades interpersonales como la responsabilidad en el trabajo grupal, así como el trabajo individual y la resolución de conflictos. También fomenta el aprendizaje entre iguales.

Por último, este proyecto concientiza a los estudiantes sobre la importancia del agua potable, y de la conservación de aguas no contaminadas para la existencia de la vida y, en general, con las problemáticas del agua. Esto es imprescindible en su formación como futuros ciudadanos responsables y respetuosos con el medioambiente.

Como líneas futuras para la continuación de este trabajo se contempla su adaptación para el primer curso de Bachillerato y, sobre todo, para el cuarto curso de Enseñanza Secundaria Obligatoria, ya que en este curso estos aprendizajes llegarían a una mayor diversidad del alumnado.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Sposob, G. (2025 ,13 de mayo.). Agua. *Concepto de agua*. <https://concepto.de/agua/>.
- [2] Resolución 64/292 de 2010 [Asamblea general de las Naciones Unidas]. El derecho humano al agua y el saneamiento. 28 de julio de 2010.
- [3] Organización de las Naciones Unidas. (s.f.). *Objetivos de desarrollo sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- [4] Tratamos el agua. (2025). *La importancia de depurar el agua: definición y procesos*. [https://tratamoselagua.es/la-importancia-de-depurar-el-agua-definicion-y-procesos/?damemas\\_lectura=](https://tratamoselagua.es/la-importancia-de-depurar-el-agua-definicion-y-procesos/?damemas_lectura=)
- [5] iagua. (2025). *¿Como se potabiliza el agua?* <https://www.iagua.es/respuestas/como-se-potabiliza-agua>.
- [6] Balsagua. (2025). *¿Qué es el Saneamiento del Agua y Por Qué es Crucial para la Salud Pública?* <https://balsagua.es/que-es-saneamiento-del-agua/>.
- [7] Hidrotec. (s.f.). Tipos de aguas residuales conoce las diferencias. *Saneamiento*. <https://www.hidrotec.com/blog/tipos-de-aguas-residuales/>.
- [8] Lander, Rodríguez, J. (2020, 15 de diciembre). El proceso de tratamiento de aguas residuales y eliminación de contaminantes emergentes. *Tratamiento de aguas*. <https://www.iagua.es/blogs/lander-rodriguez-jorge/proceso-tratamiento-aguas-residuales-y-eliminacion-contaminantes>.
- [9] IDRICA. (2022, 3 de agosto). Las 4 Etapas del tratamiento de aguas residuales. *Plantas de tratamiento de aguas residuales*. <https://www.idrica.com/es/blog/plantas-de-tratamiento-de-aguas-residuales-etapas/>.
- [10] Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico. (s.f.). *Línea de agua*. [https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/saneamiento-depuracion/sistemas-tratamiento/linea\\_de\\_agua.html](https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/saneamiento-depuracion/sistemas-tratamiento/linea_de_agua.html).
- [11] Instituto del agua. (s.f.). *Desarenador de Aguas Residuales: Su Importancia y Funcionamiento en el Tratamiento del Agua*. <https://institutodelagua.es/aguas-residuales/desarenador-de-aguas-residualesaguas-residuales/>.

[12] Instituto del agua. (s.f.). *Desengrasador de Aguas Residuales: Solucione eficaz para la limpieza ambiental.*

<https://institutodelagua.es/aguas-residuales/desengrasador-de-aguas-residualesaguas-residuales/>.

[13] Instituto del agua. (s.f.). *Coagulación y Floculación: Procesos clave en el tratamiento de Aguas residuales.*

<https://institutodelagua.es/aguas-residuales/coagulacion-floculacion-aguas-residualesaguas-residuales/>.

[14] Tratamos el agua. (2025). *La flotación: una solución eficaz en el tratamiento de aguas residuales. La importancia del tratamiento de aguas residuales.*

[https://tratamoselagua.es/la-flotacion-una-solucion-eficaz-en-el-tratamiento-de-aguas-residuales/?damemas\\_lectura=1](https://tratamoselagua.es/la-flotacion-una-solucion-eficaz-en-el-tratamiento-de-aguas-residuales/?damemas_lectura=1).

[15] Instituto del agua. (s.f.). *Filtración de aguas Residuales: métodos efectivos y su impacto en la sostenibilidad.*

<https://institutodelagua.es/aguas-residuales/filtracion-de-aguas-residualesaguas-residuales/>.

[16] Tratamos el agua. (2025). *El proceso de neutralización en el tratamiento de aguas residuales: Todo lo que debes saber.*

<https://tratamoselagua.es/el-proceso-de-neutralizacion-en-el-tratamiento-de-aguas-residuales-todo-lo-que-debes-saber/>.

[17] Gedar. (s.f.). *Fangos activos*

<https://www.gedar.com/residuales/tratamiento-biologico-aerobio/fangos-activos.htm>.

[18] Instituto del agua. (s.f.). *Esquema de una depuradora de aguas residuales. Entendiendo el proceso de limpieza de agua.*

<https://institutodelagua.es/aguas-residuales/esquema-de-una-depuradora-de-aguas-residualesaguas-residuales/>.

[19] Rothon, Stephen. (2025,11 de junio). *¿Qué es el pH?*

<https://www.significados.com/ph/>.

[20] Carbotecnia. (2021, 9 de abril). *Conductividad en el agua.*

<https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/quimica-del-agua/que-es-la-conductividad-en-el-agua/>.

- [21] Quimitube. (2015). *¿Qué es la dureza del agua y como se determina en el laboratorio?*  
<https://www.quimitube.com/dureza-del-agua/>.
- [22] Proain. (2020,20 de octubre). *Clasificación del agua por su dureza*.  
[https://proain.com/blogs/notas-tecnicas/clasificacion-del-agua-por-su-dureza?srl-tid=AfmBOop0w-dmtK2NzwlZ-LtP1aRI9ihV4FIURefGChm\\_WRpGnfBm5iNg](https://proain.com/blogs/notas-tecnicas/clasificacion-del-agua-por-su-dureza?srl-tid=AfmBOop0w-dmtK2NzwlZ-LtP1aRI9ihV4FIURefGChm_WRpGnfBm5iNg).
- [23] Pro Bueno, A. (2020) *Algunas reflexiones sobre la enseñanza y el aprendizaje de la Física y la Química*. Dpto. Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Murcia.
- [24] Furió, C. et al. (2000) *Deficiencias epistemológicas en la enseñanza de las reacciones ácido-base y dificultades de aprendizaje*. Dpto. Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Valencia.
- [25] Lunelli, B., y Scagnolari, F. (2009). pH Basics. *Science and Education*, 86(2), 1–5.
- [26] Azcona, R., Furió, C., Intxausti, S. y Álvarez, A. (2004). ¿Es posible aprender los cambios químicos sin comprender qué es una sustancia? Importancia de los prerrequisitos. *Alambique*, nº 40, pp. 7-17.
- [27] Ahtee, M. y Varjola, I. (1998). Students' understanding of chemical reaction. *International Journal of Science Education*, nº 20 (3), pp.305-316.
- [28] Jefatura de Estado. *Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo la cual es modificada por la ley Orgánica 3/2020, de 29 de septiembre introduce importantes cambios en la evaluación promoción y titulación de la Educación Secundaria Obligatoria*. Publicado en <BOE> Núm .340.
- [29] Jefatura de Estado. *Real decreto 243/2022, de 5 de abril por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas del Bachillerato*. Publicado en <BOE> Núm. 82.
- [30] Consejería de educación. *Decreto 40/2022, de 29 de septiembre, por el que se establece la ordenación y el currículo del bachillerato en la Comunidad de Castilla y León*. Publicado en <BOE> Núm .190.
- [31] Ferrovial. (s.f.). *¿Qué significa el termino STEM?*  
<https://www.ferrovial.com/es/stem/que-es-stem/>.
- [32] Universae. (2023, 18 de abril). *¿Qué es STEM? y sus ventajas para educación*.  
<https://universae.com/blog/que-es-stem/>.

- [33] Chavarría, C. y Guede-Cid, R. (2023). *La educación STEM como práctica transdisciplinar en educación secundaria y bachillerato*. Revista Iberoamericana de Educación, 92(1), 61-70.
- [34] Herro, D. y Quigley, C. (2017). Exploring teachers' perceptions of STEAM teaching through professional development: implications for teacher educators. *Professional Development in Education*, 43(3), 416-438.69.
- [35] Huri, N. H. D. y Karpudewan, M. (2019). Evaluating the effectiveness of Integrated STEM-lab activities in improving secondary school students' understanding of electrolysis. *Chemistry Education Research and Practice*, 20(3), 495-508.
- [36] Seroy, S. K., Zulmuthi, H. y Grünbaum, D. (2020). Connecting chemistry concepts with environmental context using student-built pH sensors. *Journal of Geoscience Education*, 68(4), 334-344.
- [37] Afoe. (2025). *El aprendizaje cooperativo: qué es, ejemplos, técnicas y roles*  
<https://www.afoe.org/aprendizaje-cooperativo/>.
- [38] Aqualia. (2017, 16 de marzo). *¿Qué es una EDAR y cómo funciona?* [video].  
<https://www.youtube.com/watch?v=Hi2ilunFSWc&t=82s>.
- [39] Aqualia. (2018, 23 de febrero). *Tratamientos para la potabilización del agua*. [video]  
<https://www.youtube.com/watch?v=MyYLLVG8Wkc>
- [40] Imagina. (2025, 23 de abril). *¿Qué es Microsoft Visio? Guía completa*.  
<https://imaginaformacion.com/tutoriales/que-es-microsoft-visio>.
- [41] Ardilu. (2023, 4 de noviembre). *Microsoft Visio profesional 2019 profesional*.  
<https://www.ardilu.com/descargar/microsoft-visio-2019>.
- [42] nscarambiental - "centro educativo sostenible"- JCyL. (2013, 8 de abril). *Estación potabilizadora de agua (ETAP) Las eras*.  
<https://nscarambiental.blog/2013/04/08/estacion-potabilizadora-de-agua-etap-las-eras/>.
- [43] Ecologíaverde. (2021, 31 de enero). *Plásticos en el mar ¡causas, consecuencias y soluciones!* [video].  
<https://www.youtube.com/watch?v=VmNen39jXHE>.
- [44] EFEverde. (2020,30 de julio). *Caracterización de microplásticos en las aguas continentales*[video].  
[https://www.youtube.com/watch?v=qFqNr-skd\\_4](https://www.youtube.com/watch?v=qFqNr-skd_4).

- [45] Guiteras, J; Rubio, R; Fonrodona, G. (2007). *Curso experimental en Química Analítica* (pp. 127-128). Ed síntesis.
- [46] Universidad de Vigo. (2024, 4 de noviembre) *Memoria Coagulación-Floculación*.  
<https://www.studocu.com/es/document/universidade-de-vigo/tecnologia-medioambiental/memoria-de-practica-de-coagulacion-tma-resultados-y-conclusiones/127826696>.
- [47] Química.es. (2025). *Ácido etilendiaminotetraacético*.  
[https://www.quimica.es/enciclopedia/%C3%81cido\\_etilendiaminotetraac%C3%A9tico.html](https://www.quimica.es/enciclopedia/%C3%81cido_etilendiaminotetraac%C3%A9tico.html).
- [48] QAQ. (2015, 15 de febrero). *¿cómo actúa el indicador NET?* (negro de eriocromo T)  
<https://elblogdeqaq.blogspot.com/2015/02/como-actua-el-indicador-net-negro.html>.

## ANEXOS

### ANEXO I: Guion de la práctica de laboratorio: Determinación de pH, conductividad y dureza en muestras de agua.

#### Objetivos

1. Analizar una muestra de agua urbana y determinar el pH, la conductividad y la dureza en el agua.
2. Familiarizarse con las volumetrías complexométricas.

#### Material y reactivos

- pH-metro
- Conductímetro
- Vasos de precipitados de 100 ml
- Matraz Erlenmeyer de 100 ml
- Pipetas graduadas
- Varillas de vidrio
- Buretas de vidrio
- Muestras de agua
- Disolución de AEDT
- Negro de Eriocromo T (NET)
- Disolución tampón de  $\text{NH}_4\text{Cl} / \text{NH}_3$

#### Fundamento Teórico

##### Dureza del agua

Para poder determinar la dureza en el agua es necesario realizar una valoración complexométrica. La cual es una técnica analítica para la determinación de la concentración de iones metálicos, sobre todo de aquellos que forman complejos con los ligandos orgánicos. Se mide el volumen necesario para formar un complejo con un catión metálico del compuesto que se analiza.

Para realizar la valoración se utiliza la sustancia AEDT y Negro de eriocromo T (NET) como indicador.

##### **AEDT o EDTA**

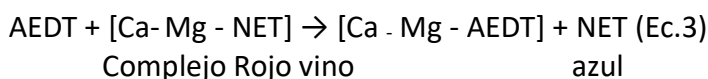
El ácido etilendiaminotetraacético o EDTA ( $\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{N}_2\text{O}_8$ ), es una sustancia utilizada como agente quelante. Se combina con iones metálicos polivalentes en solución para formar complejos coordinados cíclicos de anillo (no iónicos), solubles en agua y virtualmente no disociables. A estos complejos se les conoce como quelatos [47].

##### **Negro de Eriocromo T (NET)**

Es un indicador característico de iones metálicos que se utiliza en la valoración de diversos cationes comunes como el magnesio, y para determinar la dureza del agua.



Las reacciones químicas involucradas en la dureza total son:



## Procedimiento Experimental

Se toma 10 ml de una muestra de agua con la pipeta y se vierten en vasos de precipitados. A continuación, se introduce el electrodo del pH-metro (ya calibrado) en el vaso de precipitados 2 cm, y se anota el valor de la pantalla.

Se realizan varias medidas con muestras de agua diferentes.

Se toman 10 ml una de las muestras de agua con la pipeta y se vierte en un vaso de precipitados.

Se introduce la sonda del conductímetro (ya calibrado) en el vaso de precipitados y se anota el valor de la pantalla.

Se realizan varias medidas con muestras de agua diferentes.

Para determinar la concentración total de calcio y magnesio en el agua se sigue el siguiente procedimiento:

- Se toman 25 mL de una muestra de agua con una pipeta y se vierten en un vaso de precipitados, se le añaden varias gotas de la disolución tampón  $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$  hasta pH 10 medido con el pH-metro.
- Se traspasa a un matraz y se añade el indicador NET
- Se realiza la valoración con la disolución estandarizada de AEDT 0,005M hasta que se produce el viraje de rojo vino a azul.
- Anotarán el volumen gastado de AEDT.
- Se calcula la concentración total de magnesio y calcio expresada en mg/L de  $\text{CaCO}_3$ .

## **ANEXO II: Guion de la práctica de laboratorio: Procesos de Coagulación-Floculación**

### **Objetivos**

1. Buscar el coagulante más eficaz y la dosis adecuada a un pH óptimo.
2. Conocer algunas técnicas de separación en el tratamiento de aguas residuales urbanas.

### **Material y reactivos**

- 3 vasos de precipitados de 250 ml
- 3 probetas de 25 ml
- Pipetas graduadas
- Agitador magnético
- pH-metro o tornasol
- Cronómetro
- Agua residual
- NaOH (ac)
- HCl (ac)
- Cloruro férrico (30g/l)
- Sulfato férrico (30 g/l)
- Cloruro de aluminio (30 g/l)

### **Fundamento teórico**

El proceso de coagulación – floculación es una técnica química de tratamiento de agua que se aplica antes de un proceso físico de separación como puede ser sedimentación y filtración, con el fin de mejorar la capacidad de eliminación de las partículas.

**La coagulación** es el proceso de desestabilización y posterior agregación de partículas en suspensión coloidal presentes en el agua para poder eliminarlas.

Para llevarlo a cabo se añaden iones de signo contrario al del coloide (coagulantes) que neutralizan las cargas eléctricas y hace que las partículas tiendan a unirse entre sí.

**La floculación** es la aglomeración de partículas desestabilizadas en microflóculos y después en los flóculos más grandes.

### **Procedimiento Experimental**

#### **Primera etapa: Selección del coagulante idóneo**

1. Se toman 200 ml de una muestra de agua residual y se vierten en tres vasos de precipitados.
2. Se mide el pH de cada vaso de precipitados.
3. Se pone en marcha el agitador magnético a una velocidad de 100 rpm.
4. Con una pipeta se toman 10 ml de cada coagulante y se vierten en cada uno de los vasos de precipitados donde se encuentra la muestra de agua residual.

5. Se agita durante 1 minuto para homogeneizar la mezcla y provocar la coagulación.
6. Se disminuye la velocidad a 50 rpm y se vuelve a agitar durante 3 minutos para conseguir la floculación.
7. Se deja reposar para que puedan sedimentar los flóculos formados.
8. De forma visual se observa en que vaso de precipitados se han formado flóculos de mayor tamaño y mayor claridad de agua.

**Segunda etapa: Optimización del pH**

1. Se toman 200 ml de una muestra de agua residual y se vierte en tres vasos de precipitados.
2. En uno de los vasos de precipitados se añade HCL, en otro NaOH y en el otro se deja la muestra tal cual.
3. Se mide el pH de cada vaso de precipitados.
4. Se pone en marcha el agitador magnético a una velocidad de 100 rpm.
5. Con una pipeta se toman 10 ml de coagulante y se vierte en cada uno de los vasos de precipitados donde se encuentra la muestra de agua residual.
6. Se agita durante 3 minutos para homogeneizar la mezcla y provocar la coagulación.
7. Se disminuye la velocidad a 50 rpm y se vuelve a agitar durante 12 minutos para conseguir la floculación.
8. Se deja reposar para que puedan sedimentar los flóculos formados.
9. De forma visual se observa en que vaso de precipitados se han formado flóculos de mayor tamaño y mayor claridad de agua.

**Tercera etapa: Optimización de la dosis de coagulante**

1. Se toman 200 ml de una muestra de agua residual y se vierte en tres vasos de precipitados.
2. Se mide el pH de cada uno de los vasos de precipitados y se aumenta o disminuye hasta el valor óptimo de pH medido en la anterior etapa.
3. Se pone en marcha el agitador magnético a una velocidad de 100 rpm.
4. En cada vaso de precipitados se añaden diferentes dosis del coagulante seleccionado en la primera etapa con la pipeta graduada.
5. Se agita durante 3 minutos para homogeneizar la mezcla y provocar la coagulación.
6. Se disminuye la velocidad a 50 rpm y se vuelve a agitar durante 12 minutos para conseguir la floculación.
7. Se deja reposar para que puedan sedimentar los flóculos formados.
8. De forma visual se observa en que vaso de precipitados se han formado flóculos de mayor tamaño y mayor claridad de agua.

**ANEXO III. Ejemplo diagrama de flujo en Visio**

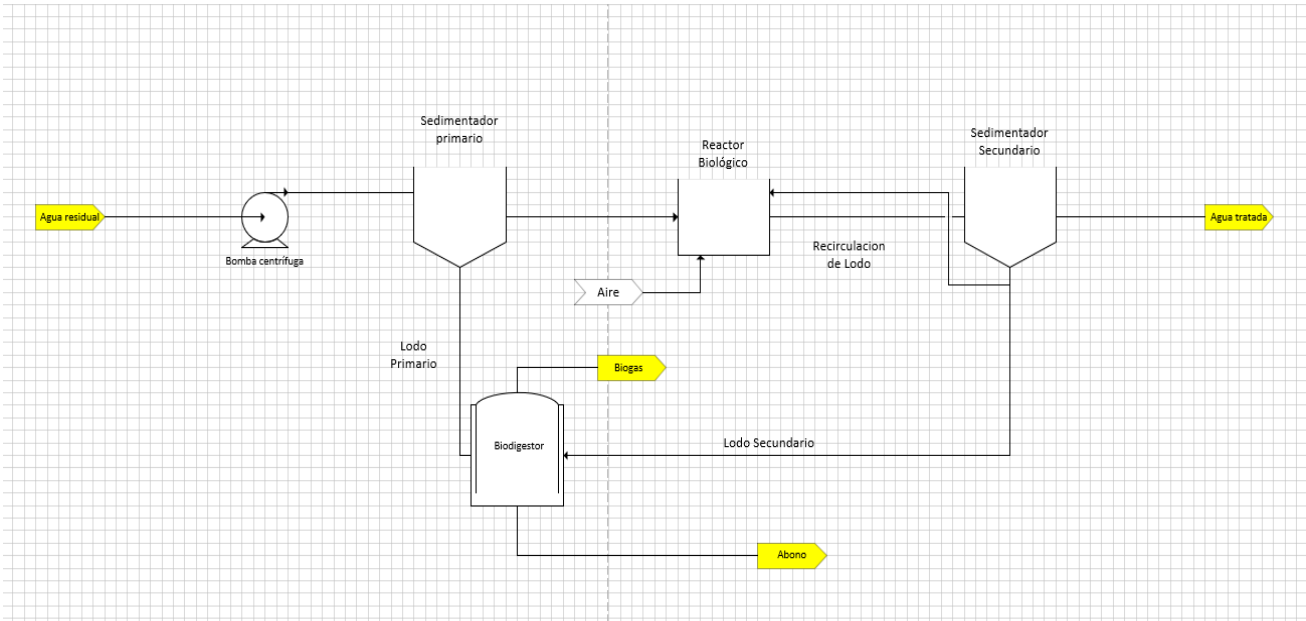


Figura 7: Diagrama de flujo en Visio