



Universidad de Jaén
Centro de Estudios de Postgrado

Trabajo Fin de Máster

**UNIDAD DIDÁCTICA
“FUNDAMENTOS DE LAS
REACCIONES
QUÍMICAS”**

Alumno/a: Ruiz Martos, Lucía

Tutor/a: Prof. D. Antonio Medina Rincón
Dpto: Fundación Educativa José Gras (Colegio
Cristo Rey-Jaén)

Septiembre, 2023

La Real Academia Española expone que “En los sustantivos que designan seres animados, el masculino gramatical no solo se emplea para referirse a los individuos de sexo masculino, sino también para designar la clase, esto es, a todos los individuos de la especie, sin distinción de sexos”, de manera que en el transcurso de este documento, usaremos el género masculino en su forma plural, sin que ello implique connotaciones sexistas.

ÍNDICE

1. RESUMEN y ABSTRACT	5
2. INTRODUCCIÓN	6
3. FUNDAMENTACIÓN EPISTEMOLÓGICA	8
3.1. Antecedentes	8
3.1.1. La antigüedad	8
3.1.2. La Antigua Grecia: los elementos y los átomos	9
3.1.3. La khemeia greco-egipcia	11
3.1.4. La <i>al-kimiya</i> árabe	11
3.1.5. El despertar de la alquimia en Europa	12
3.1.6. El fin de la alquimia	13
3.1.7. El origen de la química moderna	15
3.1.8. Pioneros de la química de las reacciones	16
3.2. Fundamentación teórica	23
3.2.1. Representación y ajuste de reacciones químicas	25
3.2.2. Las leyes de las reacciones químicas	28
3.2.3. Mecanismo de una reacción química	30
3.2.4. Cinética de las reacciones químicas	33
3.2.5. Cálculos con ecuaciones químicas	35
3.2.6. Reacciones de interés: la importancia del medio ambiente y las repercusiones del cambio climático	37
3.3. Fundamentación didáctica	40
3.3.1. Exploración de ideas previas del alumnado	41
3.3.2. Aprendizaje cooperativo	43
3.3.3. Flipped classroom	45
3.3.4. Aprendizaje Basado en la Indagación (ABI)	46
3.3.5. Utilización de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC)	47
4. PROYECCIÓN DIDÁCTICA	48
4.1. Justificación de la elección de la unidad didáctica	48
4.2. Normativa educativa de referencia	49
4.3. Contextualización	51
4.3.1. La clase	51
4.3.2. Características del alumnado	52

4.4.	Objetivos	53
4.4.1.	Objetivos establecidos para la etapa educativa	53
4.4.2.	Objetivos globales de la asignatura de Física y Química	55
4.4.3.	Objetivos concretos de la presente unidad didáctica	56
4.5.	Competencias clave	56
4.6.	Contenidos	58
4.6.1.	Metodología	59
4.6.2.	Temporalización	60
4.6.3.	Sesiones de trabajo	61
4.7.	Evaluación	74
4.7.1.	Criterios de evaluación	74
4.7.2.	Estándares de aprendizaje evaluables	75
4.7.3.	Procedimientos e instrumentos de evaluación y calificación del aprendizaje	76
4.8.	Otros elementos curriculares	80
4.8.1.	Elementos transversales	80
4.8.2.	Medidas de atención a la diversidad	80
4.9.	Técnicas educativas innovadoras	81
5.	ADAPTACIÓN Y MEJORA DE LA PROYECCIÓN DIDÁCTICA A LA LOMLOE	82
5.1.	Saberes básicos	83
5.2.	Competencias específicas	84
5.3.	Criterios de evaluación	85
5.4.	Situaciones de aprendizaje	87
6.	CONCLUSIONES	87
7.	BIBLIOGRAFÍA	89
8.	ANEXOS	92

1. RESUMEN y ABSTRACT

Desde épocas ancestrales, el ser humano ha experimentado la curiosidad de entender los cambios naturales que suceden en su entorno, tanto en lo físico como en lo químico. Esta búsqueda de conocimiento ha llevado a la humanidad a descubrir diversas teorías y saberes que han evolucionado con el tiempo.

En el presente Trabajo Final de Máster (TFM) se elabora la unidad didáctica titulada "Fundamentos de las reacciones químicas". Esta unidad ha sido diseñada para ser impartida en la asignatura de Física y Química de cuarto curso de Educación Secundaria Obligatoria, y forma parte del bloque 3, que trata sobre "Los cambios". Esta propuesta educativa presenta una base epistemológica que abarca los acontecimientos y personalidades más significativos en la historia de la química. Además, proporciona una justificación tanto teórica como didáctica para su implementación.

En la propuesta didáctica se describen todos los componentes curriculares de acuerdo con la legislación educativa correspondiente, así como las 10 sesiones que conforman esta unidad didáctica. Esta unidad incorpora actividades basadas en diversas metodologías, como la identificación de conocimientos previos, el aprendizaje cooperativo, el enfoque de aula invertida (*Flipped classroom*), el aprendizaje basado en la indagación y la utilización de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC). A través de la implementación de estas metodologías, se busca estimular el interés de los estudiantes por la ciencia, en particular por la química, y fomentar el pensamiento crítico. Además, se hace énfasis en hacer que los estudiantes sean responsables de su propio proceso de aprendizaje.

Palabras clave: unidad didáctica, reacciones químicas, aprendizaje cooperativo, aprendizaje basado en la indagación, TIC.

Since ancient times, humans have experienced the curiosity to understand the natural changes that occur in their environment, both in the physical and chemical aspects. This quest for knowledge has led humanity to discover various theories and insights that have evolved over time.

In this Master's Thesis (TFM), a didactic unit titled "Fundamentals of Chemical Reactions" is being developed. This educational unit has been carefully designed to be taught in the fourth year of Compulsory Secondary Education, specifically in the subject of Physics and Chemistry, and is part of Block 3, which focuses on "Changes." This educational proposal presents an epistemological foundation that encompasses the most significant events and prominent figures in the history of chemistry. Furthermore, it provides both theoretical and didactic justification for its implementation.

In the didactic proposal, all curricular components are described in accordance with the relevant educational legislation, along with the 10 sessions that constitute this didactic unit. This unit incorporates activities based on various methodologies, such as identifying prior knowledge, promoting cooperative learning, employing the Flipped Classroom approach, fostering inquiry-based learning, and utilizing Information and Communication Technologies (ICT). Through the implementation of these methodologies, the goal is to stimulate students' interest in science, particularly in chemistry, and cultivate their critical thinking skills. Additionally, there is an emphasis on encouraging students to take responsibility for their own learning process.

Keywords: *didactic unit, chemical reactions, cooperative learning, inquiry-based learning, TIC.*

2. INTRODUCCIÓN

En este Trabajo Fin de Máster (TFM), se desarrolla una propuesta de unidad didáctica titulada "Fundamentos de las reacciones químicas", la cual está diseñada para estudiantes de cuarto curso de Educación Secundaria Obligatoria, específicamente en la materia de Física y Química. Durante la ejecución de esta unidad, se explican de forma profunda y con ejemplos los conceptos fundamentales y contenidos relacionados con las reacciones químicas, tales como el mecanismo y la energía asociada a una reacción química, el mol, cálculos estequiométricos, la teoría de las colisiones, la teoría cinético-molecular, la ley de conservación de la masa y la cinética de las reacciones químicas.

El presente trabajo académico se encuentra estructurado en dos secciones bien distinguidas. En la primera sección (A) se aborda la evolución de la química, desde sus inicios hasta la actualidad, con énfasis en las personalidades más importantes de la ciencia. Además, de la fundamentación teórica que respalda esta propuesta, enfocada en los conceptos y teorías claves relacionados con la química, y que conforman el contenido de la unidad didáctica.

En esta sección (A), se ha incluido la fundamentación didáctica, la cual contempla diversas metodologías para la enseñanza. Entre ellas, se destacan la identificación de las ideas previas en el alumnado, el aprendizaje cooperativo, el aprendizaje basado en la indagación y el uso de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC). Estas metodologías son innovadoras, y su utilización permite el desarrollo de un aprendizaje eficaz y significativo en los estudiantes. Cada una de estas estrategias contribuye a alfabetizar científicamente a los alumnos, dotándolos de una comprensión más correcta sobre la naturaleza de la ciencia. Además, estas nuevas

formas de enseñanza les permiten a los alumnos adoptar un rol activo en su propio aprendizaje, estimulando la motivación y mejorando su aprendizaje.

En la segunda sección (B) se detalla la proyección didáctica de la unidad. En ella se incluyen aspectos relevantes como la legislación educativa empleada para llevar a cabo la unidad didáctica, así como la contextualización de la clase. Además, se exponen los objetivos del plan de estudios, las competencias clave, los contenidos abordados en la unidad, la metodología utilizada, la planificación temporal, la descripción detallada de las sesiones de trabajo, el procedimiento de evaluación, los elementos transversales, las medidas de atención a la diversidad y un apartado dedicado a técnicas educativas innovadoras. De esta forma, se busca ofrecer una unidad didáctica detallada y completa que aborde todos los aspectos necesarios y relevantes para garantizar un aprendizaje significativo en los estudiantes.

El objetivo general de este TFM es brindar una explicación completa y clara de los fundamentos de las reacciones químicas, para promover el interés de los alumnos en esta materia y mejorar su comprensión.

Con el fin de lograr el objetivo general establecido, será esencial abordar varios objetivos específicos, tal como se muestran a continuación:

- Desarrollar una unidad didáctica acorde con el fundamento epistemológico propuesto y el currículo educativo vigente, que sea realista y efectiva para el aprendizaje de los estudiantes.
- Motivar al alumnado mediante formas de trabajo y actividades didácticas innovadoras que les permitan comprender y aplicar los conceptos de Física y Química de manera significativa.
- Fomentar el pensamiento crítico entre los estudiantes por medio de una educación científica adecuada, incentivando su participación e interés en la ciencia y permitiéndoles ser partícipes de su proceso de aprendizaje.
- Acercar el conocimiento científico, en particular la Química, al alumnado, ayudándoles a comprender su impacto en la vida cotidiana.
- Reflexionar de manera personal sobre la contribución de este Máster, en concreto del presente trabajo, a mi desarrollo como futura docente.
- Demostrar la adquisición de las competencias profesionales docentes para las que habilita este Máster mediante la presentación de este TFM de calidad y coherente con los objetivos establecidos.

De esta manera, se busca alcanzar objetivos educativos y didácticos de calidad, que permitan una formación completa y adecuada a los estudiantes en el campo de la Física y la Química, además de formar a docentes competentes y profesionales.

3. FUNDAMENTACIÓN EPISTEMOLÓGICA

3.1. Antecedentes

Desde la antigüedad, el ser humano ha demostrado un gran interés por los cambios que suceden en su entorno y ha intentado dar explicación a estos fenómenos. Este deseo por entender los cambios ha llevado al hallazgo de conocimientos, teorías y aplicaciones que han evolucionado con el tiempo. La interpretación de estos descubrimientos y su contextualización puede comprenderse a través de la observación de la sociedad, la cultura y los recursos disponibles en cada época. En resumen, el interés humano por comprender el mundo que lo rodea ha sido primordial para el progreso del conocimiento y el avance de la ciencia.

Para lograr entender con éxito cómo se llegó a los conocimientos actuales en química a través de la transformación de las teorías antiguas, es fundamental tener un conocimiento de la historia de esta disciplina. Por lo tanto, se realizará un análisis de los principales eventos y personajes más importantes de cada época que influyeron en el desarrollo de la química. De esta forma, se podrá realizar un seguimiento de la trayectoria histórica de la química y comprender cómo se fueron adquiriendo los conocimientos que impulsaron el desarrollo de esta disciplina a lo largo del tiempo.

3.1.1. La antigüedad

Con el paso de los años, todas las sociedades desde la prehistoria han mostrado interés y se han involucrado en el estudio de la materia y de los fenómenos naturales. Gracias al interés por los cambios físicos y químicos ocasionados a su alrededor, la humanidad ha logrado aprovechar los beneficios derivados de los descubrimientos realizados en este campo del conocimiento.

El descubrimiento del fuego ha sido un momento primordial en la historia del hombre, se ha considerado uno de los acontecimientos más importantes. El fuego se convirtió en una herramienta importante para el hombre, utilizándolo para calentar, iluminar, cocinar alimentos, como utensilio de caza, también posibilitó cocer el barro para fabricar recipientes o ladrillos, así como para elaborar objetos de vidrio, cerámicas, etc. Aprender a manejar el fuego permitió al hombre trabajar con herramientas hechas de piedra, hueso o madera, dando comienzo el período que se conoce como Edad de Piedra. Sin embargo, con el transcurso del tiempo, el ser humano comenzó a enfocarse en la utilización de metales como el cobre, el bronce o el hierro, lo que dio lugar a las distintas etapas conocidas como Edad de los Metales (6000 a.C. - 1000 a.C.) (Asimov, 2006).

Los orígenes del término “química” se remontan al Antiguo Egipto, una civilización influenciada por la cultura griega. De acuerdo con las teorías sobre la

etimología del vocablo *khemeia*, precursor del término moderno “química”, una sugiere que proviene de la palabra griega *khumos*, que significa “arte de extraer jugos” o “arte de la metalurgia”. Por otra parte, la otra teoría establece que *khemeia* se deriva del egipcio y su significado es “arte egipcio”; esto se debe a que Kham era el nombre del país (Asimov, 2006).

3.1.2. La Antigua Grecia: los elementos y los átomos

➤ Los elementos

El estudio del Universo, incluyendo la estructura, composición y los cambios que experimentan los materiales que lo componían, empezó a despertar interés en los filósofos griegos alrededor del año 600 a.C. Durante este tiempo, surgió una teoría dominante que postulaba que toda la materia estaba formada por un único elemento, a partir del cual se formaban todas las demás sustancias.

A pesar de que existía un acuerdo general, cada filósofo sostenía que el elemento principal era uno diferente. El concepto de "elemento" que se manejaba en esta época no se relaciona con la definición actual. **Tales de Mileto** (640-546 a.C.) defendía que el agua era el elemento primordial a partir del cual se originaban el resto de sustancias. Más tarde, **Anaxímenes de Mileto** (585-528 a.C.), quién fue discípulo de Tales, pensaba que el elemento primordial era el aire, mientras que **Heráclito de Éfeso** (540-480 a.C.) sostenía que se trataba del fuego. Por último, **Empédocles de Agrigento** (490-430 a.C.) fue la figura que identificó los tres elementos mencionados previamente e introdujo un cuarto elemento, que era la tierra (Vizguín, 1991).

Posteriormente, **Aristóteles** (384-322 a.C.) asumió la teoría de los 4 elementos, pero creía que estos surgían de la combinación de dos pares de propiedades que no podían combinarse: frío/calor y humedad/sequedad. De acuerdo con la teoría de Aristóteles, cada uno de los cuatro elementos (agua, aire, fuego y tierra) surgía de la combinación de estas propiedades opuestas: calor/sequedad para el fuego, sequedad/frío para la tierra, frío/humedad para el agua, y humedad/calor para el aire (Vizguín, 1991). La representación esquemática de esta teoría se puede ver en la Figura 1.

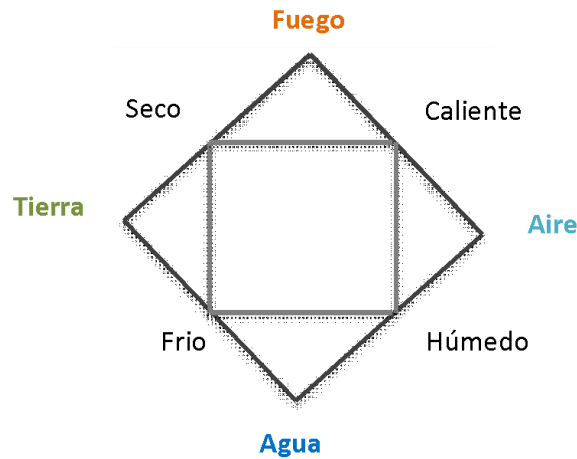


Figura 1. Esquema general de los <<cuatro elementos>> de Aristóteles y de sus propiedades.
(Fuente: elaboración propia).

Finalmente, Aristóteles propuso la existencia de un quinto elemento, conocido como el "éter" o la "quintaesencia". Según su interpretación, este elemento compone el cielo y se caracteriza por su incorruptibilidad, perfección y eternidad (Arenzana, 2008). Esta teoría de los cinco elementos influyó en la forma en la que se entendía el mundo durante más de dos milenios, hasta los siglos XVII y XVIII con el surgimiento de la Química Moderna.

➤ Los átomos

La filosofía griega también trató temas referidos a la divisibilidad de la materia. **Leucipo de Mileto**, en torno al 450 a.C., manifestó que la materia podía ser dividida en fragmentos cada vez más diminutos que, al final, conducirían a una partícula indivisible. Su discípulo, **Demócrito de Abdera** (470-380 a.C.), denominó a esta partícula "átomo", y así surgió la teoría del atomismo. Según Demócrito, cada elemento está compuesto de átomos con formas y tamaños diferentes, los cuales les otorgan a los elementos sus distintas propiedades. Además, afirmó que la combinación de diferentes átomos conforma una sustancia real que puede transformarse en otra sustancia al alterar la composición de los átomos. También argumentó que la existencia del mundo reside en los átomos, en contraposición a la tradicional creencia de que los dioses eran los responsables (Ravaschino, 2011).

La teoría atomista propuesta por Demócrito no fue bien recibida en un principio, incluso fue rechazada por varios filósofos griegos, entre ellos Aristóteles. A pesar de esto, la teoría atomista fue adoptada posteriormente por **Epicuro de Samos** (342-270 a.C.) quién afirmaba que todo estaba compuesto por átomos indivisibles y que el mundo estaba gobernado por leyes naturales. Sus pensamientos se centraban

en la búsqueda de la felicidad a través de la amistad, una vida simple y la eliminación del dolor y la ansiedad. **Tito Lucrecio Caro** (95-55 a.C.) plasmó la teoría en su poema "*De Rerum Natura*", el cual es conocido hoy en día por contener importantes escritos sobre el atomismo (Asimov, 2006).

3.1.3. La *khemeia* greco-egipcia

En el 323 a.C., **Ptolomeo I**, un general de Alejandro Magno, fundó en Egipto un templo llamado el "Museo". Este templo estaba dedicado a las musas y funcionaba como un centro de investigación similar a los que conocemos actualmente. En particular, en este templo se alojaba la Biblioteca de Alejandría. El trabajo realizado estaba estrechamente relacionado con las ceremonias religiosas de la época, lo que en algunos casos dificultó el avance científico. Además, la combinación del arte egipcio (*khemeia*) y la teoría griega en este templo, limitó el avance de la *khemeia* en los años siguientes. Los avances científicos obtenidos se solían escribir con símbolos para evitar que otros investigadores los conocieran, lo que impidió la transmisión de los conocimientos científicos (Asimov, 2006).

Bolos de Mendes, un alquimista que vivió entre los siglos III y II a.C., fue el promotor de la *khemeia* greco-egipcia. Sus investigaciones se centraron en la obtención de los cuatro materiales más valiosos en la química de la época: púrpura, piedras preciosas, plata y oro (Asimov, 2006).

Durante la época romana, el emperador **Diocleciano** (244-311 d.C.) contribuyó al declive de la *khemeia* al considerar que la producción de oro a partir de metales más asequibles podría ocasionar la caída de la economía. Otra razón importante de este declive fue el auge del cristianismo, que veía estas acciones como paganas. El museo y la Biblioteca de Alejandría fueron prácticamente destruidos durante los disturbios cristianos. Estos eventos llevaron a que la *khemeia* se practicara de forma clandestina (Santos, 2006).

3.1.4. La *al-kimiya* árabe

A partir del siglo VII, se produjo la llegada de la alquimia árabe. Durante este período, el vocablo *khemeia* evolucionó al término *al-kimiya*, producto de la combinación del artículo árabe *al* que significa "la" con la palabra *khemeia*. La *al-kimiya* se caracterizó por un mayor énfasis en la química experimental y por el descubrimiento de nuevos compuestos y purificación de los conocidos. Finalmente, este término fue adoptado en Europa como *Alquimia*, y aquellos que se dedicaban a esta disciplina eran conocidos como *alquimistas* (Asimov, 2006).

El científico musulmán **Jabir ibn Hayyan** (721-815), también conocido como Geber, destinó gran parte de su vida a la alquimia. Es considerado una de las figuras más influyentes en esta área, y dentro de sus escritos destacan sus estudios sobre la transmutación de los metales en oro. Geber propuso una teoría que difería de la de los 4 elementos de Aristóteles. Según esta teoría, los metales estarían compuestos por azufre (combustible) y mercurio (volátil). Además, a Geber también se le atribuye la invención del término *al-iksir*, también conocido como la "piedra filosofal" en Occidente, para referirse a una sustancia con el poder de transmutar los metales en oro, así como para curar enfermedades e incluso prolongar sus vidas. Según Geber, la clave para obtener oro radicaría en encontrar esa sustancia con la cantidad exacta de mercurio y azufre para lograr la transmutación (Iñigo Fernández, 2010).

Geber llevó a cabo importantes contribuciones en la química en su época. Sus escritos incluyeron técnicas avanzadas para la época que serían utilizadas luego por otros alquimistas. Entre sus mayores aportaciones se incluye la síntesis de diversos compuestos, como el cloruro de amonio, el ácido nítrico diluido, el carbonato de plomo y el ácido acético, mediante la destilación del vinagre (Asimov, 2006).

Entre los alquimistas árabes más relevantes se encuentra **Al-Razi** (865-925), un persa que realizó importantes contribuciones al campo de la alquimia. Al-Razi añadió la sal (un componente no inflamable, ni volátil), como el tercer componente de la materia a la teoría anteriormente desarrollada por Geber. El alquimista logró producir cloruro de amonio y ácido sulfúrico. Además, sus escritos describen el antimonio metálico y el procedimiento para inmovilizar huesos rotos, lo que sentó las bases de la medicina alquímica (Iñigo Fernández, 2010).

Ibn Sina (980-1037), también conocido como Avicena debido a la latinización de su nombre, fue considerado el médico más importante de su tiempo. A pesar de su distinguido papel en la medicina, Avicena no compartía la creencia de que los metales pudieran ser convertidos en oro (Iñigo Fernández, 2010).

Durante la época árabe se empleó una nomenclatura química que aún es utilizada en la actualidad, como alambique, alcohol, álcali, garrafa y nafta, entre otros.

3.1.5. El despertar de la alquimia en Europa

En este período de la historia de la alquimia, se produjo un cambio significativo en la investigación. Se inició una mejora en el proceso de destilación de compuestos, tales como el alcohol, y se introdujeron nuevos utensilios de laboratorio como los embudos, matraces y vasos de vidrio. Con esto, surgió una nueva idea de la química, que se centró en la investigación y se alejó del objetivo de transmutación de los

metales. Además, se desarrollaron mayores intereses en la mineralogía y en la creación de medicamentos de mayor eficacia.

La difusión de la alquimia en Europa comenzó en el año 1200, debido a las Cruzadas, en las cuales asimilaron los hallazgos alquimistas anteriores. El término *al-kimiya* derivó en "alquimia" y "alquimistas" en Europa para referirse a quienes trabajaban en este campo (Asimov, 2006). Durante la Edad Media, el objetivo principal de los alquimistas era transformar metales en oro y alcanzar la inmortalidad. En su búsqueda de estos objetivos aparentemente inalcanzables, los alquimistas descubrieron una gran variedad de elementos y compuestos, y mejoraron técnicas e instrumentos de laboratorio.

Alberto Magno (1206-1280) es considerado uno de los primeros alquimistas relevantes en Europa. Fue él quien descubrió el arsénico, el cual fue objeto de un profundo estudio en sus trabajos. También es reconocido como pionero en la elaboración de agua regia, una sustancia química obtenida a partir de la mezcla de ácido clorhídrico y ácido nítrico (Iñigo Fernández, 2010).

Por otro lado, **Roger Bacon** (1214-1292), filósofo inglés y alquimista, preservó la experimentación en la ciencia y se opuso al mero razonamiento basado en principios generales sin respaldo experimental. Uno de sus triunfos más destacados fue la descripción de la pólvora negra (Iñigo Fernández, 2010).

El alquimista más destacado del medievo es conocido bajo el pseudónimo de Geber o **falso Geber**, y se cree que vivió en torno al año 1300. Sus contribuciones incluyen una descripción detallada del proceso de obtención de ácido nítrico y ácido sulfúrico concentrados (Asimov, 2006).

3.1.6. El fin de la alquimia

Con la llegada de la Revolución Científica en el siglo XVI, se produjo un cambio radical para la alquimia, ya que se centró en la investigación de temas más prácticos y útiles, alejándose progresivamente del objetivo de la transmutación de los metales. Con este cambio de enfoque, finalizó el período de la alquimia y dio lugar a la aparición de personajes destacados que hicieron importantes contribuciones en el ámbito de la ciencia.

Georgius Agricola (1494-1555), también llamado Agrícola, fue un alquimista alemán que realizó importantes aportaciones a la investigación sobre la mineralogía. Su obra más destacada, *"De Re Metallica"* (*Sobre la Metalurgia*), es una exhaustiva exploración del conocimiento existente sobre los minerales y la metalurgia de esa época. Agrícola describe en detalle la maquinaria, metodología e instrumentos necesarios para la extracción de minerales, y proporciona una minuciosa definición de

los minerales extraídos. Esta destacada obra de Agrícola permitió que la mineralogía consolidara como una ciencia (Asimov, 2006; Iñigo Fernández, 2010). En la siguiente figura se muestra a Agrícola y la portada de dicho libro (Figura 2).

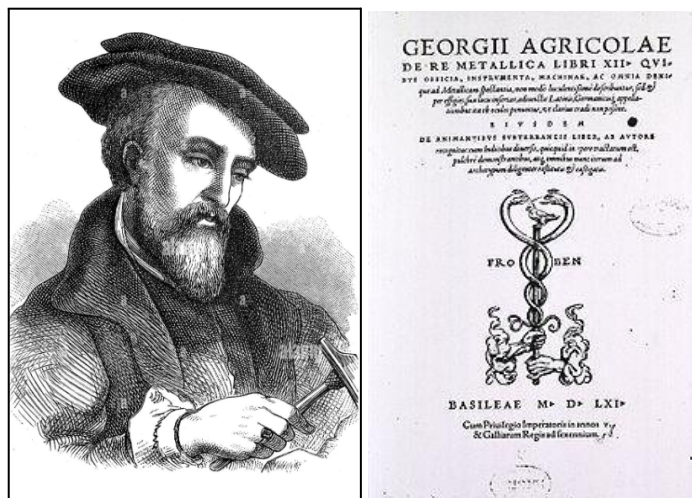


Figura 2. George Agrícola y portada del libro “De Re Metallica”. (Fuente: Wikipedia).

En esta época, **Teofrasto Paracelso** (1493-1541) destacó como alquimista, astrólogo y médico suizo. A diferencia de otros alquimistas, Paracelso no consideraba que el objetivo de la alquimia fuera la transmutación de los metales, sino que tenía como finalidad la búsqueda de remedios para curar enfermedades a través de la obtención de medicamentos. Esta idea se conoció como *latroquímica*. El alquimista suizo también aceptaba la teoría griega de los cuatro elementos (agua, aire, fuego y tierra) y la perspectiva árabe de los tres elementos (mercurio, sal y azufre). Uno de los mayores logros de Paracelso fue la formulación de remedios utilizando compuestos inorgánicos, en lugar de utilizar exclusivamente plantas medicinales. Además, Paracelso logró obtener zinc en su estado puro, lo que supuso una importante contribución para la ciencia de su época (Asimov, 2006).

Andreas Libavius (1550-1616) fue un destacado médico y alquimista alemán. Aunque fue muy crítico con los excesos de Paracelso, Libavius compartió la idea de que la alquimia tenía por objetivo ayudar a la medicina. Además, realizó valiosas contribuciones en la ciencia, como el descubrimiento de múltiples aplicaciones del cloruro de estaño, que posteriormente se llamó el *licor de Libavius*. En su obra titulada “*Alquimia*”, describió en detalle la preparación de varios ácidos fuertes. En su trabajo, este alquimista describió la preparación de una solución conocida como agua regia (mezcla de ácido nítrico y clorhídrico 1:3), solución reconocida por su capacidad para disolver el oro. Este libro fue la primera obra sobre química sin misticismo conocida, tal como destaca Pellón González (2014).

Otro ilustre alquimista de este periodo fue **Johann Thölde** (1565-1614). En su obra *“El carro triunfal del antimonio”* (1646) detalló minuciosamente los usos medicinales del antimonio y sus derivados (Asimov, 2006).

Por otro lado, **Johann Rudolf Glauber** (1604-1668), fue un farmacólogo y alquimista alemán, que descubrió una técnica efectiva para producir ácido clorhídrico mediante la combinación de ácido sulfúrico y sal común. Glauber observó que el residuo que se formaba, el sulfato sódico (más tarde conocida como la "sal de Glauber" en su honor), tenía propiedades laxantes (Asimov, 2006).

Francisco Sylvius (1614-1672), otro eminente científico y médico alemán vinculado a la práctica de la *iatroquímica*. Sylvius sostenía la idea de que las enfermedades surgían como consecuencia de un desequilibrio químico entre lo básico y lo ácido en el cuerpo humano. Además de su teoría, es conocido por haber descubierto un tratamiento basado en alcohol de cereal para los problemas renales (Campohermoso-Rodríguez et al., 2020).

Finalmente, durante esta época también se hizo notoria la figura del farmacéutico, comerciante y alquimista alemán **Hennig Brand** (1630-1710), quién es reconocido por el hallazgo del fósforo en el año 1669 (M. Á. Castro, 2020).

3.1.7. El origen de la química moderna

En el transcurso del siglo XVII, se produjo una revolución científica que tuvo un gran impacto en todas las disciplinas, incluyendo la Alquimia. Aunque se produjo un cambio hacia el actual concepto de Química, el pensamiento alquimista aún se mantuvo y esto provocó un progreso más lento en comparación con otras ramas científicas. En esta etapa, destacaron varios científicos conocidos por sus significativas aportaciones. Por ejemplo, **Francis Bacon** (1561-1650) orientó la filosofía hacia un enfoque inductivo con el propósito de hacerla más objetiva, basándose en lo que se podía ver, oír o tocar. **Jean Baptiste Van Helmont** (1580-1644) describió el dióxido de carbono, el cual extrajo de la madera y lo llamó *gas silvestre*. Finalmente, **Evangelista Torricelli** (1608-1647) demostró la posibilidad de presionar el aire y, por tanto, considerarlo como materia (Asimov, 2006).

Uno de los filósofos que tuvo un gran impacto en el avance de la ciencia fue **René Descartes** (1596-1650), quien escribió *“El Discurso del Método, para bien dirigir la razón y buscar la verdad en las ciencias”* en 1637. En esta obra, se presenta la razón como el enfoque para adquirir conocimiento, diferenciándose de Galileo, quien defendía el método experimental. Descartes estableció una metodología de pensamiento innovadora basada en la intuición y deducción, la cual se basa en la experimentación y observación de los fenómenos estudiados (Iñigo Fernández, 2010).

La figura 3 muestra una representación de René Descartes junto con la portada de su obra más destacada.



Figura 3. Rene Descartes junto con la portada del libro “*El Discurso del Método, para bien dirigir la razón y buscar la verdad en las ciencias*”. (Fuente: Wikimedia Commons).

En las décadas posteriores, se produjo un importante incremento en el número de científicos que describieron nuevos compuestos, técnicas de síntesis y leyes para explicar diversos fenómenos. En el campo de las reacciones químicas, destacaron varios científicos por sus importantes contribuciones para comprender y llevar a cabo estas reacciones.

3.1.8. Pioneros de la química de las reacciones

Robert Boyle (1627-1691)

El científico de origen irlandés Robert Boyle realizó importantes contribuciones en los ámbitos de la Física y la Química. Llevó a cabo investigaciones sobre la composición y el comportamiento de los gases. Es conocido por haber establecido la relación inversa entre el volumen y la presión de un compuesto gaseoso, lo que hoy se denomina *Ley de Boyle*. Casi al mismo tiempo, **Edme Mariotte** también evidenció dicha relación en los gases, por lo que a menudo se hace referencia a la *Ley de Boyle-Mariotte* (Asimov, 2006).

Su obra más relevante fue “*The Sceptical Chymist*” (Figura 4), en la que defendió la importancia de las pruebas experimentales en el avance de la ciencia y presentó su *teoría corpuscular de la materia*. Asimismo, realiza críticas a la teoría aristotélica de los 4 elementos y a la teoría paracelsiana de los 3 elementos esenciales (Iñigo Fernández, 2010). Boyle utilizó el atomismo para explicar la composición de los elementos,

señalando que los corpúsculos interactúan entre ellos en las reacciones químicas. Según su teoría, los elementos son sustancias simples que no pueden ser descompuestas ni divididas en otras, definición que concuerda con la idea actual que poseemos. Además, Boyle sostuvo que los elementos se unen en grupos para crear compuestos, lo que representa la esencia de la idea de molécula, y que sus características están determinadas por la cantidad y la posición de los componentes que la conforman (Asimov, 2006).

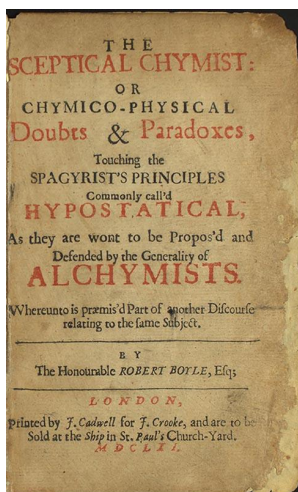


Figura 4. Portada del libro “*The Sceptical Chymist*”, escrito por Robert Boyle en 1661. (Fuente: Wikimedia).

Por otro lado, Robert Boyle llevó a cabo importantes investigaciones sobre las sustancias ácido-base. Diseñó un indicador, jarabe de violetas, que permitía clasificar las sustancias según su grado de acidez o basicidad, en función del cambio de color del indicador al añadirlo. El jarabe de violetas se tornaba rojo en presencia de ácidos y verde en presencia de bases, lo que supuso una contribución relevante en el campo de la química (Esteban Santos, 2002).

Antoine Lavoisier (1743-1794)

Este científico francés del siglo XVIII es ampliamente reconocido como uno de los químicos más influyentes de su tiempo por consolidar todo el conocimiento disponible en ese momento sobre gases y combustiones bajo una teoría global. Lavoisier comenzó su investigación centrándose en la combustión, reconociendo la importancia de medir las alteraciones químicas y la falta de información disponible en la época, primero, por ser éste el principal desafío en el campo de la Química durante esta época, además de porque uno de sus primeros éxitos fue un estudio sobre la

optimización de las técnicas de iluminación que presentó entre 1760 y 1769. Desacreditó la teoría del flogisto, que afirmaba que se perdía flogisto (sustancia presente en todo cuerpo) en cualquier proceso de combustión, al demostrar que la calcinación de un material no metálico no estaba relacionado con la pérdida de flogisto original, sino al aumento de materia procedente del aire, compuesto por una combinación de dos gases en proporción 1:4 que él llamó oxígeno y ázoe (más tarde renombrado como nitrógeno) (Asimov, 2006).

En su investigación, Lavoisier comprobó que la materia no puede ser generada ni destruida, sino que se puede transformar mediante reacciones químicas para convertirse en otras sustancias. Con base en este descubrimiento, propuso la *Ley de conservación de la masa*, que se convertiría en un fundamento clave de la química que surgiría en el siglo XIX (Asimov, 2006; Pellón González, 2011).

En 1789, Lavoisier presentó su obra maestra, el “*Tratado Elemental de Química*”, que reunía todas sus teorías en un volumen y unificaba la nomenclatura de todas las sustancias que, en ese momento, no se habían descompuesto. El libro también incluía una descripción detallada del equipo de laboratorio que había utilizado durante sus investigaciones. Debido a su perspectiva moderna y su enfoque integral, este texto se considera el primer libro de química contemporánea (J. Castro, 2008; Pellón González, 2011). La ilustración número 5 muestra una representación del libro publicado por Lavoisier.

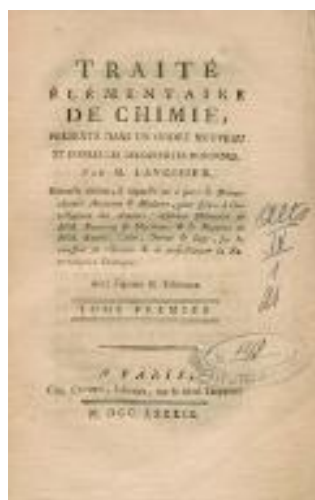


Figura 5. Portada del libro “*Tratado Elemental de Química*”, escrito por Antoine Lavoisier en 1789. (Fuente: Wikimedia).

En el escrito se incluyen inventarios de las sustancias halladas hasta la fecha, con detalles de hasta treinta y tres compuestos elementales según la definición de Boyle (Pellón González, 2014). La Figura 6 muestra detalladamente la lista de dichas sustancias que no pudo descomponer en otras sustancias más sencillas.

192 DES SUBSTANCES SIMPLES.
TABLEAU DES SUBSTANCES SIMPLES.

	Noms nouveaux.	Noms anciens correspondans.
Substances simples qui appartiennent aux trois règnes & qu'on peut regarder comme les élémens des corps.	Lumière.....	Lumière. Chaleur. Principe de la chaleur. Fluide igné. Feu.
	Calorique.....	Matière du feu & de la chaleur. Air déphlogistiqué. Air empiréu. Air vital. Base de l'air vital. Gaz phlogistiqué.
	Oxygène.....	Mofette. Base de la mofette. Gaz inflammable.
	Azote.....	Base du gaz inflammable.
	Hydrogène.....	Soufre. Phosphore.
	Soufre.....	Carbone.....
	Phosphore.....	Charbon pur.
	Carbone.....	Radical muriatique.
	Radical muriatique.	Radical fluorique.
	Radical fluorique.	Radical boracique.
Substances simples non métalliques oxydables & acidifiables.	Radical boracique.	Antimoine.....
	Antimoine.....	Argent.....
	Argent.....	Arsenic.....
	Arsenic.....	Bismuth.....
	Bismuth.....	Cobalt.....
	Cobalt.....	Cuivre.....
	Cuivre.....	Étain.....
	Étain.....	Fer.....
	Fer.....	Manganèse.....
	Manganèse.....	Mercure.....
Substances simples métalliques oxydables & acidifiables.	Mercure.....	Molybdène.....
	Molybdène.....	Nickel.....
	Nickel.....	Or.....
	Or.....	Platine.....
	Platine.....	Plomb.....
	Plomb.....	Tungstène.....
	Tungstène.....	Zinc.....
	Zinc.....	Chaux.....
	Chaux.....	Magnésie.....
	Magnésie.....	Baryte.....
Substances simples salifiables terreuses.	Baryte.....	Alumine.....
	Alumine.....	Silice.....

Figura 6. Lista de las sustancias descubiertas hasta el final del siglo XVIII. (Fuente: Pellón González, 2014).

Durante toda su carrera, su esposa, **Marie-Anne Pierrette Paulze** (Marie Lavoisier) (1758-1836) desempeñó un papel crucial en su investigación. Esta mujer se considera ampliamente como la “Madre de la Química Moderna”, debido a sus contribuciones a la disciplina. Entre sus aportaciones, destacan el registro y la documentación de todos los estudios que llevaron a cabo, así como una descripción detallada de los instrumentos que utilizaron. Debido a la precisión de su trabajo, otros científicos podrían reproducir y utilizar los procesos realizados a partir de sus escritos. Aunque muchas de las investigaciones llevadas a cabo por Lavoisier fueron confiscadas tras su muerte durante la Revolución Francesa (1789-1799), su esposa consiguió recuperar cierta documentación y publicó “*Memorias de la Química*”, un libro que tuvo un impacto trascendental y que estableció los fundamentos de la química moderna (Pellón González, 2011). Como muestra la figura 7, esta obra representó un gran hito en el legado científico y cultural para la pareja Lavoisier.



Figura 7. Pintura de Jacques-Louis David de 1788, el cual retrata a Antoine y Marie Lavoisier.
(Fuente: Wikimedia).

Joseph Louis Proust (1754-1826)

Se considera que Joseph Louis Proust, químico y farmacéutico francés, es uno de los pioneros de la química moderna, junto con Lavoisier. Una de sus mayores contribuciones a la química fue la formulación de *la Ley de las proporciones definidas*, enunciada en 1799, que establece que "cuando dos o más elementos se combinan para formar un compuesto, siempre mantienen una proporción en masa constante". Este químico francés realizó una investigación en la que estudió cómo un metal podía generar una variedad de óxidos con diferentes composiciones, pero manteniendo una proporción constante entre sus elementos. Mientras tanto, el científico **Claude Louis Berthollet** (1748-1822) afirmaba que el oxígeno responsable de la formación del óxido procedía del aire, y que la cantidad de oxígeno atribuida aumentaba constantemente. Según su teoría, el compuesto generado tenía una composición diferente dependiendo de la técnica empleada, y de la cantidad de aire presente (Furió Mas & Padilla Martínez, 2003).

Finalmente, se puede deducir que los átomos son entidades indivisibles ya que se ha observado efectivamente la *ley de las proporciones definidas* (Asimov, 2006).

John Dalton (1766-1844)

El químico, matemático, meteorólogo y naturalista británico John Dalton tuvo en cuenta las ideas previamente desarrolladas por otros científicos, como Lavoisier y Proust. Se basó en estos fundamentos para crear la *Teoría atómica de Dalton*, la cual se encuentra en su obra llamada "*A new system of chemical philosophy*" (1808). La teoría de Dalton establece que toda la materia está constituida por partículas indivisibles conocidas como átomos. Según esta teoría, los átomos de un mismo elemento tienen

un tamaño y masa idénticos, pero difieren de los átomos de otros elementos. Los átomos pueden combinarse para constituir moléculas, y su combinación sigue la *Ley de las proporciones definidas*, la cual señala que las cantidades de los elementos que se combinan están en proporciones constantes (Muñoz Bello & Bertomeu Sánchez, 2003). La Figura 8 presenta la lista de elementos que se encuentran en el libro de Dalton titulado “*A new system of chemical philosophy*”.

ELEMENTS					
	Hydrogen.	1		Strontian	46
	Nitrogen.	5		Barytes	68
	Carbon	5		Iron	50
	Oxygen	7		Zinc	56
	Phosphorus	9		Copper	56
	Sulphur	13		Lead	90
	Magnesia	20		Silver	190
	Lime	24		Gold	190
	Soda	28		Platina	190
	Potash	42		Mercury	167

Figura 8. Símbolos atómicos y pesos relativos empleados por Dalton para representar los elementos. (Fuente: Pellón González, 2014).

Dalton también determinó que cuando dos elementos se unen para crear más de un compuesto, siempre lo hacen en proporciones de números enteros sencillos. Esta idea es conocida como la *Ley de las proporciones múltiples* y se complementa con la lista de pesos relativos de átomos de Dalton en referencia a un átomo de hidrógeno (Pellón González, 2014).

En relación a la reactividad química, experimentó con la idea de que los volúmenes idénticos de diferentes gases no podían contener el mismo número de átomos en iguales condiciones de temperatura y presión. Sin embargo, más adelante esta idea fue descartada gracias a la *Ley de los volúmenes de combinación* propuesta por el francés **Joseph Louis Gay-Lussac** (1778-1850), la cual establece que los volúmenes de los gases involucrados en una reacción química se encuentran en proporciones de números enteros sencillos bajo las mismas condiciones de temperatura y presión (Izquierdo & Grapi Vilumara, 1994).

Amadeo Avogadro (1776-1856)

En 1811, el químico y físico italiano Amadeo Avogadro consiguió reconciliar la *ley de Gay-Lussac* y la *teoría atómica de Dalton*, permitiéndole proponer la hipótesis

que lleva su nombre. El Principio de Avogadro indica que “bajo las mismas condiciones de temperatura y presión volúmenes iguales de cualquier gas contienen el mismo número de moléculas”. De manera que la correspondencia entre las masas de sus partículas sería idéntica a la de las densidades de los gases respectivos (Muñoz Bello & Bertomeu Sánchez, 2003).

Avogadro observó en sus investigaciones que las sustancias gaseosas simples estaban formadas por moléculas diatómicas (compuestas por dos átomos iguales). Sin embargo, sus contribuciones no fueron reconocidas por la comunidad científica hasta el año 1860, año en que se celebró el primer congreso internacional de química en Karlsruhe, Alemania. Los estudios efectuados por **Stanislao Cannizzaro** (1826-1910), permitieron aclarar las incertidumbres que habían surgido en relación a la hipótesis de Avogadro. El nuevo sistema de formulación y pesos atómicos propuesto disipó la ambigüedad entre las masas atómicas y moleculares, y fue adoptado por gran parte de la comunidad química. **Jean Baptiste Perrin** (1870-1942) en 1908, logró obtener el número preciso de moléculas presentes en un mol de gas en condiciones normales, denominado hoy en día *número de Avogadro* (Asimov, 2006).

Después del congreso de Karlsruhe se logró determinar las masas atómicas de más de 60 elementos químicos. Los investigadores notaron que algunos de estos elementos compartían propiedades químicas similares, por lo que se les dio un nombre a cada conjunto de estos elementos afines.

La figura 9 muestra los retratos de los científicos que realizaron mayores contribuciones en el desarrollo y aplicación de las reacciones químicas.



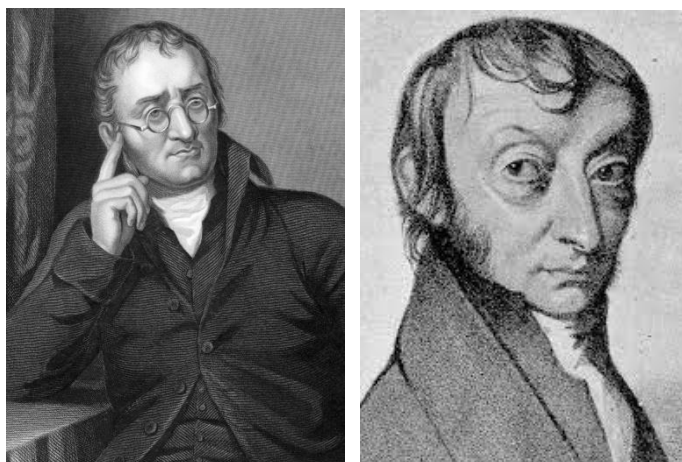
Robert Boyle (1627-1691)



Antoine Lavoisier (1743-1794)



Joseph Proust (1754-1826)



John Dalton (1766-1844) Amadeo Avogadro (1776-1856)

Figura 9. Científicos más destacados en el campo de las reacciones químicas. (Fuente: Wikipedia).

3.2. Fundamentación teórica

La comprensión sólida de los conceptos de sustancia y materia es fundamental en los niveles primarios de la Educación Secundaria Obligatoria (ESO), es decir, hasta los 14 años, ya que estos son dos obstáculos que los estudiantes deben superar antes de poder entender los cambios químicos. El trabajo de **Etienne François Geoffroy** (1672-1731) en 1718, marcó un hito en la comprensión de la química y proporcionó un marco importante para abordar estos obstáculos. Introdujo el término “sustancia” y desarrolló la tabla de afinidades que incluía dieciséis sustancias de referencia ordenadas en columnas dispuestas por orden decreciente de afinidad con otras sustancias ubicadas en la misma línea (Klein, 1995).

Según un estudio realizado por Andersson (1990) con 491 alumnos de entre 12 y 14 años, el 70% de los estudiantes define la materia como objetos sólidos, alimentos u organismos, mientras que solo entre el 40% y el 50% incluyen átomos y moléculas en su definición de materia. En relación con los estados de agregación de la materia, los estudiantes suelen pensar que los gases no tienen peso, no pueden ser comprimidos y no se expanden para ocupar todo el volumen disponible.

En los cursos tercero y cuarto de la Educación Secundaria Obligatoria, entre los 14 y 16 años, es esencial que los estudiantes comprendan correctamente el modelo de partículas en la materia como un paso inicial hacia la comprensión de las transformaciones químicas a nivel atómico y molecular. Desafortunadamente, muchos estudiantes tienen dificultades para comprender que la materia está constituida por partículas, e incluso, cuando lo comprenden, pueden cometer el error de pensar que las partículas no tienen espacio entre ellas y se mantienen en una posición estática, lo

cual no es el caso. Es necesario que el docente fomente el razonamiento crítico en los estudiantes para ayudarles a distinguir entre la realidad y el modelo, lo que les permitirá comprender mejor las explicaciones científicas (Pozo et al., 1991).

La materia experimenta cambios continuos, lo que da lugar a una transformación constante en el entorno. Dichos cambios se pueden agrupar en dos categorías: cambios físicos y cambios químicos (Petrucci et al., 2011).

- Cambios físicos

Se produce un cambio físico cuando una sustancia altera su forma, pero su composición química no cambia, por lo que no se generan nuevas sustancias. Un ejemplo de este tipo de transformación es el cambio de estado del agua.

Existen tres estados de la materia, también llamados estados de agregación: sólido, líquido y gas. El estado que presenta una sustancia depende de la fuerza de cohesión entre las partículas que la componen y cada estado tiene características distintas. Durante los cambios de estado, el volumen de la sustancia puede variar, pero su masa permanece inalterada. Para cambiar de un estado de agregación a otro es necesario modificar la temperatura y la presión de la sustancia.

- Cambios químicos

Se produce un cambio químico o una reacción química cuando una sustancia se convierte en otra u otras nuevas con propiedades distintas, lo que implica un cambio en la composición de la materia. Un ejemplo de cambio químico es la quema de madera.

Los cambios químicos se producen mediante las reacciones químicas, las cuales implican la transformación de reactivos (sustancias iniciales) en productos (sustancias nuevas). Para que la reacción tenga éxito, es necesario que se rompan los enlaces entre los átomos de los reactivos y luego se formen enlaces nuevos para producir los productos, lo que conlleva un cambio en la estructura de los mismos.

La mayoría de los estudiantes no perciben claramente la diferencia entre reacciones químicas y cambios físicos. Esto se debe a que explican los cambios físicos por medio de la rotura y creación de nuevos enlaces químicos. En el siglo XIX hubo un debate entre dos químicos franceses, **Joseph-Louis Proust** y **Claude-Louis Berthollet**, acerca del concepto de disolución. Proust consideraba que era una reacción química mientras que para Berthollet no lo era (Bullejos de la Higuera & Furió-Mas, 1989).

La comprensión de la diferencia entre cambios físicos y reacciones químicas varía entre los estudiantes. Para ejemplificar este punto, se puede mencionar el estudio de Andersson (1990) que describe cinco fases evolutivas en la comprensión del cambio físico. Donde utiliza el siguiente problema para ilustrar estas fases, "Se derramó

agua en el suelo. Después de un tiempo el suelo estaba seco. ¿Qué pasó con el agua? ¿Dónde se puede encontrar?”. La mayoría de alumnos dieron las siguientes respuestas:

- a. Desaparición – el agua había desaparecido
- b. Desplazamiento – el agua se infiltra en el suelo
- c. Modificación – el agua se convierte en vapor de agua
- d. Transmutación – el calor del suelo podría convertir el agua en aire
- e. Interacción química – transición agua-vapor en burbujas compuestas por aire o hidrógeno y oxígeno.

Como hemos visto los cambios químicos involucran una alteración en la identidad de las sustancias a nivel microscópico. La comprensión de los cambios químicos por parte de los estudiantes puede verse obstaculizada por su dificultad para distinguir entre las propiedades físicas intensivas y extensivas de la materia. Como resultado, los estudiantes pueden explicar erróneamente los cambios químicos en función de propiedades físicas como el volumen, peso, y densidad, lo que dificulta su comprensión de la *ley de conservación de la masa*. También es común la creencia de que un cambio químico solo puede ocurrir entre dos o más sustancias reactivas, y no en una única sustancia (Casado & Raviolo, 2005).

Para explicar la diferencia entre cambios físicos y químicos, los docentes utilizan varios conceptos, como la reversibilidad, la formación o rotura de enlaces químicos o la energía de la reacción química. A menudo, el uso de experimentos sencillos que suceden en el día a día puede ser de gran ayuda para los estudiantes. Sin embargo, es importante señalar que para comprender completamente estos conceptos, es necesario tener un conocimiento sólido del modelo molecular (Raviolo et al., 2011).

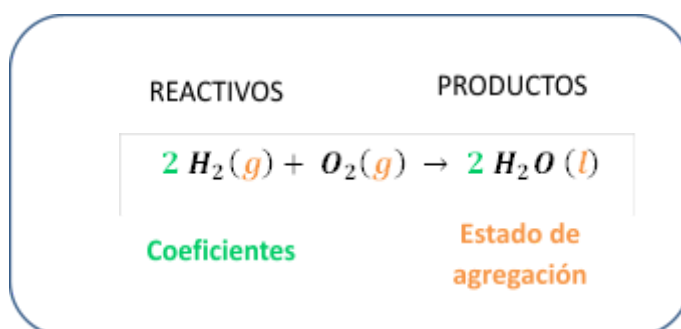
De ahora en adelante, nos enfocaremos exclusivamente en los cambios de naturaleza química.

3.2.1. Representación y ajuste de reacciones químicas

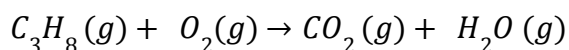
Una reacción química es un procedimiento en el cual una o varias sustancias, denominadas reactivos, experimentan una transformación en su estructura y enlaces para dar lugar a otras sustancias distintas, conocidas como productos. Estas reacciones pueden manifestarse de diversas maneras, siendo las más frecuentes y notables aquellas que ocurren cuando se liberan gases, se libera o absorbe calor, aparecen precipitados o simplemente se produce un cambio de color en las sustancias originales (Petrucchi et al., 2011).

Para representar una reacción química, se utilizan ecuaciones químicas que simbolizan y abrevian la reacción (Brown et al., 2014). Una ecuación química consta de distintas partes:

- ✓ Una flecha "→" que indica el sentido de la reacción y separa los componentes.
Los reactivos se escriben a la izquierda de la flecha y los productos a la derecha, utilizando el signo "+" para separar aquellos con más de un reactivo o producto.
- ✓ Delante de cada componente se coloca su coeficiente estequiométrico para que se cumpla la *ley de conservación de la masa*, colocando el mismo número de átomos antes y después de la reacción.
- ✓ Además, se puede incluir el estado de agregación de las sustancias en la reacción, escribiéndose de forma abreviada y entre paréntesis a la derecha de la sustancia: sólido (s), líquido (l), gas (g) o disolución acuosa (aq).



Para ajustar correctamente las ecuaciones químicas es necesario asignar unos coeficientes estequiométricos a las sustancias que intervienen en la reacción, de tal manera que el número de átomos iniciales sea igual al de los productos obtenidos. Este ajuste es esencial para llevar a cabo los cálculos estequiométricos de manera precisa. A continuación, se muestra un ejemplo de una ecuación química que describe la reacción de combustión entre el propano y el oxígeno para producir agua y dióxido de carbono.

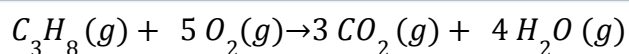


La ecuación química presentada no se encuentra ajustada, lo que significa que el número de átomos en el lado izquierdo (reactivos) no coincide con el número de átomos en el lado derecho (productos). Dado que los átomos no pueden ser creados ni

destruidos durante una reacción química, es necesario ajustar la ecuación para que se cumpla la *ley de conservación de la masa*.

Para ajustar correctamente una ecuación química, es necesario seguir unos simples pasos que permitan la modificación adecuada de los coeficientes estequiométricos (Petrucci et al., 2011). De esta manera, el número de átomos en los reactivos será idéntico al número de átomos en los productos. Los pasos a seguir podrían ser:

- a) Es aconsejable ajustar los elementos que solamente aparecen en un compuesto en cada uno de los lados.
- b) En ciertos casos, existen grupos de átomos que permanecen inalterados y deben considerarse como una unidad.
- c) Si algún compuesto se encuentra en estado libre, debe ser ajustado al final del proceso.
- d) Es recomendable en el proceso de ajuste de reacciones dejar los átomos de hidrógeno y oxígeno para el final, dado que a menudo se encuentran en diferentes compuestos.
- e) En algunos casos, resulta más sencillo utilizar fracciones en lugar de números enteros para ajustar los coeficientes estequiométricos.



Después de haber ajustado la ecuación química de la reacción anterior, podemos observar las proporciones en las que actúan las diferentes sustancias involucradas.

Según Andersson (1990) usar círculos de diferentes colores para representar los átomos en las reacciones químicas puede ser útil para entender el principio de conservación de la masa. Sin embargo, para una comprensión completa de las reacciones químicas, resulta esencial explicar la teoría atómica. A pesar de esto, pocos estudiantes comprenden el ajuste de las reacciones químicas y la conservación de los átomos involucrados; en ocasiones, los coeficientes se confunden con las valencias o con los niveles energéticos de los protones. Según Abraham (1994), sólo el 18% de los estudiantes (incluyendo universitarios) tienen un dominio completo de la estequiometría y la ley de conservación de la materia, mientras que la mayoría mezcla los subíndices de la fórmula del compuesto con la estequiometría de la reacción química.

3.2.2. Las leyes de las reacciones químicas

Es esencial tener conocimiento de las leyes que regulan las reacciones químicas para poder comprender su funcionamiento, estudiarlas adecuadamente y realizar cálculos estequiométricos de manera precisa (Gallego Badillo et al., 2009).

➤ *Ley de Lavoisier o ley de conservación de la masa*

En 1798, **Antoine Lavoisier** llevó a cabo un experimento en el que calcinó estaño en un recipiente sellado y confirmó que la masa total del sistema permanecía constante después de la calcinación. Fue entonces cuando enunció la ley de conservación de la masa. Esta ley postula que en una reacción química, la materia experimenta una transformación sin crearse ni destruirse. De esta manera, la suma de las masas de los reactivos involucrados es igual a la suma de las masas de los productos obtenidos.

El alumnado suele experimentar confusión entre masa, volumen y densidad, lo que puede complicar la comprensión de la conservación de la materia ante procesos que implican cambios de estado. Andersson (1990) observó que, debido a la falta de comprensión del término de densidad de los cuerpos, es posible que los alumnos sean conscientes de la conservación de la cantidad de materia en algunos procesos, pero no de la masa. A menudo, el término "volumen" se utiliza incorrectamente y se confunde con la cantidad de sustancia, lo que lleva al alumnado a pensar que una disolución cambia su concentración cuando se transfiere de un matraz a otro más pequeño.

➤ *Ley de las proporciones múltiples*

En 1803, **John Dalton** propuso la *ley de las proporciones múltiples*, en la cual se establece que cuando dos elementos se combinan para formar distintos compuestos, y la masa de uno de los elementos es constante, las distintas masas del otro elemento que se combina con la cantidad de masa constante para formar los compuestos estarán en una relación de números enteros sencillos. Si las masas que se combinan no siguen esta relación, es probable que una de las sustancias esté presente en exceso y no participe en la reacción.

La abstracción de los conceptos matemáticos y numéricos involucrados en la ley de las proporciones múltiples puede dificultar a los estudiantes su aplicación en situaciones concretas.

➤ *Ley de Proust o ley de las proporciones definidas*

En 1808, **Joseph Louis Proust** describió la ley de las proporciones definidas o fijas de masa, en esta ley se establece que al combinar dos o más elementos para formar un compuesto específico, siempre se produce una relación de masas constante.

En ocasiones, los estudiantes pueden encontrar complicaciones al establecer conexiones entre la ley de las proporciones definidas y situaciones reales o aplicaciones prácticas en su vida cotidiana.

➤ *Ley de Gay-Lussac para los volúmenes de los gases*

La *ley de Gay-Lussac*, enunciada inicialmente en 1805 pero rectificada entre 1808 y 1809 debido a errores cuantitativos, se refiere a reactantes y productos en fase gaseosa. Esta ley establece que *“Cuando los gases se combinan entre sí para formar nuevos compuestos gaseosos, sus volúmenes respectivos guardan una proporción de números enteros sencillos, siempre y cuando estén medidos en las mismas condiciones de presión y temperatura”*. A diferencia de las leyes previas, la aritmética de esta ley presenta una peculiaridad: en algunos casos, la suma de los volúmenes de los reactantes no es igual a la suma de los volúmenes de los productos, aunque las relaciones de proporcionalidad en las aproximaciones aritméticas sigan la lógica de números enteros. Gay-Lussac, creador del análisis volumétrico, es recordado por haber introducido términos como "bureta" y "pipeta".

El alumnado debe poseer una comprensión sólida de la teoría de los gases ya que pueden experimentar dificultades al tratar de entender por qué las condiciones constantes de temperatura y presión durante una reacción son fundamentales para aplicar la ley de manera correcta.

➤ *La hipótesis de Avogadro*

Según la hipótesis de Avogadro, *“volúmenes iguales de gases diferentes sometidos a las mismas condiciones de presión y temperatura contienen un número idéntico de moléculas”*. Basándose en esta suposición, Avogadro emprendió la búsqueda de un método que permitiera calcular las masas de las moléculas que conforman un gas.

La hipótesis formulada en 1811 pasó desapercibida durante casi 50 años hasta que **Stanislao Cannizzaro** la presentó en el *"Primer Congreso Internacional de Química"* en 1860. A pesar de que la hipótesis fue objeto de controversia entre los asistentes, **A. Laurent** la utilizó como base para definir el peso molecular de los compuestos químicos.

El alumnado debe contar con una base sólida en la teoría cinética, las leyes de los gases y la estructura molecular. Con frecuencia, comprender la relación entre el volumen de un gas y el número de moléculas (cantidad de sustancia) puede resultar un desafío para ellos.

3.2.3. Mecanismo de una reacción química

En las reacciones químicas, los enlaces entre los átomos se rompen y se reorganizan formando nuevas sustancias. Para entender cómo ocurre este proceso, se estudia el mecanismo de la reacción química, que hace referencia al conjunto de procesos elementales que ocurren. El mecanismo de la reacción química se explica mediante dos teorías: la teoría de las colisiones y la teoría del complejo activado o del estado de transición. Para su mejor comprensión primero explicaremos la teoría cinética molecular.

➤ Teoría cinético molecular

Según este modelo, la materia está compuesta por moléculas que interactúan de diferentes maneras según su estado de agregación (Figura 10). En el caso de los sólidos, los átomos están fijos y cercanos entre sí, lo que les proporciona un volumen y forma definidos. Debido a esta característica, los sólidos no pueden comprimirse.

Por otro lado, en los líquidos, las moléculas están separadas por una distancia mayor que en los sólidos y se mantienen unidas por fuerzas de atracción intermoleculares más débiles. Estas fuerzas permiten cierta libertad de movimiento en las moléculas, lo que les da fluidez y les permite adaptarse al medio que las rodea. Además, las fuerzas intermoleculares en los líquidos son lo bastante fuertes como para restringir el movimiento de las partículas, a diferencia de lo que ocurre en los gases, donde las partículas tienen un movimiento aleatorio y libre.

En el caso de los gases, las moléculas de una sustancia están muy separadas entre sí y no hay fuerzas que las unan. Esto permite que los gases se desplacen libremente en cualquier dirección y se compriman con facilidad. Debido a su baja densidad, los gases pueden expandirse para ocupar todo el volumen disponible. Estas características de los gases son resultado de la debilidad de las fuerzas intermoleculares (Chang & Goldsby, 2017).

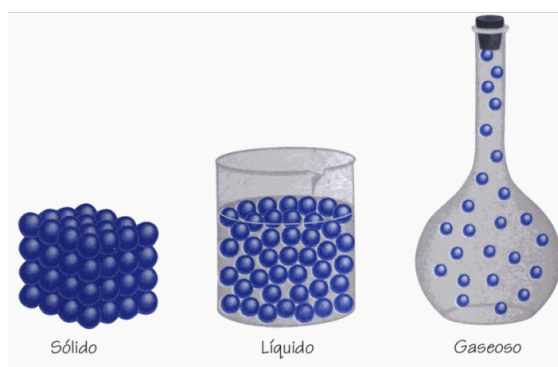


Figura 10. Diferentes estados de agregación de la materia (Fuente: *La materia por dentro / Investigando las propiedades de la materia*, s. f.).

➤ La teoría de las colisiones

De acuerdo con la teoría cinética molecular, las moléculas en los gases se mueven constantemente de manera aleatoria, lo que conduce a colisiones entre ellas.

Para que ocurra una reacción química entre gases, las moléculas deben tener una energía cinética suficientemente alta al colisionar para romper los enlaces originales y producir los productos de reacción, y una orientación adecuada en el momento de la colisión. Si las moléculas se mueven lentamente, su energía cinética puede no ser suficiente para generar una reacción al chocar. La energía de activación (E_a) se refiere a la cantidad mínima de energía cinética requerida para que las moléculas colisionen y se produzca la reacción química.

Por otro lado, la velocidad de la reacción química se ve influenciada por factores como la frecuencia y regularidad de las colisiones entre las moléculas de gas, la cantidad de moléculas con suficiente energía cinética y la orientación de las moléculas en el momento de la colisión, ya que solo ciertas orientaciones permiten que se formen los nuevos enlaces. Si la orientación no es adecuada, la reacción química no ocurrirá (Flores et al., 2019; Petrucci et al., 2011). En la figura 11 se ilustra la relevancia de la orientación para la reacción entre moléculas de H_2 y I_2 .

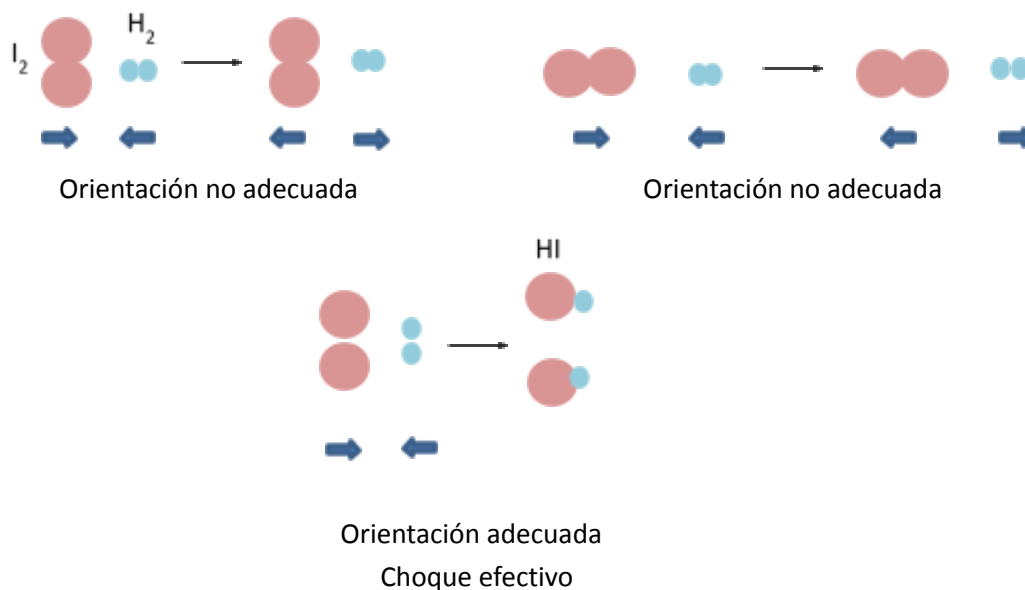


Figura 11. Esquema orientación no adecuada y adecuada de las moléculas de H_2 y I_2 . (Fuente: elaboración propia).

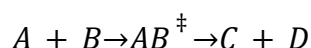
En una reacción química típica, las moléculas de gas chocan a una frecuencia media de alrededor de 10^{32} colisiones por litro y segundo. Utilizando esta frecuencia, la velocidad de reacción se calcularía como $10^6 \text{ M}\cdot\text{s}^{-1}$. Sin embargo, no todas estas

colisiones entre los reactivos producen la formación de productos, ya que algunas colisiones pueden ocurrir con moléculas de producto ya formado, lo que reduce la velocidad y eficacia de la reacción. En la práctica, la velocidad real de una reacción es mucho más baja que la velocidad teórica, con un valor de $10^6 \text{ M}\cdot\text{s}^{-1}$ (Petrucci et al., 2011).

➤ Teoría del estado de transición o del complejo activado

Después de identificar los reactivos, productos, velocidad de reacción y energía de activación de una reacción química, se propone una teoría que establece la existencia de un estado intermedio conocido como estado de transición. Durante la colisión de moléculas de reactivos, se forma temporalmente una especie llamada complejo activado, siempre que la energía cinética sea igual o mayor que la energía de activación. La energía de activación de la reacción es la diferencia de energía entre la energía de los reactivos y el complejo activado, que se forma en el estado de transición. Este concepto es esencial para comprender y predecir la cinética de las reacciones químicas.

Para analizar el estado de transición y la energía de activación en una reacción química suele utilizarse una gráfica que muestra la energía potencial en función del progreso de la reacción (figura 12). En dicha gráfica se muestra la representación del complejo activado $AB^\ddagger$, que se forma a partir de la colisión de las moléculas A y B. Este complejo activado posteriormente se descompone en una molécula de C y otra de D (Petrucci et al., 2011). La ecuación química que describe este proceso se expresa a continuación:



Las reacciones químicas pueden ser clasificadas en dos tipos dependiendo la energía: exotérmicas y endotérmicas (Chang & Goldsby, 2017). El desarrollo de una reacción puede ser complicado. No todos los choques entre moléculas reactivas resultan efectivos. En el transcurso de la reacción se llega a un estado energético de transición entre reactivos y productos que tiene una energía mayor, es aquí donde se forma el complejo activado.

- Reacción exotérmica

En las reacciones exotérmicas, la energía de los reactivos es mayor que la de los productos, lo que significa que la reacción genera energía. Sin embargo, se requiere una cantidad inicial de energía para iniciar la reacción. Las reacciones exotérmicas generan energía y la variación de energía es negativa.

$$\Delta E = E_{\text{productos}} - E_{\text{reactivos}} \quad \Delta E < 0$$

- Reacción endotérmica

En las reacciones endotérmicas, la energía de los productos es mayor que la de los reactivos, lo que significa que la reacción requiere energía para llevarse a cabo. Para que la reacción ocurra, es necesario un suministro constante de energía. Esta energía se denomina energía de activación y es la cantidad necesaria para alcanzar el complejo activado. Las reacciones endotérmicas no generan energía y la variación de energía es positiva.

$$\Delta E = E_{\text{productos}} - E_{\text{reactivos}} \quad \Delta E > 0$$

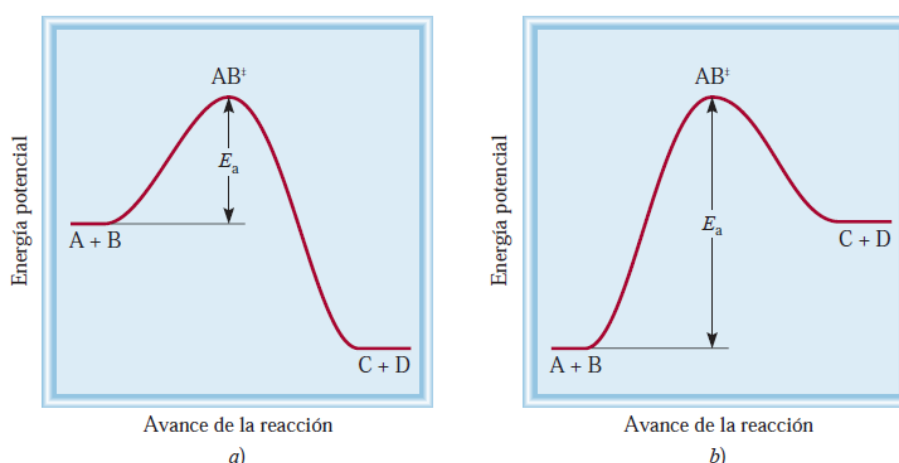
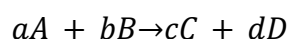


Figura 12. Diagrama de energía para reacciones a) exotérmica y b) endotérmica. (Fuente: Chang & Goldsby, 2017).

Cuando se produce una transferencia de energía, la variación resultante puede ser medida a través del concepto de energía de reacción o calor de reacción, Q_r. Este valor nos ayuda a distinguir entre las reacciones endotérmicas y las exotérmicas. En las reacciones exotérmicas, el calor de reacción es negativo, dado que se refiere a la energía liberada, en cambio, en las reacciones endotérmicas, el calor de reacción es positivo, ya que representa la energía absorbida (Puppo et al., 2017).

3.2.4. Cinética de las reacciones químicas

La velocidad de una reacción química cuantifica la variación en la concentración de un reactivo o producto en relación al tiempo transcurrido. La velocidad de una reacción química se expresa en unidades de molaridad por segundo (M·s⁻¹). En el caso de la siguiente reacción:



Las letras A y B se utilizan para representar los reactivos, mientras que C y D representan los productos, con sus coeficientes estequiométricos a, b, c y d, respectivamente. La velocidad de la reacción (v) se define de la siguiente manera:

$$v = -\frac{1}{a} \frac{\Delta[A]}{\Delta t} = -\frac{1}{b} \frac{\Delta[B]}{\Delta t} = \frac{1}{c} \frac{\Delta[C]}{\Delta t} = \frac{1}{d} \frac{\Delta[D]}{\Delta t}$$

Para obtener un valor de velocidad de reacción positivo, se utiliza un signo negativo en la ecuación al hacer referencia a los reactivos, ya que estos son consumidos durante el transcurso de la reacción. Es importante que la velocidad de reacción sea positiva, ya que esta magnitud positiva indica la rapidez con la que se están obteniendo los productos (Petrucci et al., 2011).

La velocidad de una reacción química puede variar debido a una variedad de factores que están relacionados con las características de los reactivos involucrados en la reacción (Brown et al., 2014).

➤ Influencia de la superficie de contacto

La velocidad de una reacción química está directamente relacionada con la frecuencia de los choques entre las moléculas reactivas. Para aumentar esta frecuencia y, por lo tanto, la velocidad de la reacción, es necesario que la superficie de los reactivos esté muy fragmentada, lo que facilita las colisiones entre las moléculas.

➤ Influencia de la concentración

A medida que la concentración de los reactivos se incrementa, la frecuencia de los choques entre las moléculas de los reactivos también aumenta. Debido a esto, la velocidad de la reacción aumenta proporcionalmente al aumento en la concentración de los reactivos involucrados.

➤ Influencia de la temperatura

Cuando se aumenta la temperatura de los reactivos en una reacción química, se experimenta un incremento en la energía cinética de las moléculas de los reactivos. Este incremento en la energía cinética provoca una mayor frecuencia de colisiones entre las moléculas de los reactivos, lo que lleva a un aumento en la velocidad de reacción.

➤ Influencia de los catalizadores

Los catalizadores son compuestos que pueden acelerar la velocidad de las reacciones químicas al disminuir la energía de activación necesaria para que se produzcan dichas reacciones. Aunque los catalizadores participan en la reacción, su uso

no resulta en cambios permanentes ya que pueden ser recuperados después de la reacción y no se representan en las ecuaciones químicas estándar.

3.2.5. Cálculos con ecuaciones químicas

La proporción de las sustancias involucradas en las reacciones químicas es esencial para resolver problemas estequiométricos que se vinculan con las cantidades de reactivos y productos que intervienen en dichas reacciones. La capacidad de resolver estos problemas permite comprender los procesos químicos y su relevancia en la vida cotidiana (Brown et al., 2014; Chang & Goldsby, 2017).

Existen distintos tipos de cálculos estequiométricos que se pueden clasificar en:

- Cálculos estequiométricos de masa a masa: se emplean para obtener la masa de una sustancia utilizando la masa de otra sustancia.
- Cálculos con reactivos en disolución: se utilizan en situaciones donde el agua es un producto o reactivo en la reacción, o cuando las sustancias involucradas se encuentran disueltas.
- Cálculos entre gases: en este caso se utiliza la ecuación de los gases ideales, la cual relaciona el volumen con la cantidad de sustancia de un gas, haciendo uso de la presión y la temperatura conocidas.

$$PV = nRT$$

Donde P representa la presión del gas en atmósferas, V el volumen del gas en litros, n la cantidad de sustancia en moles, y R la constante de los gases ideales que es igual a 0.082 atm·L/mol·K y T la temperatura del gas en grados Kelvin.

Estos cálculos son esenciales para comprender las cantidades de las sustancias involucradas en las reacciones químicas, lo que permite determinar la eficiencia de los procesos y llevar a cabo experimentos químicos con precisión.

Es fundamental comprender algunos conceptos y magnitudes para poder realizar los cálculos estequiométricos.

➤ Masa atómica

La unidad de masa atómica (uma) se establece como una doceava parte de la masa de un átomo del isótopo carbono-12, lo que la convierte en una unidad de medida de referencia para la masa atómica (M_{at}) de todos los elementos. En la Tabla Periódica de los Elementos Químicos se reflejan las masas atómicas de cada elemento.

➤ Masa molecular

La unión de átomos a través de enlaces químicos da como resultado la formación de moléculas. Para calcular la masa molecular (M_m) de una molécula, simplemente se suma la masa de todos los átomos que componen el compuesto.

➤ Cantidad de sustancia

En la química, cuando se trabaja con grandes cantidades de átomos y moléculas se emplea una magnitud específica denominada cantidad de sustancia (n), que se mide en unidades de mol en el Sistema Internacional. Por definición, un mol es la cantidad de sustancia que contiene el mismo número de entidades elementales, como moléculas, átomos u otras partículas que 12 gramos del isótopo carbono-12. El número de entidades se determina con el número de Avogadro (N_A).

$$N_A = 6,022142 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

Un mol de cualquier sustancia contiene el número de Avogadro de entidades elementales, que se define como la cantidad de partículas en un mol y se expresa como mol^{-1} . La magnitud del número de Avogadro es de gran ayuda en los cálculos estequiométricos.

Según la definición del concepto de mol, la masa atómica de un elemento es igual a la masa en gramos implicada en un mol del mismo elemento. Por ejemplo, el boro tiene una masa de 10.81 gramos por mol y una masa atómica de 10.81 u.

Después de definir el número de Avogadro y el concepto de mol como unidad de medida de la cantidad de sustancia, es posible efectuar cálculos estequiométricos para determinar la cantidad de producto obtenido en una reacción química. Para realizar estos cálculos, es recomendable utilizar los factores de conversión, que indican la equivalencia entre una unidad de medida y otra. Un ejemplo de esto es el cálculo de la cantidad de átomos en 3 moles de boro, utilizando los factores de conversión.

$$3 \text{ moles de B} \times \frac{6,022142 \cdot 10^{23} \text{ átomos de B}}{1 \text{ mol de B}} = 1,8066 \cdot 10^{24} \text{ átomos de B}$$

➤ Volumen molar

Según la ley de Avogadro, un mol de cualquier gas ocupará un volumen idéntico al de un mol de otro gas, siempre que ambas muestras estén sometidas a las mismas condiciones de presión y temperatura. Bajo condiciones específicas de 1 atm de presión y 273 K de temperatura, el volumen molar ocupará aproximadamente 22.4 L.

➤ Masa molar

La masa molar (M) representa la masa de un mol de entidades elementales, como moléculas, átomos, iones, etc., y se expresa en gramos por mol (g/mol). El concepto de masa molar simplifica el proceso de determinar el número de partículas en una sustancia.

Con el conocimiento tanto del número de Avogadro como de la masa molar, es posible calcular la masa de un átomo individual, expresada en gramos. Además, se puede relacionar la masa molar con la cantidad de sustancia y la masa de una muestra con la siguiente expresión:

$$n \text{ (mol)} = \frac{\text{Masa (g)}}{\text{Masa molar } (\frac{\text{g}}{\text{mol}})}$$

Las relaciones estequiométricas mencionadas anteriormente se pueden observar en la Figura 13.

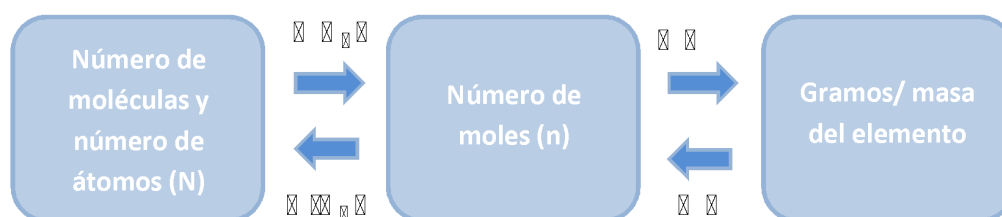


Figura 13. Relaciones estequiométricas. (Fuente: elaboración propia).

➤ Concentración de una disolución

La concentración de una disolución se refiere a la relación entre la cantidad de soluto presente y la cantidad total de la disolución. Hay diversas maneras de expresar la concentración, entre las cuales se incluyen:

- Porcentaje en masa (% m/m) $\% \text{ en masa} = \frac{\text{masa de soluto (g)}}{\text{masa de disolución (g)}} \cdot 100$
- Porcentaje en volumen (% v/v) $\% \text{ en volumen} = \frac{\text{volumen de soluto (mL)}}{\text{volumen de disolución (mL)}} \cdot 100$
- Porcentaje en masa-volumen (% m/v) $\% \frac{m}{v} = \frac{\text{masa de soluto (g)}}{\text{volumen de disolución (mL)}} \cdot 100$
- Molalidad (mol/kg) $m = \frac{\text{número de moles de soluto (mol)}}{\text{masa de disolvente (Kg)}}$
- Molaridad (mol/L) $M = \frac{\text{número de moles de soluto (mol)}}{\text{volumen de disolución (L)}}$
- Normalidad (equivalentes/L) $N = \frac{\text{número de gramos equivalente de soluto (Eq)}}{\text{volumen de disolvente (L)}}$

Aunque esta última fórmula prácticamente ha dejado de utilizarse, las anteriores son más comunes.

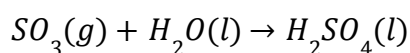
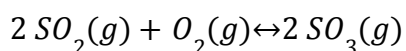
3.2.6. Reacciones de interés: la importancia del medio ambiente y las repercusiones del cambio climático

En la actualidad, las reacciones químicas desempeñan un papel fundamental en la vida cotidiana, permitiendo la obtención de productos necesarios o deseados a partir de materias primas fácilmente disponibles o más abundantes. Sin embargo, estas reacciones pueden tener un efecto perjudicial en el medio ambiente debido a la producción de energía a partir de fuentes no renovables. Estas fuentes emplean combustibles fósiles como el carbón, el petróleo o el gas natural, lo que provoca una reacción de combustión que genera grandes cantidades de energía con consecuencias ambientales negativas. Durante la combustión de estas sustancias, se producen óxidos de azufre y nitrógeno, que generan contaminación y contribuyen en la formación de la lluvia ácida. Además, se forma dióxido de carbono, un óxido que resulta aún más dañino, dado que ocasiona grandes cambios en el medio ambiente, tales como el calentamiento global, el efecto invernadero y otros problemas climáticos (Petrucci et al., 2011).

➤ Lluvia ácida

En la actualidad, la lluvia ácida es una consecuencia de la contaminación que genera grandes problemas en las estructuras de construcciones y edificios, entre otros. Esta lluvia disuelve las superficies rocosas, afectando su estructura y apariencia. Además, también tiene un impacto negativo en los seres vivos, provocando la muerte de plantas y cultivos, así como en la vida marina, donde puede causar la muerte de organismos. Todos estos efectos negativos se deben a la acidez de la lluvia, que se produce como resultado de la contaminación.

Como ya se mencionó, la contaminación del aire puede dar lugar a gases tales como el dióxido de carbono y óxidos de azufre y nitrógeno. Estos óxidos pueden reaccionar con el agua y el oxígeno para formar ácidos como el ácido sulfúrico. Por ejemplo, una de estas reacciones es:

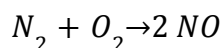


En la primera reacción, el dióxido de azufre y el oxígeno reaccionan para formar trióxido de azufre. El trióxido de azufre resultante puede reaccionar con el agua y dar lugar a la formación de lluvia ácida (Chang & Goldsby, 2017).

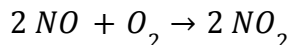
➤ Esmog

El smog fotoquímico, también conocido como esmog, es generado por la emisión de gases contaminantes, en su mayoría provenientes de vehículos, que producen una niebla química en las grandes ciudades. Esta nube tóxica está principalmente compuesta por dióxido de azufre y se origina cuando los gases emitidos por los vehículos reaccionan bajo la influencia de la luz solar.

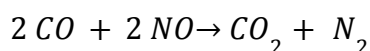
La emisión de gases por parte de los automóviles se pueden clasificar en dos categorías principales: los primarios, que incluyen monóxidos de nitrógeno, carbono y otros hidrocarburos, y los secundarios, que se forman como resultado de reacciones químicas. Estos últimos son producidos por reacciones fotoquímicas, siendo los más comunes el ozono y dióxido de nitrógeno, entre otros (Petrucci et al., 2011). En los motores de combustión de los vehículos, se forma óxido nítrico según la siguiente reacción:



Sin embargo, el óxido nítrico se oxida rápidamente en presencia de oxígeno debido a su alta inestabilidad en el aire, transformándose en dióxido de nitrógeno de acuerdo con la reacción correspondiente.



Dado el efecto perjudicial de las emisiones a la atmósfera, se han implementado medidas para reducir significativamente la producción de estos gases. Un ejemplo es la instalación de catalizadores en los automóviles, que pueden convertir los monóxidos de nitrógeno y carbono en otros gases menos contaminantes.



➤ Cambio climático

El incremento de la temperatura global es consecuencia de la acumulación en la atmósfera de dióxido de carbono como resultado de la combustión de combustibles fósiles, y aunque este gas no es tóxico en sí mismo, su acumulación en grandes niveles lo convierte en perjudicial. Cuando la radiación solar (ultravioleta y visible) penetra en la atmósfera y rebota en la superficie terrestre como radiación infrarroja. Los gases de efecto invernadero presentes en la atmósfera absorben esta radiación, provocando un incremento de la temperatura.

El efecto invernadero conlleva la acumulación de gases como el dióxido de carbono, metano, óxido nitroso y compuestos clorofluorocarbonados (CFCs), los cuales

contribuyen al aumento de la temperatura (Petrucci et al., 2011). Las consecuencias más importantes de este aumento de gases que contribuyen al efecto invernadero en la atmósfera son:

- Un incremento medio de 2°C en la temperatura en las ciudades durante las próximas décadas.
- Un aumento significativo en el nivel del mar y riesgo de inundaciones por la fusión del hielo polar.
- Una posible alteración de las rutas migratorias de las aves debido a los cambios en las temperaturas en sus zonas de migración habitual

➤ Capa de ozono

Tal como hemos observado previamente, la mayoría de los gases emitidos que dañan el medio ambiente se acumulan en la atmósfera. Además de estos gases, existen otros compuestos nocivos que pueden afectar a la capa de ozono, también conocida como ozonósfera, que se encuentra a una altitud de entre 15 y 50 km desde la superficie terrestre. Esta capa contiene una alta concentración de ozono (90% del total de ozono en la atmósfera) y su función es esencial, ya que absorbe la energía solar para evitar que llegue directamente a los organismos vivos.

El ozono presente en la capa de ozono se origina y se descompone de manera natural en la estratosfera. Para que estos procesos ocurran, se requieren fotones de alta energía que provienen de radiaciones con una longitud de onda muy baja. Estas radiaciones son perjudiciales para la salud humana, pero son esenciales para mantener la vida en nuestro planeta. A continuación se presentan las reacciones de generación y eliminación del ozono en la ozonósfera (Brown et al., 2014).

- Generación del ozono

$$O_2(g) + h\nu \rightarrow O(g) + O(g)$$

$$O(g) + O_2(g) + M(g) \rightarrow O_3(g) + M^+(g)$$
- Descomposición del ozono

$$O_3(g) + h\nu \rightarrow O_2(g) + O(g)$$

$$O(g) + O_3(g) + M(g) \rightarrow O_2(g) + M^+(g)$$

Donde M representa el metal y $h\nu$ la radiación ultravioleta.

Los compuestos que más dañan la capa de ozono son los llamados CFCs. Estos compuestos alteran la producción de ozono ya que, bajo la influencia de la radiación, crean radicales de oxígeno y cloro que disminuyen la cantidad de ozono en la capa y

evitan su regeneración. Cuando llega radiación del sol, el ozono existente se consume, y dado que no se genera una cantidad suficiente de ozono, algunas radiaciones ultravioletas penetran la capa de ozono y alcanzan la superficie terrestre, afectando a los organismos vivos (Petrucci et al., 2011).

3.3. Fundamentación didáctica

Con la finalidad de fomentar un progreso significativo en el aprendizaje de las reacciones químicas por parte del alumno, al desarrollar esta unidad didáctica se han aplicado diversos métodos innovadores y eficaces para la enseñanza-aprendizaje de la materia de Física y Química. De esta manera, se busca garantizar un enfoque educativo enriquecedor y efectivo con el fin de potenciar el proceso de aprendizaje de los estudiantes.

3.3.1. Exploración de ideas previas del alumnado

Antes de iniciar una unidad didáctica, es importante considerar que el alumno puede tener información previa, ya sea correcta o incorrecta, sobre el contenido que se va a enseñar. Esta información se conoce como "ideas previas". En su día a día, el alumnado puede encontrarse con situaciones o plantear alguna cuestión que los lleven a desarrollar su propia respuesta. Sin embargo, estas respuestas no siempre son precisas debido a la falta de conocimiento suficiente sobre el tema. Por lo tanto, es fundamental revisar las concepciones previas de los estudiantes antes de comenzar la unidad didáctica, con el objetivo de corregirlas y garantizar que el aprendizaje se realice sin confusiones que puedan dificultar la comprensión del contenido (Soeharto et al., 2019).

De esta manera, se denominan "ideas previas" a los pensamientos que los estudiantes poseen sobre un tema antes de abordar los conceptos correspondientes o recibir información previa. Estas ideas se definen en estrategias cognitivas que surgen para resolver problemas (Gilbert & Watts, 1983). A pesar de haber comprobado que estas ideas previas, también conocidas como concepciones alternativas, pueden persistir incluso después de varios años de enseñanza de los contenidos científicos (De Posada, 2002).

Comúnmente las ideas previas de los estudiantes son científicamente incorrectas y entorpecen el proceso de aprendizaje. Modificar estas ideas resulta desafiante debido a que son construcciones específicas, personales y de carácter implícito. Pueden proceder tanto del entorno escolar, por ejemplo, debido a errores en la interpretación de conceptos, como del entorno cultural del estudiante, de su entorno familiar o de la influencia de los medios de comunicación. De la misma

manera, las ideas previas pueden surgir espontáneamente en el estudiante como respuesta al mundo natural que lo rodea. Por esta razón, existen múltiples ideas alternativas relacionadas con el medio natural que nos rodea. Aunque estas concepciones alternativas sean coherentes con sus experiencias cotidianas y percepciones limitadas, a menudo difieren significativamente de las concepciones científicas aceptadas sobre estos fenómenos (Mahmud & Gutiérrez, 2010).

Con el fin de evitar que los estudiantes mantengan sus concepciones previas, es importante que el personal docente las conozca y las utilice como punto de partida para elaborar el contenido de la unidad didáctica. Si estas ideas previas se emplean como punto de partida para descubrir las respuestas correctas, los alumnos modificarán sus concepciones previas de acuerdo con las bases científicas. Es fundamental que los estudiantes comprendan el contenido científico y evalúen sus ideas previas en comparación con las bases científicas para lograr una mejor comprensión (Camelo bustos et al., 2007). Según investigaciones recientes, se sugiere que todas las ideas previas de los estudiantes pueden ser consideradas válidas, dependiendo del contexto en el que se utilicen. En un contexto científico, estas ideas previas pueden resultar incorrectas, sin embargo, en un contexto más informal o cotidiano, estas mismas ideas podrían ser consideradas correctas (Moreira, 2017).

Durante los años 90, surgió una corriente de investigación derivada del enfoque constructivista del aprendizaje, centrado en el estudio de las ideas previas de los estudiantes en diversos niveles educativos, desde temprana edad hasta el universitario. Este enfoque resultó ser de gran importancia para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias (Dávila Acedo et al., 2017). Aunque en las últimas décadas ha disminuido el interés en investigar este tema, posiblemente debido a la gran cantidad de estudios previos en esta área y al surgimiento de nuevas líneas de investigación con mayor interés. No obstante, es esencial identificar las concepciones previas que tienen los estudiantes antes de enseñar un nuevo contenido, ya que esto permitirá a los docentes dirigir mejor sus clases y enfocarse en aquellos conceptos en los que los alumnos presenten concepciones alternativas a las científicas.

Existen diversas estrategias que pueden emplear los profesores para identificar las ideas previas de los estudiantes antes de iniciar las clases. Estas metodologías incluyen entrevistas individuales o en grupos reducidos, diálogos con los estudiantes, pruebas de opción múltiple o de respuestas cortas, la resolución de problemas específicos para ciertos contenidos y la observación directa de los estudiantes. A partir de las respuestas obtenidas, estas ideas previas pueden aprovecharse para mejorar el proceso de aprendizaje.

Después de identificar las ideas previas, el profesor debe crear un conflicto cognitivo en el estudiante, lo que originará cierta frustración y la necesidad de buscar

otras alternativas a sus preconcepciones, que les resulten más convincentes. Esto no solo facilita la adquisición de conceptos correctos, sino que también hace que el aprendizaje sea más significativo.

El dominio del lenguaje científico es uno de los principales desafíos a los que se enfrentan los profesores de ciencias, ya que los estudiantes no suelen entenderlo con facilidad. En cuanto a los contenidos abordados en esta unidad didáctica, se destacan algunas de las concepciones previas más recurrentes entre los estudiantes. En numerosas ocasiones, los alumnos tienden a confundir el término "sustancia" con otros términos científicos como "átomo" o "elemento". Los estudiantes también suelen tener dificultades para distinguir entre cambios físicos y químicos, ya que se basan únicamente en lo que ven a simple vista y no tienen en cuenta el modelo corpuscular de la materia. Además, es habitual que los estudiantes no tengan una comprensión precisa de que durante una reacción química ocurre una reorganización de los átomos, ya que mantienen una idea errónea de que la materia es continua. Otros errores comunes incluyen la confusión entre los términos "disolver" y "fundir", la idea equivocada de que en una reacción química que produce gases, no se conserva la masa, así como la creencia equivocada de que los objetos sólidos están compuestos por materia, mientras que los líquidos y los gases no lo están (Dávila et al., 2017; Vetere et al., 2018).

3.3.2. Aprendizaje cooperativo

Aparte de comprender las ideas previas de los estudiantes antes de iniciar una nueva unidad, otra estrategia educativa que ha resultado muy efectiva desde su desarrollo es el trabajo en equipo o cooperativo.

El aprendizaje cooperativo (AC) es una estrategia que facilita la construcción activa del conocimiento, mediante una combinación de enfoques pedagógicos que requiere la participación activa tanto de los estudiantes como de los docentes (Madrid et al., 2013). De acuerdo con Velázquez Callado et al. (2014), el aprendizaje cooperativo se basa en una metodología educativa que suele emplear grupos heterogéneos y reducidos, en los que cada estudiante colabora con sus compañeros para avanzar tanto en su propio aprendizaje como en el de sus compañeros (Velázquez Callado et al., 2014). En lugar de transmitir el conocimiento científico como un producto ya formado, se busca lograrlo a través de las interacciones entre los estudiantes y entre los estudiantes y los docentes (Paulson, 1999).

Existen pruebas que respaldan el impacto positivo del aprendizaje cooperativo en la educación química, así como de las interacciones entre los estudiantes para desarrollar la cognición y el pensamiento. Las discusiones y el diálogo durante las

actividades mejoran las habilidades comunicativas de los estudiantes, los hacen responsables de su propio proceso de aprendizaje, fomentan su participación, además de promover actitudes positivas hacia los contenidos de estudio. Será indispensable la existencia de una interdependencia positiva dentro del grupo, ya que cualquier mejora de uno de sus miembros beneficiará al trabajo del grupo en su conjunto (Madrid et al., 2013).

Para asegurar el óptimo funcionamiento del grupo de trabajo cooperativo, es esencial que los estudiantes reconozcan que su desempeño individual está vinculado al esfuerzo conjunto del equipo. En consecuencia, es importante que incentiven a sus compañeros para alcanzar los resultados más destacados. Resulta fundamental que asuman su compromiso en el rol asignado y que los demás miembros también cumplan con sus responsabilidades. Además, realizar una evaluación del trabajo realizado puede aumentar la eficacia de cara a futuras tareas que deban emprender. Johnson et al. (1999) establece cinco principios del aprendizaje cooperativo que deben ser implementados para trabajar en grupo, tales como la interdependencia positiva, el fomento de habilidades interpersonales y de trabajo en grupo, la comunicación directa, el compromiso tanto individual como colectiva y la continua autoevaluación del grupo.

En el aula, es posible aplicar la metodología del aprendizaje cooperativo implementando tres tipos de grupos:

- Grupos informales: estos grupos se forman con el propósito de realizar actividades de corta duración, generalmente sin exceder una sesión de clase. Se utilizan grupos de 2 a 4 alumnos para asegurar que el alumno progrese adecuadamente en la asignatura, centrando su atención. De esta manera, todos los miembros participan de manera activa. Por lo general, estos grupos se utilizan para realizar breves debates en conjunto sobre algún tema tratado en clase. De esta manera, los estudiantes tienen la oportunidad de estructurar y explicar sus conocimientos acerca del contenido, al mismo tiempo que incorporan los puntos de vista de sus compañeros.
- Grupos formales: estos grupos se constituyen para trabajar durante una clase completa o a lo largo de varias sesiones. Los grupos, en este caso también formados por 3 a 4 estudiantes, se utilizan para completar tareas, realizar prácticas y buscar soluciones, entre otras cosas. Es responsabilidad del profesor estructurar previamente los grupos determinando quiénes los integrarán y cuál será el rol de cada uno. Además debe explicar claramente la tarea a realizar y la forma adecuada de llevarla a cabo. A lo largo de las sesiones, el profesor supervisará cada grupo para evaluar el proceso de aprendizaje, sin intervenir de manera que permita al estudiante descubrir por sí solo los contenidos de la materia.

- Grupos base: estos grupos se forman para un periodo de tiempo prolongado, como un trimestre o un curso completo, y están compuestos por un conjunto heterogéneo de estudiantes que buscan brindarse apoyo mutuo. Este enfoque educativo presenta múltiples beneficios para los estudiantes. Contribuye a elevar el rendimiento individual, inspira a los alumnos a perfeccionar sus hábitos de estudio diario, fomenta la creación de conexiones interpersonales y promueve el desarrollo de habilidades como la responsabilidad y la autoestima.

A continuación, se presentan dos de las técnicas de aprendizaje cooperativo que utilizaré en la propuesta didáctica del tema:

- Juego de las palabras: El juego de las palabras es una estrategia de aprendizaje cooperativo que se enfoca en los contenidos y se fundamenta en las estructuras desarrolladas por Spencer Kagan. El profesor forma grupos informales de tres miembros. Dentro de cada grupo, se designa un portavoz entre los integrantes del grupo. En el transcurso de la actividad, el docente escribe en la pizarra términos relacionados con el tema que será abordado en la sesión. Las palabras elegidas pueden abarcar distintos niveles de complejidad para desafiar a los estudiantes. En cada grupo, los estudiantes redactan frases que contengan estas palabras expresando su significado. Si un estudiante desconoce algún término, puede consultar el libro de texto. Una vez que los grupos han terminado la redacción de sus frases, o cuando el profesor lo considere oportuno, los portavoces de cada grupo explican las frases y se lleva a cabo una discusión en grupo. El profesor también puede hacer comentarios al respecto. A través de esta dinámica, los estudiantes se aproximan a los contenidos que se desarrollarán en la sesión de manera participativa.
- Un, dos, cuatro: La técnica "Un, dos, cuatro" implica que el profesor forme grupos formales con 4 miembros de diversa composición y les plantee una pregunta o problema. Luego, cada estudiante debe resolver cuidadosamente la tarea. Seguido de esto, cada estudiante comparte su trabajo con un compañero y ambos deben llegar a un consenso. Después, se lleva a cabo una comparación de los resultados de ambas parejas para llegar a una conclusión definitiva. Por último, uno de los miembros del grupo resuelve el ejercicio de forma voluntaria o el profesor selecciona aleatoriamente a un estudiante para resolverlo.

3.3.3. Flipped classroom

El principal objetivo de las nuevas metodologías educativas es fomentar en los estudiantes destrezas tales como el aprendizaje activo y el pensamiento crítico. Otra

técnica que puede contribuir al desarrollo de estas habilidades es la denominada "clase invertida" (*Flipped Classroom*).

Esta estrategia pedagógica implica un cambio en la disposición tradicional del aula. Los docentes proporcionan todos los conocimientos necesarios para abordar los objetivos de la asignatura. En esta técnica, los estudiantes interactúan con recursos audiovisuales a través de plataformas en línea preparadas previamente por el profesor. Al trabajar con este material, los estudiantes llegan a clase con un conocimiento sólido de los contenidos, lo que les permite abordar las actividades en el aula de manera más efectiva. Después de que los estudiantes hayan explorado el material por sí mismos, resulta útil llevar a cabo en el aula actividades menos teóricas, como debates, prácticas o búsquedas de soluciones (Zainuddin & Halili, 2016).

De acuerdo con estudios recientes (Doğan et al., 2023), se ha demostrado que esta estrategia educativa ofrece varias ventajas para los estudiantes. Al utilizarla, los estudiantes pasan de ser sujetos pasivos a activos, lo que aumenta su nivel de autoestima y responsabilidad. La naturaleza más práctica y participativa de las actividades en clase estimula la motivación del alumnado para involucrarse en ellas. El estudio también señala que cuando los estudiantes abordan los contenidos de manera independiente, retienen la información por más tiempo y logran una mejor asimilación, lo que conlleva una mejora notable en el proceso educativo. Por último, en relación con las competencias clave que el alumnado debe adquirir, con esta metodología se trabaja la competencia digital. Tradicionalmente, la competencia digital se trabajaba solamente en asignaturas directamente relacionadas con el contenido. Sin embargo, al utilizar esta herramienta educativa, se permite al alumno desarrollar más competencias mientras trabaja el mismo contenido, lo que amplía sus habilidades en este ámbito.

3.3.4. Aprendizaje Basado en la Indagación (ABI)

El Aprendizaje Basado en la Indagación (ABI) resulta ser una metodología valiosa para la enseñanza de las ciencias. Esta técnica de aprendizaje, centrada en la indagación, es apta para desarrollar habilidades esenciales en los alumnos de la educación obligatoria (Aramendi Jauregui et al., 2018).

La estrategia pedagógica se centra en la curiosidad y el interés de los estudiantes, con la finalidad de potenciarlos mediante la utilización del método científico. Para llevar a cabo esta metodología, el docente debe seguir ciertos pasos. En primer lugar, debe presentar el tema que el estudiante debe investigar utilizando el método científico. Posteriormente, el alumno debe formular hipótesis y evaluar si las predicciones tienen resultados válidos o no. A medida que el estudiante avanza, debe

trabajar su pensamiento analítico y crítico para poder abordar los desafíos que surjan durante el proceso. Es fundamental que el docente que emplee esta estrategia esté bien formado al respecto para evitar posibles frustraciones en los estudiantes y permitirles que puedan desarrollar todo su potencial.

Según se observa en el estudio de Romero-Ariza et al. (2020), los educadores demuestran actitudes favorables hacia esta metodología de aprendizaje. Sin importar el nivel educativo, esta técnica puede tener un gran impacto en el proceso de aprendizaje de los estudiantes, ya que les brinda la oportunidad de plantear preguntas, planificar, llevar a cabo experimentos, recopilar información empírica, presentar los resultados y extraer conclusiones a partir de todos los datos obtenidos.

En su obra, Fisher (2013) investigó el concepto de la indagación científica, ubicándolo en el contexto de la comprensión práctica de la ciencia, un enfoque que incentiva a los estudiantes a plantear preguntas. De acuerdo con su creencia, la indagación científica es crucial tanto para la enseñanza como el aprendizaje de la ciencia, ya que fomenta el pensamiento crítico de los estudiantes y despierta su interés por la investigación. Así, los estudiantes se involucran más activamente en la resolución de sus propias dudas, lo que facilita la construcción de su propio conocimiento.

Para que esta técnica funcione correctamente, el docente debe tener en cuenta que el estudiante ya posee cierto conocimiento acerca del tema que se va a enseñar. Para lograr un aprendizaje significativo y óptimo, es necesario establecer una conexión dinámica y compleja entre los momentos en que el docente transmita el conocimiento y los momentos en que los estudiantes realicen la indagación (Godino & Burgos, 2020). Por su parte, Romero-Ariza (2017), identifica varios elementos imprescindibles para alcanzar un aprendizaje por indagación significativo y de calidad, tales como la selección de contextos y preguntas apropiadas, la motivación y el compromiso en la exploración de temas científicos, y la comprensión de las ideas científicas. Es crucial que el docente oriente el proceso, formulando preguntas que fomenten la construcción significativa del conocimiento y el razonamiento, promoviendo formas efectivas de trabajo y dirigiendo la atención hacia los aspectos clave.

3.3.5. Utilización de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC)

Ante la necesidad creciente de estimular la motivación de los estudiantes y contrarrestar la disminución del interés en ciertas materias, han surgido las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC).

Las TIC proporcionan una amplia gama de herramientas que enriquecen el proceso de enseñanza y aprendizaje de cualquier asignatura. En particular, en el ámbito de las ciencias, numerosos educadores respaldan la eficacia del empleo de

estas herramientas para potenciar el aprendizaje en las disciplinas científicas. La utilización adecuada de estas herramientas conlleva beneficios significativos tanto para los estudiantes como para los docentes. Los estudiantes pueden ser más autónomos e interactuar más, realizar la autoevaluación de manera más rápida y logran trabajar en actividades flexibles, entre otras cosas. Por otro lado, los docentes pueden acceder a información actualizada, obtener nuevos recursos didácticos y mejorar la preparación de sus clases, entre otros (Ruiz Arroyo & Tesouro, 2013).

En la sociedad actual, el acceso a estas tecnologías es prácticamente indispensable. Es importante tener en cuenta que no todo son ventajas. Suponer que todos los estudiantes cuentan con acceso a estas herramientas puede poner en desventaja a aquellos que no las tienen en casa. Por lo tanto, los profesores deben ser conscientes de estas posibles limitaciones y comunicarlas a la institución educativa para solucionarlas. De esta forma, todos los estudiantes puedan disfrutar de los beneficios proporcionados por las herramientas TIC.

Para integrar las TIC en el aula de manera efectiva, es necesario considerar el perfil de estudiantes con el que se está trabajando, así como el rol que desempeñará el docente. Es fundamental que los docentes estén familiarizados con las TIC que se emplearán en el aula y guíe al alumnado durante todo el proceso de aprendizaje. Además, es su responsabilidad asegurar que el alumno utilice las TIC de manera adecuada y que tenga la oportunidad de experimentar, investigar y desarrollar su creatividad. Es esencial que el centro educativo cuente con suficiente material tecnológico para que el alumno pueda realizar las actividades. En la actualidad, es frecuente que los centros educativos dispongan de ordenadores o tablets para el trabajo de los estudiantes en el aula. Asimismo, es común encontrar pizarras digitales o proyectores que se utilizan tanto para presentar contenido por parte de los docentes como para llevar a cabo diversas actividades.

En la presente unidad didáctica, se utilizan diversas herramientas TIC para facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje, entre las cuales se incluyen: visualización y creación de vídeos; búsqueda de recursos en línea; utilización de los principales programas de ofimática; exploración de un simulador virtual y utilización de la plataforma *Classroom*.

En cuanto a la penúltima herramienta mencionada, los laboratorios virtuales y simuladores ofrecen a los estudiantes una experiencia cercana a la realidad, lo que contribuye a que los alumnos se sumerjan en su entorno de trabajo y aumenta su interés en el tema. Además, el uso de estas herramientas puede ser una alternativa económica a las prácticas de laboratorio convencionales, ya que se pueden repetir cuantas veces sea necesario sin incurrir en costos adicionales, lo que es especialmente beneficioso para instituciones con recursos limitados. Sin embargo, hay algunos

inconvenientes a considerar, como por ejemplo, a veces los estudiantes pueden tener dificultades para entender la información proporcionada por las herramientas virtuales, lo que puede dificultar la comprensión y asimilación de los contenidos que se intentan enseñar. Por lo tanto, es fundamental que los docentes participen activamente en el proceso para orientar a los estudiantes en la construcción de su propio conocimiento (Romero Ariza & Quesada Armenteros, 2014).

4. PROYECCIÓN DIDÁCTICA

4.1. Justificación de la elección de la unidad didáctica

La Memoria presenta la unidad didáctica titulada "*Fundamentos de las reacciones químicas*", diseñada para estudiantes de cuarto curso de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) en la materia de Física y Química. Los contenidos de esta unidad didáctica pertenecen al bloque 3 "*Los cambios*" del cuarto curso de la ESO, de acuerdo al Real Decreto 1105/2014, publicado el 26 de diciembre, donde se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato.

A lo largo de la unidad, se enseñan diversos conceptos, principios fundamentales y saberes esenciales necesarios para tratar el tema de las reacciones químicas. Entre ellos se incluyen la definición de reacción química, la definición de ecuación química, junto con su representación y ajuste, las leyes fundamentales que rigen las reacciones químicas. También se desarrollarán los conceptos de mol, concentración molar, la velocidad de reacción química y los factores que pueden alterarla, los cálculos estequiométricos, así como la energía involucrada en dichas reacciones.

Después de haber aprendido todos estos conceptos, se llevarán a cabo prácticas de laboratorio para que los estudiantes puedan aplicarlos en situaciones reales y puedan trabajar con conocimiento en un entorno de laboratorio.

Para concluir esta unidad didáctica, los estudiantes llevarán a cabo un trabajo de investigación que implicará la búsqueda y comprensión de información relevante.

La unidad didáctica ha sido diseñada para ser impartida en diez sesiones, cada una con una duración de una hora, y se apoya en diferentes estrategias metodológicas. Entre estos se incluyen la exploración de las concepciones previas del alumnado, el aprendizaje cooperativo, la *flipped classroom*, la aplicación de la metodología de aprendizaje basado en la indagación y la integración de herramientas tecnológicas (TIC). Estas estrategias innovadoras no solo estimulan el interés y la motivación de los estudiantes en materias científicas como la Física y la Química, sino que también

fomentan la alfabetización científica y el pensamiento crítico de los alumnos. Todo esto les será de ayuda en el futuro para participar activamente en la sociedad como adultos.

4.2. Normativa educativa de referencia

A continuación se menciona la normativa educativa de referencia consultada, vigente en la actualidad, a nivel tanto estatal como autonómico, para llevar a cabo este Trabajo Fin de Máster. En la legislación se encuentran las competencias clave, el contenido a abordar, los criterios de evaluación y los resultados de aprendizaje, así como algunas anotaciones y directrices para garantizar un proceso de aprendizaje óptimo para los estudiantes.

➤ Normativa estatal

- ✓ Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa (LOMCE). <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2013-12886>
- ✓ Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2015-37>
- ✓ Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la educación primaria, la educación secundaria obligatoria y el bachillerato. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2015-738>
- ✓ Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (LOMLOE). https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2020-17264
- ✓ Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/03/29/217/con>

➤ Normativa autonómica

- ✓ Decreto 111/2016, de 14 de junio, por el que se establece la ordenación y el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad Autónoma de Andalucía. <https://www.juntadeandalucia.es/boja/2016/122/2>
- ✓ Orden de 15 de enero de 2021, por la que se desarrolla el currículo correspondiente a la etapa de Educación Secundaria Obligatoria en la

Comunidad Autónoma de Andalucía, se regulan determinados aspectos de la atención a la diversidad, se establece la ordenación de la evaluación del proceso de aprendizaje del alumnado y se determina el proceso de tránsito entre distintas etapas educativas.

<https://www.juntadeandalucia.es/boja/2021/507/2>

- ✓ Instrucción 1/2022, de 23 de junio, de la Dirección General de Ordenación y Evaluación Educativa, por la que se establecen aspectos de organización y funcionamiento para los centros que impartan educación secundaria obligatoria para el curso 2022/2023.
<https://www.juntadeandalucia.es/educacion/portals/web/ced/novedades/-/novedades/detalle/ep332ikUb0dM/instruccion-13-2022-de-23-de-junio-de-la-direccion-general-de-ordenacion-y-evaluacion-educativa-por-la-que-se-1qzhs65nqu3de>
- ✓ Orden de 30 de mayo de 2023, por la que se desarrolla el currículo correspondiente a la etapa de Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad Autónoma de Andalucía [LOMLOE], se regulan determinados aspectos de la atención a la diversidad y a las diferencias individuales, se establece la ordenación de la evaluación del proceso de aprendizaje del alumnado y se determina el proceso de tránsito entre las diferentes etapas educativas. <https://www.juntadeandalucia.es/boja/2023/104/37>

4.3. Contextualización

El diseño de esta unidad didáctica está orientado para ser impartido a estudiantes de 4º curso de Educación Secundaria Obligatoria en el Instituto de Educación Secundaria (IES) Vera Cruz de Begíjar, Jaén (Figura 14).



Figura 14. Fotografía del edificio principal del I.E.S. Vera Cruz

4.3.1. La clase

La unidad didáctica se desarrolla en la clase habitual, a excepción de una sesión que se lleva a cabo en el laboratorio. El aula cuenta con una pizarra tradicional y una pizarra interactiva que tiene conexión a internet. En la clase hay 30 pupitres individuales, organizados en 6 filas de 5 pupitres cada una, de modo que los estudiantes se sientan de frente a las pizarras y al profesor.

La materia de Física y Química se imparte tres veces por semana, en los horarios que se recogen en la Tabla 1:

Tabla 1. Horario semanal de la materia de Física y Química de 4º curso de Educación Secundaria Obligatoria (ESO). (Fuente: elaboración propia).

Hora	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
08:15-09:15		Física y Química			
09:15-10:15					
10:15-11:15				Física y Química	
11:15-11:45	RECREO	RECREO	RECREO	RECREO	RECREO
11:45-12:45					
12:45-13:45			Física y Química		
13:45-14:45					

4.3.2. Características del alumnado

Esta unidad didáctica se dirige a estudiantes de cuarto curso de Educación Secundaria Obligatoria. En el centro hay un grupo de cuarto compuesto por un total de 27 estudiantes, de los cuales 15 son alumnos y 12 son alumnas, con edades comprendidas entre los 15 y los 17 años. En líneas generales, se trata de estudiantes altamente comprometidos e interesados en la asignatura, lo cual contribuye a crear un ambiente positivo en el aula. En lo que respecta a su rendimiento académico, presenta un nivel de rendimiento escolar que puede ser catalogado como medio-alto en comparación con cursos anteriores.

En el diseño de una programación didáctica es esencial tener en cuenta a quién va dirigido. Durante la educación secundaria obligatoria, los estudiantes atraviesan la adolescencia, una etapa en la que es necesario prepararlos para vivir conscientemente en una sociedad libre, plural y técnicamente avanzada. Por tanto, el objetivo debe ser impulsar la autonomía del alumnado, no solo en el plano intelectual, sino también en el crítico, creativo, moral y social. Para lograr estos objetivos, debemos tener en cuenta

los progresivos cambios físicos, sociales, afectivos y, sobre todo, cognitivos de los estudiantes.

El alumnado de ESO con el que he trabajado es muy heterogéneo en cuanto a capacidades y necesidades, lo cual es importante considerar para poder llevar a cabo eficazmente el proceso de enseñanza-aprendizaje. Desafortunadamente, debido a la ubicación del centro, se enfrenta a un alto índice de fracaso escolar. Este problema suele deberse a la presencia de dificultades familiares, problemas económicos, falta de control y exigencia por parte de los padres, falta de motivación, entre otros motivos. A pesar de esto, los estudiantes en general tienen un buen nivel educativo que permite desarrollar adecuadamente los contenidos correspondientes. En el caso de los estudiantes con necesidades educativas especiales, se les proporciona material adaptado y se les brinda apoyo en el aula correspondiente. En resumen, a pesar de los desafíos que enfrenta el alumnado, se trabaja continuamente para proporcionar un ambiente educativo respetuoso e inclusivo donde todos los estudiantes tengan igualdad de oportunidades de aprendizaje y puedan alcanzar su máximo potencial.

En general, el alumnado del centro muestra una actitud respetuosa hacia el profesorado y suele seguir en gran medida las instrucciones que se les dan. Durante las clases, es posible observar momentos de desinterés o falta de motivación para trabajar en ciertas actividades. No obstante, con una presentación adecuada del contenido y la inclusión de actividades más atractivas, es posible lograr que los estudiantes se centren en el material didáctico y se involucren de manera activa en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

4.4. Objetivos

En el Capítulo I, denominado “Disposiciones generales”, del Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato, podemos encontrar la definición de objetivos en el artículo 2, apartado **b)**. En este contexto, se consideran objetivos como “referentes relativos a los logros que el estudiante debe alcanzar al finalizar cada etapa, como resultado de las experiencias de enseñanza-aprendizaje intencionalmente planificadas a tal fin”.

4.4.1. Objetivos establecidos para la etapa educativa

La etapa de Educación Secundaria Obligatoria establece sus objetivos de etapa en el Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre. Según el artículo 11 del capítulo II, esta etapa educativa tiene como objetivo fomentar el desarrollo de las capacidades de los estudiantes que los preparan para:

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

b) Desarrollar y consolidar hábitos de disciplina, estudio y trabajo individual y en equipo como condición necesaria para una realización eficaz de las tareas del aprendizaje y como medio de desarrollo personal.

c) Valorar y respetar la diferencia de sexos y la igualdad de derechos y oportunidades entre ellos. Rechazar la discriminación de las personas por razón de sexo o por cualquier otra condición o circunstancia personal o social. Rechazar los estereotipos que supongan discriminación entre hombres y mujeres, así como cualquier manifestación de violencia contra la mujer.

d) Fortalecer sus capacidades afectivas en todos los ámbitos de la personalidad y en sus relaciones con los demás, así como rechazar la violencia, los prejuicios de cualquier tipo, los comportamientos sexistas y resolver pacíficamente los conflictos.

e) Desarrollar destrezas básicas en la utilización de las fuentes de información para, con sentido crítico, adquirir nuevos conocimientos. Adquirir una preparación básica en el campo de las tecnologías, especialmente las de la información y la comunicación.

f) Concebir el conocimiento científico como un saber integrado, que se estructura en distintas disciplinas, así como conocer y aplicar los métodos para identificar los problemas en los diversos campos del conocimiento y de la experiencia.

g) Desarrollar el espíritu emprendedor y la confianza en sí mismo, la participación, el sentido crítico, la iniciativa personal y la capacidad para aprender a aprender, planificar, tomar decisiones y asumir responsabilidades.

h) Comprender y expresar con corrección, oralmente y por escrito, en la lengua castellana y, si la hubiere, en la lengua cooficial de la Comunidad Autónoma, textos y mensajes complejos, e iniciarse en el conocimiento, la lectura y el estudio de la literatura.

i) Comprender y expresarse en una o más lenguas extranjeras de manera apropiada.

j) Conocer, valorar y respetar los aspectos básicos de la cultura y la historia propias de los demás, así como el patrimonio artístico y cultural.

k) Conocer y aceptar el funcionamiento del propio cuerpo y el de los otros, respetar las diferencias, afianzar los hábitos de cuidado y salud corporales e incorporar

la educación física y la práctica del deporte para favorecer el desarrollo personal y social. Conocer y valorar la dimensión humana de la sexualidad en toda su diversidad. Valorar críticamente los hábitos sociales relacionados con la salud, el consumo, el cuidado de los seres vivos y el medioambiente, contribuyendo a su conservación y mejora.

l) Apreciar la creación artística y comprender el lenguaje de las distintas manifestaciones artísticas, utilizando diversos medios de expresión y representación.

A parte de los objetivos previamente mencionados, el Decreto 111/2016, de 14 de junio, de la Comunidad Autónoma de Andalucía, incorpora dos objetivos adicionales en su artículo 3.2:

a) Conocer y apreciar las peculiaridades de la modalidad lingüística andaluza en todas sus variedades.

b) Conocer y apreciar los elementos específicos de la historia y la cultura andaluza, así como su medio físico y natural y otros hechos diferenciadores de nuestra Comunidad, para que sea valorada y respetada como patrimonio propio y en el marco de la cultura española y universal.

4.4.2. Objetivos globales de la asignatura de Física y Química

Los objetivos globales de la asignatura de Física y Química se encuentran establecidos en el Anexo II de la Orden de 15 de enero de 2021, por la que se desarrolla el currículo correspondiente a la etapa de Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad Autónoma de Andalucía. Durante esta etapa, la asignatura de Física y Química tiene como objetivo fomentar el desarrollo de las capacidades necesarias en el alumno que les permitan:

1. Comprender y utilizar las estrategias y los conceptos básicos de la Física y de la Química para interpretar los fenómenos naturales, así como para analizar y valorar sus repercusiones en el desarrollo científico y tecnológico.

2. Aplicar, en la resolución de problemas, estrategias coherentes con los procedimientos de las ciencias, tales como el análisis de los problemas planteados, la formulación de hipótesis, la elaboración de estrategias de resolución y de diseño experimentales, el análisis de resultados, la consideración de aplicaciones y repercusiones del estudio realizado.

3. Comprender y expresar mensajes con contenido científico utilizando el lenguaje oral y escrito con propiedad, interpretar diagramas, gráficas, tablas y expresiones matemáticas elementales, así como comunicar argumentaciones y explicaciones en el ámbito de la ciencia.

4. Obtener información sobre temas científicos, utilizando distintas fuentes, y emplearla, valorando su contenido, para fundamentar y orientar trabajos sobre temas científicos.

5. Desarrollar actitudes críticas fundamentadas en el conocimiento científico para analizar, individualmente o en grupo, cuestiones relacionadas con las ciencias y la tecnología.

6. Desarrollar actitudes y hábitos saludables que permitan hacer frente a problemas de la sociedad actual en aspectos relacionados con el uso y consumo de nuevos productos.

7. Comprender la importancia que el conocimiento en ciencias tiene para poder participar en la toma de decisiones tanto en problemas locales como globales.

8. Conocer y valorar las interacciones de la ciencia y la tecnología con la sociedad y el medio ambiente, para así avanzar hacia un futuro sostenible.

9. Reconocer el carácter evolutivo y creativo de la Física y de la Química y sus aportaciones a lo largo de la historia.

4.4.3. Objetivos concretos de la presente unidad didáctica

A lo largo de esta unidad didáctica, se pretende que los estudiantes adquieran habilidades que les permitan alcanzar los siguientes objetivos:

1. Discriminar entre cambios químicos y físicos.
2. Identificar los reactivos y los productos en las reacciones químicas.
3. Realizar el ajuste de reacciones químicas
4. Comprender el mecanismo y la reorganización atómica que tiene lugar en una reacción química para deducir la ley de conservación de la masa.
5. Identificar, mediante experimentos sencillos de laboratorio, cómo ciertos factores influyen en la velocidad de las reacciones químicas, aplicando la teoría de colisiones y el modelo cinético-molecular.
6. Entender la cantidad de sustancia como una magnitud fundamental y el mol como su unidad de medida.
7. Resolver problemas estequiométricos de diversas modalidades, como cálculos de masa a masa, reacciones en solución, y reacciones entre gases.
8. Realizar cálculos básicos de ecuaciones termoquímicas y diferenciar entre reacciones exotérmicas y endotérmicas.

9. Comprender la relevancia de las reacciones químicas en relación con la preservación del entorno y sus efectos en el cambio climático.

10. Desarrollar un proyecto de investigación de nivel básico empleando las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC).

4.5. Competencias clave

Las competencias vienen definidas en el artículo 2, apartado c) del Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato. Las competencias se definen como "capacidades para aplicar de forma integrada los contenidos propios de cada enseñanza y etapa educativa, con el fin de lograr la realización adecuada de actividades y la resolución eficaz de problemas complejos".

En el artículo 2, de la Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la educación primaria, la educación secundaria obligatoria y el bachillerato, se establecen siete competencias clave del currículo. En esta unidad didáctica, se fomentan las siguientes competencias clave:

1. Comunicación lingüística (CCL): La competencia de comunicación lingüística se fortalece mediante el uso de vocabulario científico relacionado con las reacciones químicas. A través de actividades cooperativas, búsqueda de información, debates y la elaboración de trabajos escritos, entre otras tareas, los estudiantes adquieren un lenguaje técnico que les permitirá expresar y compartir sus ideas de manera efectiva.

Es fundamental que los estudiantes interpreten correctamente las instrucciones de los ejercicios y las prácticas, seleccionen los aspectos más relevantes y determinen la manera más adecuada de comunicar los resultados.

2. Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología (CMCT): Estas competencias se integran durante toda la unidad y en toda la asignatura de Física y Química, ya que están estrechamente relacionadas con los contenidos enseñados.

La competencia matemática desempeña un papel fundamental en la comprensión de las reacciones químicas. En esta unidad, la competencia matemática se enfoca principalmente en los cálculos estequiométricos y aquellos relacionados con la cantidad de sustancia, utilizando factores de conversión. Por lo tanto, la adquisición de esta competencia se promueve principalmente a través de la resolución de actividades y problemas relacionados con las reacciones químicas.

En cuanto a las competencias básicas en ciencia y tecnología, se centran principalmente en actividades relacionadas con la aplicabilidad de las reacciones químicas en la industria y la vida cotidiana, y en la investigación. Esta competencia estimula el pensamiento crítico en los estudiantes. De esta manera, en situaciones posteriores en el aula, los estudiantes tendrán sus propias ideas y serán capaces de formular respuestas fundamentadas.

3. Competencia digital (CD): Las tecnologías de la información y la comunicación desempeñan un papel esencial en el sistema educativo, especialmente en el ámbito científico. La competencia digital se refleja mediante el uso de simuladores, la realización de visualizaciones, la grabación de vídeos, la búsqueda y selección de información en internet, entre otras actividades.

4. Aprender a aprender (CAA): La importancia de esta competencia se refleja en la mayor parte de las actividades realizadas en esta unidad. Se encuentra intrínsecamente relacionada con las actividades que involucran predicción, observación, motivación y participación por parte del alumno. Esto les ayuda a desarrollar las habilidades de aprendizaje que les capacitarán para llevar a cabo el autoaprendizaje

El estudiante avanza en su proceso de autoaprendizaje a través de la taxonomía de Bloom. Los estudiantes progresan a través de diferentes etapas hasta alcanzar la capacidad de generar conocimiento de forma autónoma. El estudiante retiene y comprende el contenido, puede aplicarlo y analizarlo, y, en última instancia, evaluarlo y generar nuevo conocimiento. De esta manera, el alumno estará capacitado para llevar a cabo experimentos en el laboratorio con pocas instrucciones, realizar trabajos de investigación y resolver problemas planteados en la unidad de manera independiente.

5. Competencias sociales y cívicas (CSC): Esta competencia se fomenta principalmente en las actividades colaborativas y durante las prácticas de laboratorio, donde los estudiantes deben tomar decisiones, compartir ideas y mostrar tolerancia hacia las opiniones de sus compañeros/as.

Además, también se refleja esta competencia en la utilización de las reacciones químicas en la industria, la vida cotidiana y la relevancia de preservar el medio ambiente. De esta manera, los estudiantes deben buscar soluciones o alternativas a los problemas planteados mediante el uso de reacciones químicas.

6. Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor (SIEP): Esta competencia se centra en el pensamiento crítico de los estudiantes, demostrando la predisposición, iniciativa, creatividad y espíritu emprendedor al abordar diversas actividades, como prácticas de laboratorio, trabajos de investigación o búsqueda autónoma de información.

7. Conciencia y expresiones culturales (CEC): A pesar de que en la materia de Física y Química se aborda esta competencia en menor medida en comparación con otras, puede incorporarse en diversas actividades. Para fomentar el desarrollo de esta competencia, se sugiere a los estudiantes realizar un proyecto de investigación en el que se valore la importancia de las contribuciones científicas de Avogadro de manera abierta y respetuosa.

Después de definir los criterios de evaluación que abordaremos en este tema, los vincularemos con las actividades y las competencias que los estudiantes desarrollarán en cada una de ellas. Estos detalles se presentan en el apartado de evaluación, en la tabla 15.

4.6. Contenidos

Antes de iniciar una unidad didáctica, es fundamental considerar el contenido que debe abordarse en el aula según la normativa vigente. Además, es importante tener en cuenta el tiempo disponible para impartir dicha unidad en relación con el total de horas asignadas a la asignatura. Algunos temas, debido a su extensión o complejidad, pueden necesitar más horas de clase en comparación con temas más simples o de repaso.

El Capítulo I del Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato, en el artículo 2, apartado **d)**, define los contenidos como "conjunto de conocimientos, habilidades, destrezas y actitudes que contribuyen al logro de los objetivos de cada enseñanza y etapa educativa y a la adquisición de competencias. Los contenidos se ordenan en asignaturas, que se clasifican en materias y ámbitos, en función de las etapas educativas o los programas en que participe el alumnado".

Los contenidos específicos de esta unidad didáctica se encuentran establecidos en el Anexo II de la Orden de 15 de enero de 2021, en el marco del bloque 3 "*Los cambios*" de la asignatura de Física y Química para el cuarto curso de Educación Secundaria Obligatoria (ESO). Estos contenidos son los siguientes:

- C.1.** Reacciones y ecuaciones químicas.
- C.2.** Mecanismo, velocidad y energía de las reacciones.
- C.3.** Cantidad de sustancia: el mol.
- C.4.** Concentración molar.
- C.5.** Cálculos estequiométricos.

Otro aspecto de gran relevancia al diseñar una unidad didáctica es la planificación de las sesiones que se llevarán a cabo, así como las actividades, conceptos y metodología que se trabajarán en cada sesión. Más adelante, en la sección de evaluación, se establecerán los instrumentos para evaluar el progreso de los estudiantes en las diferentes sesiones y, finalmente, se relacionarán estos instrumentos con las competencias desarrolladas por los estudiantes.

4.6.1. Metodología

En esta unidad didáctica se utiliza una metodología diversa con el objetivo de fomentar la autonomía del estudiante en su propio proceso de aprendizaje, promoviendo un enfoque activo del aprendizaje.

Es esencial detectar las ideas previas al comienzo de la unidad para que el docente tenga información del nivel de conocimiento científico que los estudiantes poseen acerca del tema que se va a enseñar. Esto permite a los docentes identificar posibles concepciones erróneas y abordarlas de manera efectiva utilizando la metodología apropiada.

Otra metodología que se emplea en algunas de las sesiones propuestas es el aprendizaje cooperativo. A través de esta metodología, que incluye resolución de ejercicios, prácticas de laboratorio y otras actividades grupales de aprendizaje, se fomenta el trabajo en grupo y se fomentan habilidades sociales. Esto contribuye a formar individuos activos que estarán preparados para participar plenamente en la sociedad en el futuro, al tiempo que adquieren contenidos específicos de la materia abordados en cada sesión.

La indagación científica es otra metodología de trabajo empleada en esta unidad. Mediante esta actividad, los estudiantes desarrollan habilidades informáticas al utilizar herramientas TIC, aprenden a buscar en internet, formulan preguntas y generan hipótesis. También diseñan experimentos para poner a prueba sus hipótesis, construyen explicaciones científicas basadas en las evidencias disponibles, exploran la historia de la química y aprenderán a elaborar informes científicos.

Asimismo, los estudiantes tendrán la oportunidad de emplear herramientas TIC para complementar su proceso de aprendizaje en física y química. Esto incluye actividades con simuladores virtuales, la visualización de vídeos relacionados con el contenido y la creación de vídeos explicativos personalizados centrados en temas específicos sobre las reacciones químicas. Estos métodos de trabajo promueven un aprendizaje activo que estimula la creatividad y la imaginación de los estudiantes.

Además de estas actividades, se llevarán a cabo clases expositivas por parte del docente. Estas clases servirán para estructurar ideas, identificar conceptos clave y

construir conocimiento de manera colaborativa a través de un diálogo interactivo. Se complementarán con la realización de actividades resueltas para una comprensión más profunda de los contenidos. Además, se asignarán tareas para realizar en casa que ayudarán a los estudiantes a reforzar y aplicar los conocimientos adquiridos en el aula.

4.6.2. Temporalización

Con el fin de aprovechar eficazmente el tiempo y cubrir todo el contenido correspondiente a este curso, es importante realizar una adecuada planificación temporal de la asignatura, distribuyendo los diferentes temas a lo largo de los tres trimestres que conforman el curso. A continuación, se presenta una propuesta de programación temporal de la asignatura, que se encuentra detallada en la Tabla 2.

Tabla 2. Estimación de la temporalización de las unidades didácticas de Física y Química en 4º curso de Educación Secundaria Obligatoria (ESO). (Fuente: elaboración propia).

Bloque	Unidad didáctica	Trimestre	Sesiones
Evaluación inicial		1º	1
1	1. La actividad científica		8
2	2. El átomo y la tabla periódica		9
	3. El enlace químico		10
	4. El átomo de carbono		10
3	5. Las reacciones químicas	2º	10
4	6. Los movimientos rectilíneos		9
	7. Las fuerzas y los cambios de movimiento		10
	8. Movimiento circular y gravitación universal		9
	9. Fuerzas en los fluidos	3º	8
5	10. Trabajo y energía mecánica		10
	11. El calor: Una forma de transferir energía		9
Evaluación final			1
Número total de sesiones			104

Para la implementación de las unidades, se seguirá el horario asignado para la materia de Física y Química, que consta de 3 clases semanales, según se detalla en la sección 4.3.2. La unidad "Fundamentos de las reacciones químicas" se desarrollará a lo largo de 10 sesiones, programadas aproximadamente desde el 9 hasta el 30 de enero por la organización total del curso. Los días específicos en los que se impartirá esta unidad se detallarán en la Figura 15.

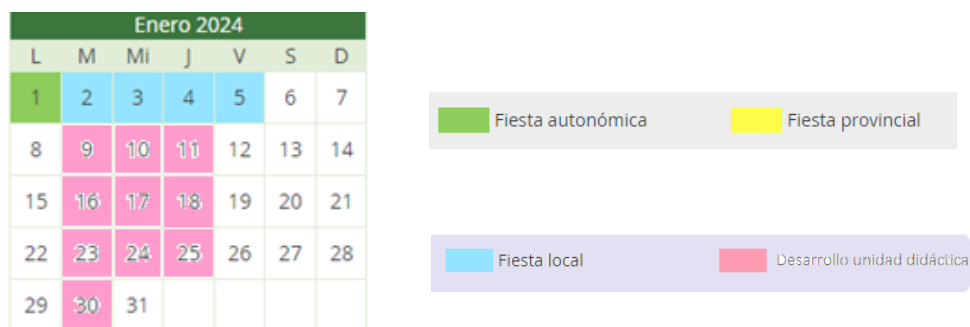


Figura 15. Calendario específico de impartición de la unidad "Fundamentos de las reacciones químicas". (Fuente: elaboración propia).

4.6.3. Sesiones de trabajo

En esta sección, se presentará el trabajo realizado en cada una de las sesiones, incluyendo el procedimiento seguido y los recursos y materiales empleados. Estos materiales han sido previamente preparados para que los estudiantes los utilicen en su proceso de aprendizaje. Todos los recursos y el material utilizados están diseñados para abordar algún concepto de la unidad, relacionado con uno de los criterios de evaluación establecidos en la legislación actual.

Las sesiones se desarrollan mediante una variedad de actividades las cuales se llevan a cabo con el propósito de alcanzar los objetivos establecidos en la unidad didáctica. Estas actividades pueden clasificarse de la siguiente manera:

1. Actividades de diagnóstico o iniciales: Estas actividades orientan tanto al estudiante como al docente, fomentando un entorno propicio para el inicio de la enseñanza.
2. Actividades motivadoras: Diseñadas para despertar el interés del alumno por el contenido que se va a abordar.
3. Actividades de desarrollo: Facilitan al estudiante la adquisición de los objetivos, competencias clave y contenidos establecidos en la unidad.
4. Actividades de refuerzo: Ayudan a consolidar los conocimientos adquiridos previamente.
5. Actividades de dinámica en grupos, debates: Fomentan la participación activa del alumnado.
6. Actividades sumativas o de evaluación final: Refuerzan los conocimientos aprendidos y permiten identificar posibles dificultades en el proceso de aprendizaje.

El rol del profesorado en el desarrollo de la unidad didáctica es esencial para guiar a los estudiantes a lo largo del proceso educativo. Su función consiste en explicar los contenidos de la unidad y utilizar diversos recursos para aclarar o complementar dichos contenidos. También debe adaptarse a las características y necesidades individuales de los alumnos, con el objetivo de facilitar el proceso de aprendizaje y promover el éxito de la mayoría de los alumnos. Además de ejercer la función de especialista y transmisor de conocimientos e ideas, es importante que el profesor apoye el crecimiento personal de los estudiantes, fomentando el pensamiento crítico, la independencia en el estudio y las interacciones positivas con sus compañeros.

A continuación, se describe el trabajo que se realizará en cada una de las sesiones que componen esta unidad didáctica (Tablas 3-12). La unidad didáctica consta de 10 sesiones lectivas, cada una con una duración total de 1 hora. La unidad se iniciará con una sesión enfocada en las ideas previas de los estudiantes sobre el tema y concluirá con una evaluación de la unidad que incluirá una prueba final. Además, en los anexos adjuntos se incluyen las actividades planificadas junto con sus soluciones.

SESIÓN 1: Concepciones previas de los estudiantes e introducción a la unidad						
Actividad	Duración	Objetivos	Contenidos	Competencias	Desarrollo de la actividad	Material
A Evaluación inicial de los conocimientos del estudiante	20 minutos	Ayudar al docente a identificar las ideas previas de los estudiantes acerca de los contenidos de la unidad	Ideas previas sobre las reacciones químicas	CMCT, CCL	Antes de comenzar a desarrollar el contenido, cada estudiante realizará un cuestionario con 10 preguntas tipo test. Cada pregunta tendrá varias opciones de respuesta, de las cuales solo una es la correcta. Es importante destacar que esta actividad no tendrá carácter evaluativo. Su propósito es detectar las ideas previas de los estudiantes. Basándose en los resultados obtenidos en este cuestionario y con el objetivo de promover un aprendizaje significativo y corregir posibles concepciones erróneas por las científicas, el profesor planificará las actividades de la unidad.	Cuestionario (Anexos)
B Presentación de la unidad didáctica	10 minutos	Establecer el contenido que se pretende que adquiera el alumnado durante el desarrollo de la unidad	Visión global de la unidad	CMCT, CAA	Para introducir a los estudiantes en esta unidad, el profesor comenzará la clase explicando conceptos fundamentales de las reacciones químicas utilizando el material del libro. Se destacarán las diferencias entre cambios físicos y cambios químicos, así como la distinción entre reactivos y productos, los coeficientes estequiométricos, la ley de conservación de la masa y la representación de las reacciones químicas mediante ecuaciones.	Libro de texto (Oxford, 2016)

C						
Simulación virtual: Representación y ajuste de reacciones químicas	30 minutos	Comprender, representar y ajustar de manera correcta las reacciones químicas.	Representación y ajuste de reacciones químicas	CMCT, CD, CAA	Luego, la actividad se trasladará a dispositivos informáticos como un ordenador o tableta digital. Mediante un simulador virtual, los estudiantes deberán ajustar 15 reacciones químicas y registrar las ecuaciones ajustadas en una hoja de trabajo designada. Al finalizar la clase, los estudiantes entregan sus hojas de trabajo al profesor.	Dispositivos informáticos Ficha 1 (Anexos)

Tabla 3. Sesión 1: Concepciones previas de los estudiantes e introducción a la unidad (Fuente: elaboración propia).

SESIÓN 2: Mecanismo de una reacción química						
Actividad	Duración	Objetivos	Contenidos	Competencias	Desarrollo de la actividad	Material
A <i>Flipped Classroom:</i> cinética	15 minutos	Adquirir una comprensión de la teoría cinético-molecular y del movimiento de las partículas en relación al estado de agregación de la materia, comprender la teoría de las colisiones e identificar y comprender los diversos factores que influyen en la velocidad de las reacciones químicas	Teoría cinético-molecular , teoría de las colisiones, velocidad de las reacciones químicas, factores que afectan a la velocidad de reacción	CMCT, CD, CAA	El docente comenzará la sesión con una breve introducción sobre los temas que se abordarán utilizando la metodología de " <i>Flipped Classroom</i> ". Para ello, se utilizarán dispositivos con conexión a Internet y se accederá a los videos a través de los siguientes enlaces: Teoría Cinético-Molecular Teoría de las colisiones Factores que afectan la velocidad de una Reacción Química En primer lugar, los estudiantes verán los 3 vídeos educativos relacionados con estos temas. Después, se llevará a cabo un debate con el objetivo de aclarar dudas.	Dispositivos informáticos

B Cinética en grupo	45 minutos	Adquirir una comprensión de la teoría cinético-molecular y del movimiento de las partículas en relación al estado de agregación de la materia, comprender la teoría de las colisiones e identificar y comprender los diversos factores que influyen en la velocidad de las reacciones químicas	Teoría cinético-molecular, teoría de las colisiones, velocidad de las reacciones químicas, factores que afectan a la velocidad de reacción	CMCT, CCL, SIEP, CSC	Una vez que los estudiantes hayan visto los 3 videos de la actividad anterior, se les proporcionará una ficha con varias preguntas relacionadas con el contenido de los videos. Deberán abordar y resolverlos ejercicios en colaboración con un compañero, formando parejas basadas en la proximidad de sus asientos. Al finalizar la clase, el docente recogerá una única ficha por pareja.	Ficha 2 (Anexos)
------------------------	------------	--	--	----------------------	--	-------------------------------------

Tabla 4. Sesión 2: Mecanismo de una reacción química (Fuente: elaboración propia).

SESIÓN 3: Reacciones químicas y energía						
Actividad	Duración	Objetivos	Contenidos	Competencias	Desarrollo de la actividad	Material
A Juego de las palabras: reacciones químicas y energía	20 minutos	Recordar conocimientos previos y fomentar el desarrollo de conceptos de manera adecuada	Reacción exotérmica y endotérmica, ecuaciones termoquímicas, diagramas de energía	CMCT, CCL, CAA	Al inicio de la sesión, el docente proporcionará una explicación sobre en qué consiste la técnica de aprendizaje cooperativo. "El juego de las palabras" y formará grupos de 3 miembros. Cada grupo designará un portavoz entre sus miembros. Para llevar a cabo la actividad, el profesor escribirá en la pizarra algunas palabras clave relacionadas con el contenido que se abordará en la	Libro de texto (Oxford, 2016) Pizarra

					sesión, como "reacción exotérmica", "reacción endotérmica", "ecuación termoquímica", "diagrama de energía" y "energía de activación". En cada grupo, los alumnos redactarán frases utilizando estas palabras, con el objetivo de expresar su significado. Una vez que los grupos hayan concluido la redacción de las frases, o cuando el profesor lo considere oportuno, los portavoces de cada grupo tomarán la palabra y se llevará a cabo una puesta en común de todas las frases. En este punto, el docente podrá realizar aclaraciones.	
B Explicación teórica y ejercicios: La energía de las reacciones químicas	40 minutos	Distinguir entre reacciones exotérmica y endotérmica, interpretar correctamente los diagramas de energía, entender los intercambios de energía y realizar cálculos para determinar el calor de reacción	Reacción exotérmica y endotérmica, ecuaciones termoquímicas, diagramas de energía	CMCT, SIEP	El profesor presenta el contenido de esta sesión utilizando la pizarra y el libro de texto para reforzar la comprensión. Después de la explicación, se discutirá en clase un ejercicio resuelto (anexos) del libro de texto relacionado con el calor de reacción. Para concluir la sesión, el profesor proporcionará a cada estudiante una serie de ejercicios para que los trabajen en casa y los entreguen antes del examen final de esta unidad.	Libro de texto (Oxford, 2016) Pizarra Ficha 3 (Anexos)

Tabla 5. Sesión 3: Reacciones químicas y energía (Fuente: elaboración propia).

SESIÓN 4: Prácticas de laboratorio						
Actividad	Duración	Objetivos	Contenidos	Competencias	Desarrollo de la actividad	Material
A Práctica de laboratorio: Energía de las reacciones químicas	15 minutos	Desarrollar habilidades necesarias para llevar a cabo reacciones químicas, observar detenidamente las transformaciones que tienen lugar y examinar de manera exhaustiva los conceptos relacionados con las reacciones químicas.	Reacción exotérmica y endotérmica	CMCT, CCL, CAA, CSC, SIEP	Se trata de una actividad experimental que se llevará a cabo en el laboratorio. El docente proporcionará a cada estudiante el guión de la práctica, que será leído en voz alta y se responderán las preguntas que surjan. El guión contiene los fundamentos teóricos de la práctica, los materiales y reactivos necesarios, el procedimiento experimental y las instrucciones para el análisis y procesamiento de los resultados. Para llevar a cabo la práctica, el profesor formará grupos de 4 personas. A cada grupo se le asignará una letra (A, B, C, etc.). Al finalizar la sesión, los estudiantes entregarán sus informes de práctica de manera individual, indicando la letra de su grupo junto a su nombre.	Guión de prácticas A (Anexos) Material de laboratorio
B Práctica de laboratorio: Velocidad de las reacciones químicas	40 minutos	Comprender la relevancia de la velocidad a la que se producen las reacciones químicas. Aprender sobre cómo la naturaleza de los reactivos, la temperatura, la concentración y el uso de catalizadores	Velocidad de reacción, medida de la velocidad de una reacción, factores que afectan a la velocidad de reacción	CMCT, CCL, CAA, SIEP, CSC	Después de concluir la práctica anterior, el profesor proporcionará a cada estudiante un guión detallado de la siguiente práctica. El guión será leído en voz alta y se responderán a las preguntas que surjan durante la explicación. Para llevar a cabo la práctica, los estudiantes mantendrán los grupos formados en la práctica anterior. Al finalizar la sesión, los estudiantes entregarán sus informes	Guión de prácticas B (Anexos)

		influyen en la velocidad de una reacción			de práctica de manera individual, indicando la letra de su grupo junto a su nombre.	Material de laboratorio
C Aprendizaje por indagación: Vídeo	5 minutos	Comprender el concepto de velocidad de reacción y examinar de qué manera la variación en la superficie de contacto afecta a dicha velocidad.	Velocidad de reacción, medida de la velocidad de una reacción, factores que afectan a la velocidad de reacción	CMCT, CD, CAA, SIEP	En esta actividad, se les solicita que investiguen el factor que afecta a la velocidad de reacción en la descomposición de un alimento. Realizarán una lluvia de ideas, buscarán información científica relevante sobre el tema y evaluarán críticamente la información recopilada. Además, deberán diseñar experimentos para analizar cómo se desarrolla la velocidad de reacción en la descomposición de un alimento, realizar un análisis crítico de los resultados obtenidos, para así llegar a una conclusión. Los estudiantes deben crear un video de no más de 5 minutos donde expliquen su investigación, incluyendo un experimento que demuestra la descomposición del alimento. Este video debe ser entregado en <i>Classroom</i> (Física y Química 23/24) antes de la fecha de la prueba final.	Instrucciones para la actividad (Anexos) Material casero Dispositivo electrónico para grabar y editar el video

Tabla 6. Sesión 4: Pruebas de laboratorio (Fuente: elaboración propia).

SESIÓN 5: Cantidad de sustancia y trabajo de investigación						
Actividad	Duración	Objetivos	Contenidos	Competencias	Desarrollo de la actividad	Material
A Explicación teórica y cálculos de cantidad de sustancia	55 minutos	Entender los conceptos de masa molecular, masa atómica, masa molar, concentración molar, cantidad de sustancia y mol, incluyendo el uso del número de Avogadro. Aplicar estos conceptos en la resolución de ejercicios	Masa molecular, masa atómica, masa molar, concentración molar, cantidad de sustancia, mol, número de Avogadro	CMCT, CAA	Al inicio de la sesión, el profesor repasará los conceptos de masa molecular, masa atómica y masa molar. Luego, abordará los conceptos de molaridad, cantidad de sustancia, mol y número de Avogadro. Para reforzar la comprensión, se resolverán ejercicios en la pizarra (anexos). Posteriormente, se entregará un ejercicio que los estudiantes tendrán que resolver y traer a la siguiente clase para su corrección.	Pizarra Libro de texto (Oxford, 2016)
B Trabajo de investigación	5 minutos	Llevar a cabo una investigación sobre el número de Avogadro, realizar un proyecto de investigación y elaborar un informe científico.	Número de Avogadro	CMCT, CD, SIEP, CEC	Al final de la clase, el docente explicará la actividad que los estudiantes realizarán individualmente utilizando la metodología de aprendizaje basada en la indagación. Se asegurará de que los estudiantes comprendan la tarea, disponible en <i>Classroom</i> (Física y Química 23/24). La tarea consiste en investigar qué es el número de Avogadro. Los estudiantes deben formular hipótesis, buscar información científica relacionada, contrastarla, realizar un análisis crítico y presentar una conclusión en un informe de investigación que no exceda las 3 páginas. Deben entregar este informe antes de la prueba final.	Dispositivos informáticos Instrucciones para el trabajo de investigación (Anexos)

Tabla 7. Sesión 5: Cantidad de sustancia y trabajo de investigación (Fuente: elaboración propia).

SESIÓN 6: Cálculos con ecuaciones químicas						
Actividad	Duración	Objetivos	Contenidos	Competencias	Desarrollo de la actividad	Material
A Un, dos, cuatro: ejercicios variados de la unidad	60 minutos	Resolver ejercicios donde se pongan en práctica los conceptos de masa molecular, masa atómica, masa molar, concentración molar, cantidad de sustancia, mol, número de Avogadro	Masa molecular, masa atómica, masa molar, concentración molar, cantidad de sustancia, mol, número de Avogadro	CMCT, CCL, CSC, SIEP	La clase comienza con la corrección del ejercicio propuesto en la sesión anterior. El docente registra qué estudiantes han traído el ejercicio resuelto. Luego, se forman grupos formales de cuatro estudiantes, asignándoles una letra (A, B, C, etc.). A cada miembro del grupo se le entrega una lista de ejercicios y se le asigna un ejercicio específico para resolver. Se utilizará la técnica "un, dos, cuatro" para el trabajo en grupo. Antes de comenzar con la resolución de los ejercicios, el profesor explicará al alumno esta técnica de aprendizaje cooperativo. Una vez que cada grupo haya terminado su tarea, o cuando el profesor lo considere apropiado, se procederá a la resolución de los ejercicios en la pizarra. Se pedirá a un voluntario/a del grupo o será elegido por el docente. Al final de la clase se dejará tiempo para la elaboración del vídeo y del trabajo de investigación.	Ficha 4 (Anexos)

Tabla 8. Sesión 6: Cálculos con ecuaciones químicas (Fuente: elaboración propia)

SESIÓN 7: Estequiometría de las reacciones químicas						
Actividad	Duración	Objetivos	Contenidos	Competencias	Desarrollo de la actividad	Material
A Cálculos estequiométricos	60 minutos	Resolver problemas mediante cálculos estequiométricos con reactivos en estado sólido, gas o en disolución	Cálculos estequiométricos masa-masa, con reactivos en disolución y con sustancias gaseosas. Ley de los gases ideales	CMCT, CAA	En esta sesión, nos centraremos en la resolución de diversos ejercicios en la pizarra (anexos), donde el docente guiará a los estudiantes para comprender cómo abordar y resolver estos problemas. Durante esta actividad, se aclararán las posibles dudas que surjan. Una vez que los estudiantes hayan comprendido los conceptos y la metodología seguida para abordar este tipo de ejercicios, se asignarán ejercicios similares como tarea para que los estudiantes los resuelvan en casa. Estos ejercicios se entregarán en formato impreso y deberán estar resueltos para la siguiente sesión, donde se corregirán. Al final de la clase se dejará tiempo para la elaboración del vídeo y del trabajo de investigación.	Pizarra Ficha 5 (Anexos)

Tabla 9. Sesión 7: Estequiometría de las reacciones químicas (Fuente: elaboración propia).

SESIÓN 8: Refuerzo cálculos estequiométricos						
Actividad	Duración	Objetivos	Contenidos	Competencias	Desarrollo de la actividad	Material
A Números al azar: estequiometría	60 minutos	Reforzar la metodología de resolver problemas mediante cálculos estequiométricos con reactivos en estado sólido, gas o en disolución	Cálculos estequiométricos masa-masa, con reactivos en disolución y con sustancias gaseosas. Ley de los gases ideales	CMCT, CCL, CSC	Comienza la clase con la corrección de los 3 ejercicios propuestos en la sesión anterior; registrando a los alumnos que los hayan traído resueltos. Luego, el profesor proporcionará a los estudiantes una lista de ejercicios que deberán completar individualmente durante la sesión. Además, asignará a cada estudiante un número en un papelito, sin saber qué número tienen. Una vez que los alumnos/as hayan terminado los ejercicios, o cuando el docente lo considere oportuno, se procederá a resolverlos en la pizarra. Para ello, el docente elegirá al azar 3 números de entre todos los números asignados a los estudiantes. Los estudiantes seleccionados deberán resolver en la pizarra uno de los ejercicios propuestos, trabajando de manera cooperativa, compartiendo ideas y debatiendo la forma de abordar el ejercicio. El profesor brindará ayuda en caso de que los estudiantes tengan dificultades para resolverlo. Este procedimiento se repetirá con otros números para involucrar a diferentes estudiantes en la resolución de los ejercicios.	Ficha 6 (Anexos)

Tabla 10. Sesión 8: Refuerzo cálculos estequiométricos (Fuente: elaboración propia).

SESIÓN 9: Repaso general de la unidad						
Actividad	Duración	Objetivos	Contenidos	Competencias	Desarrollo de la actividad	Material
A Ejercicios de repaso	60 minutos	Repasar los contenidos abordados en la unidad	Todos los abordados en la unidad	CMCT, CCL, CAA, CSC	El profesor proporcionará a cada estudiante una lista de ejercicios de repaso. Los estudiantes trabajarán en parejas para resolver los ejercicios y colaborar en la búsqueda de soluciones. El docente asignará un tiempo específico para cada ejercicio, luego se corregirá en la pizarra, se aclararán las dudas y se procederá a resolver el siguiente ejercicio.	Ficha 7 (Anexos)

Tabla 11. Sesión 9: Repaso general de la unidad (Fuente: elaboración propia).

SESIÓN 10: Evaluación de la unidad						
Actividad	Duración	Objetivos	Contenidos	Competencias	Desarrollo de la actividad	Material
A Prueba final	60 minutos	Consolidar los conocimientos adquiridos e identificar posibles dificultades en el proceso de aprendizaje.	Todos los abordados en la unidad	CMCT, CCL, CAA	El profesor proporcionará a cada estudiante el examen final, que consta de 8 ejercicios que deben completarse de manera individual. Durante la realización del examen, los estudiantes podrán plantear preguntas al profesor para aclarar dudas específicas.	Prueba final (Anexos)

Tabla 12. Sesión 10: Evaluación de la unidad (Fuente: elaboración propia).

4.7. Evaluación

La evaluación es un elemento esencial que brinda a los docentes la oportunidad de monitorear y comprender el avance de cada estudiante en el contexto del sistema de enseñanza-aprendizaje. Este proceso les habilita para tomar medidas de apoyo, en caso de ser necesario, con el fin de garantizar la consecución de los objetivos educativos establecidos en cada etapa del proceso educativo, y que los estudiantes adquieran las competencias clave necesarias para su desarrollo integral.

Las especificaciones relativas a la evaluación del proceso de aprendizaje de los estudiantes de Educación Secundaria Obligatoria están detalladas en la Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre. En dicha ley, se resalta la importancia de que esta evaluación sea "continua, formativa e integradora". Asimismo, a nivel regional, en el artículo 37 del capítulo IV de la Orden de 15 de enero de 2021, se aborda la naturaleza de la evaluación del proceso de aprendizaje y se establece que "La evaluación del proceso de aprendizaje del alumnado será continua, formativa, diferenciada y objetiva según las distintas materias del currículo y será un instrumento para la mejora tanto de los procesos de enseñanza como de los procesos de aprendizaje".

4.7.1. Criterios de evaluación

Los criterios de evaluación se definen en el artículo 2, apartado f) del Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, que establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato como "el referente específico para evaluar el aprendizaje del alumnado. Describen aquello que se quiere valorar y que el alumnado debe lograr, tanto en conocimientos como en competencias; responden a lo que se pretende conseguir en cada asignatura".

Los criterios de evaluación para todas las asignaturas y para los diferentes niveles educativos se encuentran establecidos en la Orden de fecha 15 de enero de 2021. A continuación se describen los criterios de evaluación específicos de la unidad de reacciones químicas, que forman parte del bloque 3 "Los cambios":

C.E.3.1. Comprender el mecanismo de una reacción química y deducir la ley de conservación de la masa a partir del concepto de la reorganización atómica que tiene lugar. CMCT, CAA.

C.E.3.2. Razonar cómo se altera la velocidad de una reacción al modificar alguno de los factores que influyen sobre la misma, utilizando el modelo cinético-molecular y la teoría de colisiones para justificar esta predicción. CMCT, CAA.

C.E.3.3. Interpretar ecuaciones termoquímicas y distinguir entre reacciones endotérmicas y exotérmicas. CMCT, CAA.

C.E.3.4. Reconocer la cantidad de sustancia como magnitud fundamental y el mol como su unidad en el Sistema Internacional de Unidades. CMCT.

C.E.3.5. Realizar cálculos estequiométricos con reactivos puros suponiendo un rendimiento completo de la reacción, partiendo del ajuste de la ecuación química correspondiente. CMCT, CAA.

4.7.2. Estándares de aprendizaje evaluables

Los estándares de aprendizaje evaluables se definen en el artículo 2, apartado e) del Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, como “especificaciones de los criterios de evaluación que permiten definir los resultados de aprendizaje, y que concretan lo que el estudiante debe saber, comprender y saber hacer en cada asignatura; deben ser observables, medibles y evaluables y permitir graduar el rendimiento o logro alcanzado. Su diseño debe contribuir y facilitar el diseño de pruebas estandarizadas y comparables”.

Los estándares de aprendizaje evaluables para todas las asignaturas y para los diferentes niveles educativos se encuentran establecidos en la Orden de fecha 15 de enero de 2021. A continuación se describen estándares de aprendizaje específicos de esta unidad didáctica, que forman parte del bloque 3 "Los cambios":

E.A.3.1.1. Interpreta reacciones químicas sencillas utilizando la teoría de colisiones y deduce la ley de conservación de la masa.

E.A.3.2.1. Predice el efecto que sobre la velocidad de reacción tienen: la concentración de los reactivos, la temperatura, el grado de división de los reactivos sólidos y los catalizadores.

E.A.3.2.2. Analiza el efecto de los distintos factores que afectan a la velocidad de una reacción química ya sea a través de experiencias de laboratorio o mediante aplicaciones virtuales interactivas en las que la manipulación de las distintas variables permita extraer conclusiones.

E.A.3.3.1. Determina el carácter endotérmico o exotérmico de una reacción química analizando el signo del calor de reacción asociado.

E.A.3.4.1. Realiza cálculos que relacionen la cantidad de sustancia, la masa atómica o molecular y la constante del número de Avogadro.

E.A.3.5.1. Interpreta los coeficientes de una ecuación química en términos de partículas, moles y, en el caso de reacciones entre gases, en términos de volúmenes.

E.A.3.5.2. Resuelve problemas, realizando cálculos estequiométricos, con reactivos puros y suponiendo un rendimiento completo de la reacción, tanto si los reactivos están en estado sólido como en disolución.

En la Tabla 13 se muestran los contenidos, los criterios de evaluación y los estándares de aprendizaje evaluables de la unidad didáctica propuesta.

Tabla 13. Relación de los contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables de la unidad (Fuente: elaboración propia).

Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
C.1. Reacciones y ecuaciones químicas	C.E.3.1.	E.A.3.1.1.
C.2. Mecanismo, velocidad y energía de las reacciones	C.E.3.2. C.E.3.3.	E.A.3.2.1. E.A.3.2.2. E.A.3.3.1.
C.3. Cantidad de sustancia: el mol	C.E.3.4.	E.A.3.4.1.
C.4. Concentración molar	C.E.3.4.	E.A.3.4.1.
C.5. Cálculos estequiométricos	C.E.3.5.	E.A.3.5.1. E.A.3.5.2.

4.7.3. Procedimientos e instrumentos de evaluación y calificación del aprendizaje

Según lo estipulado en el artículo 39 de la Orden de 15 de enero de 2021, se establece que "El profesorado llevará a cabo la evaluación, preferentemente, a través de la observación continuada de la evolución del proceso de aprendizaje de cada alumno o alumna en relación con los objetivos de Educación Secundaria Obligatoria y las competencias clave". Además, se destaca la importancia de emplear distintos instrumentos de evaluación que se ajusten a los criterios de evaluación y a las particularidades de los alumnos.

A lo largo de esta unidad, se utilizarán diversos instrumentos de evaluación:

- Actitud y participación en clase: Se evaluará la actitud y la participación de los estudiantes en cada una de las sesiones.
- Actividades y ejercicios en el aula: Los estudiantes deberán completar y entregar las tareas y ejercicios asignados durante las sesiones de clase, incluyendo tanto los ejercicios del libro de texto como los adicionales proporcionados por el docente.

- Simulaciones virtuales: Para mejorar la comprensión de conceptos y brindar una representación visual más efectiva, se utilizarán simulaciones virtuales en el aula.

- Prácticas de laboratorio: En algunas ocasiones, se realizarán experimentos en el laboratorio con el propósito de facilitar la comprensión de reacciones químicas específicas. En total, se realizarán 2 prácticas de laboratorio, y se proporcionará el material didáctico necesario.

- Trabajo de investigación: Con el objetivo de fomentar la curiosidad y la investigación entre los estudiantes, se les asignará un proyecto de investigación.

- Prueba final: Como parte del proceso de evaluación final, se realizará un examen que abordará los contenidos de la unidad.

En la Tabla 14 se detallan los instrumentos de evaluación utilizados para valorar el progreso del alumnado y los porcentajes de calificación asignados a cada instrumento. Para la evaluación de todos los instrumentos de evaluación, se utilizarán [rúbricas](#) (Anexos).

Tabla 14. Instrumentos de evaluación y porcentajes de calificación (Fuente: elaboración propia).

Instrumentos de evaluación	Porcentajes de calificación (%)
Actitud y participación en clase	5
Actividades (ejercicios individual o en grupo, vídeo)	30
Prácticas de laboratorio	20
Trabajo de investigación	15
Prueba final	30

La suma total de estos porcentajes da como resultado la calificación final, que se otorgará en una escala del 1 al 10, sin decimales, de acuerdo con los criterios predefinidos en el Real Decreto 1105/2014 para la Educación Secundaria Obligatoria. Además, esta calificación numérica será complementada con un término descriptivo:

- Sobresaliente (SB) → Calificación 9 / 10
- Notable (NT) → Calificación 7 / 8
- Bien (BI) → Calificación 6
- Suficiente (SU) → Calificación 5

- Insuficiente (IN) → Calificación 1 – 4

Para aprobar la unidad, es necesario obtener una calificación final igual o superior a 5, sin necesidad de aprobar cada una de las partes individualmente en las que se divide la nota.

Los alumnos que no aprueben la unidad tendrán la oportunidad de realizar nuevamente una [prueba final de recuperación](#) (Anexos) antes de que finalice el trimestre. En caso de requerirse, llevarán a cabo un trabajo de investigación propuesto por el docente. Las calificaciones obtenidas en cada uno de los instrumentos se conservarán.

Por otro lado, si existen estudiantes que hayan aprobado la unidad pero deseen mejorar su calificación, podrán solicitar realizar la prueba escrita final junto con aquellos alumnos que no aprobaron inicialmente. Si la nota obtenida en esta segunda prueba es inferior a la que ya tenían, se conservará su calificación inicial.

En la Tabla 15 se establece la relación entre los contenidos específicos de las reacciones químicas, los criterios de evaluación y los estándares de aprendizaje evaluables establecidos por la normativa, junto con las actividades desarrolladas en esta unidad. También se identifican los instrumentos de evaluación empleados para cada actividad en particular, y se subraya la vinculación de estas actividades con las competencias clave.

Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje	Actividades	Instrumentos de evaluación	Competencias clave
C.1.	C.E.3.1.	E.A.3.1.1.	Actividad 1B	Actitud y participación	CMCT, CAA
			Actividad 1C	Simulaciones virtuales	CMCT, CD, CAA
C.2.	C.E.3.2.	E.A.3.2.1.	Actividad 2A	Actitud y participación	CMCT, CD, CAA
	C.E.3.2.	E.A.3.2.1.	Actividad 2B	Actividades en grupo	CMCT, CCL, CSC, SIEP
	C.E.3.3.	E.A.3.3.1.	Actividad 3A	Actividades en grupo	CMCT, CCL, CAA
	C.E.3.3.	E.A.3.3.1.	Actividad 3B	Actividades	CMCT, SIEP
	C.E.3.3.	E.A.3.3.1.	Actividad 4A	Práctica de laboratorio	CMCT, CCL, CAA, CSC, SIEP
	C.E.3.2.	E.A.3.2.2.	Actividad 4B	Práctica de laboratorio	CMCT, CCL, CAA, CSC, SIEP
	C.E.3.2.	E.A.3.2.1.	Actividad 4C	Vídeo	CMCT, CD, CAA, SIEP
C.3. C.4.	C.E.3.4.	E.A.3.4.1.	Actividad 5A	Actividades	CMCT, CAA
	C.E.3.4.	E.A.3.4.1.	Actividad 5B	Trabajo de investigación	CMCT, CD, SIEP, CEC
	C.E.3.4.	E.A.3.4.1.	Actividad 6A	Actividades en grupo	CMCT, CCL, CSC, SIEP
C.5.	C.E.3.5.	E.A.3.5.1.	Actividad 7A	Actividades	CMCT, CAA
		E.A.3.5.2.	Actividad 8A	Actividades	CMCT, CCL, CSC
C.1-5.	C.E.3.1-5.	E.A.3.1-5.	Actividad 9A	Actitud y participación	CMCT, CCL, CAA, CSC
C.1-5.	C.E.3.1-5.	E.A.3.1-5.	Actividad 10A	Prueba final	CMCT, CCL, CAA

Tabla 15. Relación entre los contenidos, los criterios de evaluación, los estándares de aprendizaje, las actividades realizadas, los instrumentos de evaluación y las competencias clave. (Fuente: elaboración propia).

4.8. Otros elementos curriculares

4.8.1. Elementos transversales

Junto con los contenidos obligatorios estipulados en la legislación vigente, surgen otros aspectos que deben abordarse en las diversas asignaturas que conforman la Educación Secundaria Obligatoria.

De acuerdo con lo estipulado en el Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, en su artículo 6, se especifican los elementos transversales que deben abordarse en todas las asignaturas de la Educación Secundaria Obligatoria. En estos elementos se incluyen la expresión oral y escrita, la comprensión lectora, la comunicación audiovisual, la educación cívica y constitucional, el espíritu emprendedor, las Tecnologías de la Información y la Comunicación, la igualdad y violencia de género, la educación y seguridad vial, la actividad física y dieta equilibrada, entre otros.

Dado el valor de la transversalidad en el plan de estudios de los estudiantes, se mencionan algunos de los elementos transversales incorporados en esta unidad didáctica:

- Expresión oral y escrita: El trabajo colaborativo promueve el diálogo entre los estudiantes, por otro lado, la realización de actividades y tareas impulsa la escritura.
- Comprensión lectora: Se promueve la competencia en comprensión lectora mediante la búsqueda de información en fuentes en línea y libros de texto.
- Comunicación audiovisual y TIC: Se impulsa el empleo adecuado y crítico de herramientas tecnológicas y recursos multimedia, mediante la visualización y creación de vídeos, la búsqueda en sitios web y la utilización de simuladores virtuales.
- Educación cívica: Se cultivan valores fundamentales como el respeto mutuo, la empatía y la tolerancia a través del trabajo cooperativo, para lograr un buen ambiente de aprendizaje entre los estudiantes.

4.8.2. Medidas de atención a la diversidad

La Orden del 15 de enero del 2021, en el artículo 11 define la atención a la diversidad como “el conjunto de actuaciones y medidas educativas que garantizan la mejor respuesta a las necesidades y diferencias de todos y cada uno de los alumnos y alumnas en un entorno inclusivo, ofreciendo oportunidades reales de aprendizaje en contextos educativos ordinarios”.

Dentro de estas medidas de atención a la diversidad, se incluyen métodos destinados a facilitar el proceso de aprendizaje y la inclusión de aquellos alumnos que requieren necesidades específicas de apoyo educativo (NEAE), programas específicos diseñados para mejorar el rendimiento académico de los estudiantes y adaptaciones curriculares personalizadas.

El artículo 9 del Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, define a los estudiantes NEAE como “alumnado que requiera una atención educativa diferente a la ordinaria, por presentar necesidades educativas especiales, por dificultades específicas de aprendizaje, Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH), por sus altas capacidades intelectuales, por haberse incorporado tarde al sistema educativo, o por condiciones personales o de historia escolar, para que pueda alcanzar el máximo desarrollo posible de sus capacidades personales y, en todo caso, los objetivos establecidos con carácter general para todo el alumnado”. Además, establece que “corresponde a las Administraciones educativas adoptar las medidas necesarias para identificar al alumnado con dificultades específicas de aprendizaje y valorar de forma temprana sus necesidades”.

En el transcurso de esta unidad didáctica, es posible que algunos alumnos requieran apoyo adicional en su proceso de aprendizaje. En el caso de necesitar adaptaciones curriculares significativas, se trabajará en colaboración con el departamento de orientación para implementar las medidas pertinentes y desarrollar el material didáctico necesario. En cuanto a las adaptaciones curriculares no significativas, es probable que los estudiantes requieran abordar el aprendizaje a su propio ritmo, pero dentro del contexto regular del aula. Por lo tanto, es esencial que participen en actividades de trabajo cooperativo, donde grupos heterogéneos colaboran entre sí, facilitando así el crecimiento académico de todos los estudiantes en su proceso de aprendizaje.

4.9. Técnicas educativas innovadoras

Cuando se planifica la enseñanza de una materia como Física y Química, es cada vez más común utilizar técnicas educativas innovadoras que fomenten una participación activa de los estudiantes. El principal objetivo es que estos sean los protagonistas del proceso de aprendizaje, en lugar de que sea el profesor como suele suceder en las metodologías tradicionales. Esto se debe principalmente a que, en el contexto de las asignaturas científicas, los estudiantes a menudo suelen tener una predisposición negativa hacia el aprendizaje. Por lo tanto, es esencial motivar a los estudiantes, eliminar estos prejuicios y estimular su interés en participar y aprender los contenidos de la materia.

En esta unidad, la incorporación de las herramientas TICs proporcionará al docente una amplia gama de recursos. La utilización de Internet ofrece una amplia variedad de posibilidades para involucrar a los estudiantes, que van desde la búsquedas de información en línea, simulaciones virtuales, visualización de videos o imágenes, grabación de vídeos, el trabajo mediante plataformas educativas como *Classroom*, entre otras. Además, los medios tecnológicos para implementar estas técnicas innovadoras son diversos, ya que se pueden utilizar tablets, ordenadores o teléfonos móviles.

Con el fin de fomentar la alfabetización científica y la participación activa de los estudiantes, en esta unidad didáctica se adopta una metodología innovadora y realista. Esta metodología se fundamenta en el aprendizaje a través del trabajo en equipo, el aprendizaje basado en la investigación y la utilización de herramientas tecnológicas.

5. ADAPTACIÓN Y MEJORA DE LA PROYECCIÓN DIDÁCTICA A LA LOMLOE

En respuesta al cambio legislativo y como una mejora para aplicar esta proyección didáctica, propongo adaptarla a la nueva legislación, concretamente a la Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (LOMLOE), que entrará en vigor para 4º de Educación Secundaria Obligatoria en el curso 2023/2024. Esta adaptación implica revisar y ajustar los objetivos, contenidos, metodologías y evaluaciones de acuerdo con las directrices y enfoques pedagógicos que establece la LOMLOE.

La LOMLOE representa una reforma significativa en el sistema educativo español, con el propósito de abordar una serie de desafíos y objetivos relacionados con la inclusión, la equidad y la calidad en la educación. En particular, la LOMLOE resalta la importancia de la evaluación formativa como un elemento esencial en el proceso educativo.

Por tanto, al revisar el enfoque de evaluación de acuerdo con la LOMLOE, en la siguiente tabla (Tabla 16) se muestran las competencias específicas correspondientes al cuarto curso de Educación Secundaria y Obligatoria para la asignatura de Física y Química, junto con los criterios de evaluación y los contenidos, expresados en forma de saberes básicos.

Tabla 16. Relación de los saberes básicos, las competencias específicas y los criterios de evaluación evaluables de la unidad (Fuente: elaboración propia).

Bloque	Saber básico	Competencia específica	Criterios de evaluación
E. EL CAMBIO	FYQ.4.E.1	1 – 2 – 3 – 4 – 6	1.1 - 1.2 - 1.3 - 2.2 - 2.3 - 3.1 - 3.2 - 3.3 - 4.1 - 4.2 - 6.1 - 6.2
	FYQ.4.E.2	1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6	1.3 - 2.1 - 2.3 - 3.1 - 3.3 - 4.1 - 4.2 - 5.1 - 5.2 - 6.1 - 6.2
	FYQ.4.E.3	1 – 2 – 3 – 5	1.1 - 1.2 - 2.1 - 2.3 - 3.3 - 5.2
	FYQ.4.E.4	1 – 2 – 4 – 5 – 6	1.1 - 2.2 - 2.3 - 4.1 - 5.1 - 6.2

5.1. Saberes básicos

Los saberes básicos vienen definidos en el artículo 2, apartado **e)** del Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria como el conjunto de “conocimientos, destrezas y actitudes que constituyen los contenidos propios de una materia o ámbito cuyo aprendizaje es necesario para la adquisición de las competencias específicas”. A continuación se describen los saberes básicos que forman parte del bloque E “El cambio”:

FYQ.4.E.1. Utilización de la información contenida en una ecuación química ajustada y de las leyes más relevantes de las reacciones químicas para hacer con ellas predicciones cualitativas y cuantitativas por métodos experimentales y numéricos, y relacionarlo con los procesos fisicoquímicos de la industria, el medioambiente y la sociedad.

FYQ.4.E.2. Descripción cualitativa de reacciones químicas del entorno cotidiano, incluyendo las combustiones, las neutralizaciones y los procesos electroquímicos, comprobando experimentalmente algunos de sus parámetros, para hacer una valoración de sus implicaciones en la tecnología, la sociedad o el medioambiente y de su especial importancia económica y social en Andalucía (el hidrógeno verde, los combustibles fósiles, la metalurgia y electrólisis del cobre).

FYQ.4.E.3. Aplicación de la Teoría de Arrhenius al estudio de las propiedades de los ácidos y bases, los indicadores y la escala de pH para describir su comportamiento químico y sus aplicaciones en situaciones de la vida cotidiana.

FYQ.4.E.4. Relación de las variables termodinámicas y cinéticas en las reacciones químicas, aplicando modelos como la teoría de colisiones, para explicar el mecanismo de una reacción química, su velocidad y energía, a partir de la reordenación de los átomos, así como la ley de conservación de la masa y realizar predicciones aplicadas a los procesos cotidianos más importantes.

5.2. Competencias específicas

Las competencias específicas vienen definidas en el artículo 2, apartado **c)** del Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria como el conjunto de “desempeños que el alumnado debe poder desplegar en actividades o en situaciones cuyo abordaje requiere de los saberes básicos de cada materia o ámbito. Las competencias específicas constituyen un elemento de conexión entre, por una parte, el Perfil de salida del alumnado, y por otra, los saberes básicos de las materias o ámbitos y los criterios de evaluación”.

1. Comprender y relacionar los motivos por los que ocurren los principales fenómenos fisicoquímicos del entorno, explicándolos en términos de las leyes y teorías científicas adecuadas, para resolver problemas con el fin de aplicarlas para mejorar la realidad cercana y la calidad de vida humana (CCL1, STEM1, STEM2, STEM4, CPSAA4).

2. Expresar las observaciones realizadas por el alumnado en forma de preguntas, formulando hipótesis, para explicarlas y demostrando dichas hipótesis a través de la experimentación científica, la indagación y la búsqueda de evidencias, para desarrollar los razonamientos propios del pensamiento científico y mejorar las destrezas en el uso de las metodologías científicas (CCL3, STEM1, STEM2, CD1, CPSAA4, CE1, CCEC3).

3. Manejar con soltura las reglas y normas básicas de la física y la química en lo referente al lenguaje de la IUPAC, al lenguaje matemático, al empleo de unidades de medida correctas, al uso seguro del laboratorio y a la interpretación y producción de datos e información en diferentes formatos y fuentes (textos, enunciados, tablas, gráficas, informes, manuales, diagramas, fórmulas, esquemas, modelos, símbolos), para reconocer el carácter universal y transversal del lenguaje científico y la necesidad de una comunicación fiable en investigación y ciencia entre diferentes países y culturas (STEM4, STEM5, CD3, CPSAA2, CC1, CCEC2, CCEC4).

4. Utilizar de forma crítica, eficiente y segura plataformas digitales y recursos variados, tanto para el trabajo individual como en equipo, para fomentar la creatividad, el desarrollo personal y el aprendizaje individual y social, mediante la consulta de

información, la creación de materiales y la comunicación efectiva en los diferentes entornos de aprendizaje (CCL2, CCL3, STEM4, CD1, CD2, CPSAA3, CE3, CCEC4).

5. Utilizar las estrategias propias del trabajo colaborativo, potenciando el crecimiento entre iguales como base emprendedora de una comunidad científica crítica, ética y eficiente, para comprender la importancia de la ciencia en la mejora de la sociedad andaluza y global, las aplicaciones y repercusiones de los avances científicos, la preservación de la salud y la conservación sostenible del medio ambiente (CCL5, CP3, STEM3, STEM5, CD3, CPSAA3, CC3, CE2).

6. Comprender y valorar la ciencia como una construcción colectiva en continuo cambio y evolución, en la que no solo participan las personas dedicadas a la ciencia, sino que también requiere de una interacción con el resto de la sociedad, para obtener resultados que repercutan en el avance tecnológico, económico, ambiental y social (STEM2, STEM5, CD4, CPSAA1, CPSAA4, CC4, CCEC1).

5.3. Criterios de evaluación

Los criterios de evaluación vienen definidos en el artículo 2, apartado **d)** del Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria como “referentes que indican los niveles de desempeño esperados en el alumnado en las situaciones o actividades a las que se refieren las competencias específicas de cada materia o ámbito en un momento determinado de su proceso de aprendizaje”.

1.1. Comprender y explicar con rigor los fenómenos fisicoquímicos cotidianos a partir de los principios, teorías y leyes científicas adecuadas, expresándolos de manera argumentada, utilizando diversidad de soportes y medios de comunicación.

1.2. Resolver problemas fisicoquímicos mediante las leyes y teorías científicas adecuadas, razonando los procedimientos utilizados para encontrar las soluciones y expresando adecuadamente los resultados con corrección y precisión.

1.3. Reconocer y describir situaciones problemáticas reales de índole científica y emprender iniciativas colaborativas en las que la ciencia, y en particular la física y la química, pueden contribuir a su solución, analizando críticamente su impacto en la sociedad y en el medioambiente.

2.1. Emplear las metodologías propias de la ciencia para identificar y describir fenómenos científicos a partir de situaciones tanto observadas en el mundo natural como planteadas a través de enunciados con información textual, gráfica o numérica.

2.2. Predecir, para las cuestiones planteadas, respuestas que se puedan comprobar con las herramientas y conocimientos adquiridos, tanto de forma experimental como deductiva, aplicando el razonamiento lógico-matemático en su proceso de validación.

2.3. Aplicar las leyes y teorías científicas más importantes para validar hipótesis, de manera informada y coherente con el conocimiento científico existente, diseñando los procedimientos experimentales o deductivos necesarios para resolverlas y analizar los resultados críticamente.

3.1. Emplear fuentes variadas, fiables y seguras para seleccionar, interpretar, organizar y comunicar información relativa a un proceso fisicoquímico concreto, relacionando entre sí lo que cada una de ellas contiene, extrayendo en cada caso lo más relevante para la resolución de un problema y desechando todo lo que sea irrelevante.

3.2. Utilizar adecuadamente las reglas básicas de la física y la química, incluyendo el uso correcto de varios sistemas de unidades, las herramientas matemáticas necesarias y las reglas de nomenclatura avanzadas, para facilitar una comunicación efectiva con toda la comunidad científica.

3.3. Aplicar con rigor las normas de uso de los espacios específicos de la ciencia, como el laboratorio de física y química, como medio de asegurar la salud propia y colectiva, la conservación sostenible del medioambiente y el respeto por las instalaciones.

4.1. Utilizar de forma eficiente recursos variados, tradicionales y digitales, para mejorar el aprendizaje autónomo y la interacción con otros miembros de la comunidad educativa, de forma rigurosa y respetuosa y analizando críticamente las aportaciones de cada participante.

4.2. Trabajar de forma versátil con medios variados, tradicionales y digitales, en la consulta de información y la creación de contenidos, seleccionando y empleando con criterio las fuentes y herramientas más fiables y desechando las menos adecuadas para la mejora del aprendizaje propio y colectivo.

5.1. Establecer interacciones constructivas y coeducativas emprendiendo actividades de cooperación e iniciando el uso de las estrategias propias del trabajo colaborativo, como forma de construir un medio de trabajo eficiente en la ciencia.

5.2. Empezar, de forma autónoma y de acuerdo a la metodología adecuada, proyectos científicos que involucren al alumnado en la mejora de la sociedad andaluza y global y que creen valor tanto para el individuo como para la comunidad.

6.1. Reconocer y valorar, a través del análisis histórico de los avances científicos logrados por mujeres y hombres y de situaciones y contextos actuales (líneas de investigación, instituciones científicas y hombres y mujeres en ellas, aplicaciones directas), que la ciencia es un proceso en permanente construcción y que esta tiene repercusiones e implicaciones importantes en la sociedad actual.

6.2. Detectar las necesidades tecnológicas, ambientales, económicas y sociales más importantes que demanda la sociedad para entender la capacidad de la ciencia para darles solución sostenible a través de la implicación de toda la ciudadanía.

5.4. Situaciones de aprendizaje

Con el fin de fomentar la adquisición y el desarrollo de competencias clave y específicas, el equipo docente diseñará situaciones de aprendizaje de acuerdo con las pautas establecidas por las autoridades educativas.

El artículo 2, apartado **f)** del Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria define las situaciones de aprendizaje como “situaciones y actividades que implican el despliegue por parte del alumnado de actuaciones asociadas a competencias clave y competencias específicas y que contribuyen a la adquisición y desarrollo de las mismas”.

Para ilustrar este punto, podríamos tomar como ejemplo la situación de aprendizaje titulada [El misterioso envenenamiento del señor Lafarge](#). En esta actividad, los estudiantes tendrán la oportunidad de poner en práctica sus conocimientos y destrezas vinculadas a los cambios físicos y químicos, así como a los sistemas materiales. Además, esta experiencia los llevará a reflexionar sobre la química como una actividad humana y su influencia en la sociedad.

Con esta actividad, los estudiantes se verán desafiados a participar en un debate en torno a un enigmático caso de envenenamiento del siglo XIX, el cual aún causa controversia en la actualidad: el envenenamiento con arsénico de Charles Lafarge, presuntamente por su esposa, Marie Lafarge.

En la planificación de esta situación de aprendizaje, se incorporan dos estrategias pedagógicas fundamentales: el aprendizaje cooperativo y el aprendizaje basado en la indagación. Es importante destacar que durante el desarrollo de la situación de aprendizaje, el rol del docente se caracteriza por ser un guía y facilitador.

6. CONCLUSIONES

Después de finalizar el Trabajo Fin de Máster, centrado en la unidad didáctica “Fundamentos de las Reacciones Químicas” diseñada para el nivel de 4º de ESO, es posible extraer algunas conclusiones relevantes.

En primer lugar, es esencial destacar la valiosa labor del equipo docente encargado de impartir y transmitir los conocimientos en el ámbito científico. Con frecuencia, los alumnos llegan al aula con una predisposición negativa hacia el aprendizaje y la atención en las materias científicas. Por lo tanto, resulta fundamental que los docentes sean capaces de transmitir la motivación y el interés inherentes a la asignatura, contribuyendo de manera significativa al proceso de aprendizaje de los estudiantes. En este contexto, la actitud del docente en el aula desempeña un papel de gran relevancia.

Además, es de suma importancia evitar que el proceso de enseñanza-aprendizaje se limite únicamente a la transmisión de conocimientos por parte de los profesores y la recepción pasiva por parte de los estudiantes. Para lograrlo, se han implementado técnicas pedagógicas en las que los estudiantes se vuelven protagonistas de su propio aprendizaje, investigando y explorando, mientras que el profesorado se encarga de brindar ayuda y orientación en este proceso.

Con el objetivo de abordar los conceptos relacionados con las reacciones químicas y mantener la motivación y el interés de los estudiantes, se han empleado metodologías activas e innovadoras. Entre ellas, se incluyen el aprendizaje cooperativo, el aprendizaje basado en la indagación, el uso de simulaciones virtuales, la realización de prácticas de laboratorio y de trabajos de investigación que involucran el empleo de tecnologías de la información y comunicación (TIC). De esta forma, se proporciona un enfoque práctico e interactivo a todo lo aprendido a lo largo de la unidad, relacionándolo con el ámbito de las ciencias.

Otra metodología especialmente relevante en la enseñanza de las ciencias, empleada en esta propuesta didáctica, es la exploración de las ideas previas de los estudiantes. En el contexto de esta unidad didáctica, es crucial determinar si los alumnos presentan confusiones en términos como "elemento" y "compuesto", o si experimentan dificultades al diferenciar entre un "cambio químico" y un "cambio físico". Esta aproximación constituye un punto de partida esencial para iniciar la unidad didáctica, ya que proporciona al profesorado información valiosa sobre los conceptos que requieren una mayor profundización y aquellos que los estudiantes ya han interiorizado.

Además de la incorporación de estas metodologías innovadoras en la presente unidad didáctica, es importante señalar que su implementación se ajusta a los

requisitos curriculares establecidos por la legislación nacional y autonómica. Esto asegura la coherencia entre los objetivos, las competencias clave y los contenidos establecidos en el plan de estudios.

En resumen, la finalización del Máster de Profesorado y, específicamente, la elaboración de este Trabajo Fin de Máster, me han brindado una comprensión sólida de las diversas metodologías disponibles para facilitar el proceso de enseñanza y aprendizaje en el campo de las ciencias. Estos conocimientos complementan mi formación académica como futura docente y me ofrecen oportunidades para mi desarrollo profesional en el ámbito de la educación.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Abraham, M. R., Williamson, V. M., & Westbrook, S. L. (1994). A cross-age study of the understanding of five chemistry concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(2), 147-165. <https://doi.org/10.1002/tea.3660310206>
- Andersson, B. (1990). Pupils' Conceptions of Matter and its Transformations (age 12-16). En *Studies in Science Education* (Vol. 18, Número 1). <https://doi.org/10.1080/03057269008559981>
- Aramendi Jauregui, P., Arburua Goienetxe, M. R., & Buján Vidales, K. (2018). El aprendizaje basado en la indagación en la enseñanza secundaria. *Revista de Investigación Educativa*, 36(1), 109-124. <https://doi.org/10.6018/rie.36.1.278991>
- Arenzana Hernández, V. (2008). Del quinto elemento de Aristóteles al elemento ciento dieciocho de la química. *Manual formativo de ACTA*, 47, 89-99. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5098744>
- Asimov, I. (2006). Breve historia de la química: Introducción a las ideas y conceptos de la química. En *Archivo de Prehistoria Levantina* (Alianza Ed, Vol. 24, Número 64).
- Brown, T. L., Lemay, H. E., Murphy, C. J., Bursten, B. E., & Woodward, P. M. (2014). *Química: La ciencia central* (Pearson Ed).
- Bullejos de la Higuera, J., & Furió-Mas, C. (1989). La enseñanza de la química como cambio conceptual y metodológico. Ejemplo de aplicación: el concepto daltoniano de reacción química. Primeros resultados. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 141-142. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/52325>
- Camelo Bustos, F. J., Rodríguez Sotelo, S. J., & Nathaly Santiesteban, S. (2007). Ideas previas, un constructo indispensable en el diseño de situaciones de aula: un ejemplo en ciencias. *Horizontes Pedagógicos*, 9(1), 89-100.
- Campohermoso-Rodríguez, O. F., Solíz-Solíz, R. E., Campohermoso-Rodríguez, O., Quispe-C, A., & Flores-Huanca, R. . (2020). Franciscus Sylvius eminente neuroanatomista y Jacobo Sylvius eminente galenista. *Cuadernos*, 61(1), 91-102.
- Casado, G., & Raviolo, A. (2005). Las dificultades de los alumnos al relacionar distintos

- niveles de representación de una reacción química. *Universitas Scientiarum*, 10, 35-43.
- Castro, J. (2008). La obra de Lavoisier como un modelo para la historia de las ciencias. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 1(23), 89-106. <https://doi.org/10.17227/ted.num23-151>
- Castro, M. Á. (2020). *The Conversation*. El fósforo: un elemento esencial para la vida que también puede acabar con ella. <https://theconversation.com/el-fosforo-un-elemento-esencial-para-la-vida-que-tambien-puede-acabar-con-ella-147590>
- Chang, R., & Goldsby, K. (2017). Química (12ªed.). En *Química* (Mc. Graw H). <http://ebookcentral.proquest.com>
- Dávila Acedo, M. A., Cañada Cañada, F., Sánchez-Martín, J., & Borrachero, A. (2017). Las ideas previas sobre cambios físicos y químicos de la materia, y las emociones en alumnos de Educación Secundaria. En *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas* (Número September).
- De Posada, J. M. (2002). Memoria, cambio conceptual y aprendizaje de las ciencias. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 1(2), 92-113.
- Doğan, Y., Batdı, V., & Yaşar, M. D. (2023). Effectiveness of flipped classroom practices in teaching of science: a mixed research synthesis. *Research in Science & Technological Education*, 41(1), 393-421. <https://doi.org/10.1080/02635143.2021.1909553>
- Esteban Santos, S. (2002). En torno a Boyle: su mundo y su obra científica. *Anales de Química de la RSEQ*, 3, 24-29. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/870859.pdf>
- Fisher, R. (2013). *Diálogo creativo: Hablar para pensar en el aula* (E. Morata (ed.)).
- Flores, M., Ortiz-Viedma, J., Curaqueo, A., Rodríguez, A., Dovale-Rosabal, G., Magaña, F., Vega, C., Toro, M., López, L., Ferreyra, R., & Defilippi, B. G. (2019). Preliminary Studies of Chemical and Physical Properties of Two Varieties of Avocado Seeds Grown in Chile. *Journal of Food Quality*, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/3563750>
- Furió Mas, C., & Padilla Martínez, K. (2003). La evolución histórica de los conceptos científicos como prerequisite para comprender su significado actual : el caso de la "cantidad de sustancia " y el "mol ". *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 17, 55-74.
- Gallego Badillo, R., Pérez Miranda, R., & Gallego Torres, A. P. (2009). Una aproximación histórico epistemológica a las leyes fundamentales de la Química. *Enseñanza de las Ciencias*, 8(1), 359-375.
- Gilbert, J. K., & Watts, D. M. (1983). Concepts , Misconceptions and Alternative Conceptions: Changing Perspectives in Science Education. *Studies in Science Education*, 10(1), 61-98. <https://doi.org/10.1080/03057268308559905>
- Godino, J. D., & Burgos, M. (2020). ¿Cómo enseñar las matemáticas y ciencias experimentales? Resolviendo el dilema entre transmisión e indagación.

- Iñigo Fernández, L. E. (2010). *Breve historia de la alquimia* (Ediciones).
- Izquierdo, M., & Grapi Vilumara, P. (1994). Valoración de la obra de Proust y Berthollet en los textos de Química General. *Llul*, 17(33), 325-342.
- Johnson, D. W., Johnson, R. T., & Holubec, E. J. (1999). *El aprendizaje cooperativo en el aula* (PAIDOS IBERICA (ed.)).
- Klein, U. (1995). E. F. Geoffroy's table of different «Rapports» observed between different chemical substances – A reinterpretation. *Ambix*, 42(2), 79-100. <https://doi.org/10.1179/amb.1995.42.2.79>
- La materia por dentro | Investigando las propiedades de la materia.* (s. f.). Recuperado 8 de mayo de 2023, de http://descargas.educalab.es/cedec/proyectoedia/fisica_quimica/contenidos/investigando_propiedades_materia/la_materia_por_dentro.html
- Madrid, J. C., Arellano, M., Jara, R., Merino, C., & Balocchi, E. (2013). El aprendizaje cooperativo en la comprensión del contenido «disoluciones». Un estudio piloto. *Educación Química*, 24, 471-479. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(13\)72515-1](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(13)72515-1)
- Mahmud, M. C., & Gutiérrez, O. A. (2010). Estrategia de Enseñanza Basada en el Cambio Conceptual para la Transformación de Ideas Previas en el Aprendizaje de las Ciencias. *Formación Universitaria*, 3(1), 11-20. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062010000100003>
- Moreira, M. A. (2017). Aprendizaje significativo como un referente para la organización de la enseñanza. *Archivos de Ciencias de la Educación*, 11(12), e029. <https://doi.org/10.24215/23468866e029>
- Muñoz Bello, R., & Bertomeu Sánchez, J. R. (2003). Historia y Epistemología de las ciencias. La historia de la ciencia en los libros de texto: la(s) hipótesis de Avogadro. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 21(1), 147-160.
- Paulson, D. R. (1999). Active Learning and Cooperative Learning in the Organic Chemistry Lecture Class. *Journal of Chemical Education*, 76(8), 6-10.
- Pellón González, I. (2011). Elementos de historia de la ciencia. En *Colecciones: Manuales didácticos*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=695468>
- Pellón González, I. (2014). De los dioses a los hombres : Un recorrido histórico del descubrimiento de los elementos químicos. *Estudios Geológicos*, 70(2). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.3989/egeol.41718.316>
- Petrucchi, R. H., Herring, F. G., Madura, J. D., & Bissonnette, C. (2011). *Química General* (Pearson Ed).
- Pozo, J. I., Gómez Crespo, M. A., Limón, M., & Sanz Serrano, A. (1991). *Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia : las ideas de los adolescentes sobre la química* (C.I.D.E.).
- Puppo, M. C., Cerruti, C. F., & Quiroga, A. V. (2017). *Química General para Agronomía*.

- Ravaschino, E. L. (2011). Química en retrospectiva. Parte 1: Origen y evolución. *Química Viva*, 10(2), 129-136.
- Raviolo, A., Garritz, A., & Sosa, P. (2011). Sustancia y reacción química como conceptos centrales en química. Una discusión conceptual, histórica y didáctica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias.*, 8(3), 240-254. https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2011.v8.i3.02
- Romero-Ariza, M. (2017). El aprendizaje por indagación: ¿existen suficientes evidencias sobre sus beneficios en la enseñanza de las ciencias? *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 14(2), 286-299. https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2017.v14.i2.01
- Romero-Ariza, M., Quesada, A., Abril, A. M., Sorensen, P., & Oliver, M. C. (2020). Highly Recommended and Poorly Used : English and Spanish Science Teachers' Views of Inquiry-based Learning (IBL) and its Enactment. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 16(1), 1-16. <https://doi.org/10.29333/ejmste/109658>
- Romero Ariza, M., & Quesada Armenteros, A. (2014). Nuevas tecnologías y aprendizaje significativo de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(1), 101-115. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.433>
- Ruiz Arroyo, R., & Tesouro, M. (2013). Beneficios e inconvenientes de las nuevas tecnologías en el aprendizaje del alumno. Propuestas formativas para alumnos, profesores y padres. *Educación y futuro digital*, 7(February), 17-27.
- Santos, S. (2006). Historia de la alquimia I : la alquimia griega. *Anales de Química de la RSEQ*, 102(2), 60-67.
- Soeharto, B., Csapó, E., Sarimanah, F. I., Dewi, T., & Sabri. (2019). A review of students' common misconceptions in science and their diagnostic assessment tools. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 8(2), 247-266. <https://doi.org/10.15294/jpii.v8i2.18649>
- Velázquez Callado, C., Fraile Aranda, A., & López Pastor, V. M. (2014). Aprendizaje cooperativo en Educación Física. *Movimiento*, 20(01), 239-259.
- Vetere, V., Santandreu, María Fernanda Rodríguez Sartori, Damián Cogo, G., & Morales, M. D. (2018). Dificultades de las/os estudiantes en la conceptualización de reacción química y reactivo limitante. *Memorias de las 2º Jornadas sobre las Prácticas Docentes en la Universidad Pública. La enseñanza universitaria a 100 años de la reforma: legados, transformaciones y compromisos.*, Universidad, 451-460.
- Vizguín, V. (1991). Evolución de la idea de Sustancia Química de Tales a Aristóteles. *Llull: Revista de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas*, 14(27), 603-644.
- Zainuddin, Z., & Halili, S. H. (2016). Flipped Classroom Research and Trends from Different Fields of Study. *International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 17(3), 313-340. <https://doi.org/10.19173/irrodl.v17i3.2274>

8. ANEXOS

