



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Centro de Estudios de Postgrado

Trabajo Fin de Máster

LOS FUNDAMENTOS DE LAS REACCIONES QUÍMICAS

Alumno/a: Molina Molina, Álvaro

Tutor/a: Prof.^a D.^a Marta Romero Ariza
Dpto: Didáctica de las Ciencias Experimentales

Junio, 2019

RESUMEN

Este trabajo fin de máster describe la fundamentación teórica y la proyección didáctica de una secuencia de enseñanza aprendizaje para trabajar las reacciones químicas en tercer curso de Educación Secundaria dentro de la asignatura de Física y Química. Consta de 8 sesiones de clase en las que se desarrollan 6 actividades basadas en metodologías como: el uso de las ideas previas, el aprendizaje por indagación, las simulaciones por ordenador, el aprendizaje cooperativo y el uso de controversias socio-científicas en clase.

Las actividades diseñadas siguen una secuencia con la estructura: predecir, observar y explicar, esto se hace para intentar fomentar la alfabetización científica y el conocimiento de la naturaleza de la ciencia en el alumnado.

La variada metodología utilizada desea atender a la diversidad del alumnado presente en el aula, así como los distintos instrumentos de evaluación ofrecidos que se adaptan a los distintos ritmos de aprendizaje del alumnado.

Palabras clave: reacciones químicas, Física y Química, aprendizaje por indagación, controversias socio-científicas, simulaciones por ordenador.

ABSTRACT

This final master thesis describes the foundation and design of a teaching and learning sequence about *chemical reactions* for the third course of secondary education within the subject of Physics and Chemistry. It consists of 8 sessions in which 6 activities are developed based on methodologies such as: the use of misconceptions in science, inquiry-based learning, computer simulations, cooperative learning and the use of socio-scientific issues in the class.

The designed activities follow a sequence with the structure: predict, observe and explain, this is done to try to promote scientific literacy and knowledge of the nature of science in students.

The varied methodology address students' diversity and offers different assessment instruments to adapt to different learning rhythms of students.

Keywords: chemical reactions, Physics and Chemistry, inquiry-based learning, socio-scientific issues, computers simulations.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	7
2. FUNDAMENTACIÓN EPISTEMOLÓGICA	8
2.1. Antecedentes. Reseña histórica de las reacciones químicas.....	8
2.1.1. La Antigua Grecia.....	8
2.1.2. La alquimia greco-egipcia	10
2.1.3. La alquimia árabe	11
2.1.4. La alquimia en Europa.....	11
2.1.5. La finalización de la alquimia.....	12
2.1.6. Los inicios de la química moderna	13
2.2. Las reacciones químicas: fundamentación teórica.....	19
2.2.1. Las reacciones químicas y su representación.....	19
2.2.2. Cinética química	19
2.2.3. Velocidad de una reacción	22
2.2.4. Factores que influyen en la velocidad de una reacción química	24
2.2.5. Leyes fundamentales de las reacciones químicas	24
2.2.6. Ajuste de ecuaciones químicas	25
2.2.7. Cantidad de sustancia	26
2.2.8. Cálculos estequiométricos.....	26
2.2.9. Importancia de las reacciones químicas en la sociedad y el medioambiente .	27
3. FUNDAMENTACIÓN DIDÁCTICA.....	30
3.1. Las ideas previas y el aprendizaje significativo	30
3.2. Aprendizaje por indagación	33
3.3. Las simulaciones por ordenador	35
3.4. Las controversias socio-científicas y su uso en la enseñanza de las ciencias	37
4. PROYECCIÓN DE LA UNIDAD DIDÁCTICA.....	38
4.1. Justificación	38
4.2. Legislación educativa de referencia.....	39
4.3. Contextualización	40
4.3.1. El contexto del centro escolar	40
4.3.2. Contextualización del aula	41
4.4. Objetivos	41
4.4.1. Objetivos generales de etapa	42
4.4.2. Objetivos generales de la materia Física y Química	43

4.4.3.	Objetivos específicos de la unidad didáctica	44
4.5.	<i>Competencias clave</i>	44
4.6.	<i>Los contenidos</i>	47
4.6.1.	Contenidos de la unidad didáctica	47
4.6.2.	Elementos transversales y educación en valores	47
4.6.3.	Metodología	48
4.7.1.	Duración y ubicación de la unidad didáctica en el curso de 3º de ESO	50
4.7.2.	Descripción de las sesiones y actividades	51
4.8.	<i>Evaluación</i>	53
4.8.1.	Criterios de evaluación	53
4.8.2.	Estándares de aprendizaje	54
4.8.3.	Relación entre actividades, criterios de evaluación y competencias clave	57
4.8.4.	Instrumentos de evaluación y criterios	57
4.9.	<i>Atención a la diversidad</i>	59
5.	CONCLUSIONES FINALES	59
6.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
ANEXO I		65
ANEXO II		83
ANEXO III		84
ANEXO IV		86

1. INTRODUCCIÓN

Esta unidad didáctica titulada *Los fundamentos de las reacciones químicas* se encuentra enfocada para el alumnado de tercer curso de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) en la asignatura de Física y Química. En ella, se pretende impartir una introducción a los conocimientos elementales de las reacciones químicas, como: el concepto de velocidad de reacción, la teoría de colisiones, los factores que influyen en la velocidad de una reacción, las leyes fundamentales de las reacciones químicas, aprender a ajustar reacciones químicas o cálculos estequiométricos sencillos.

Estos conceptos básicos sobre reacciones químicas, impartidos en este curso de la ESO, van a ser el pilar fundamental sobre el que se asienten los conocimientos de la asignatura de Física y Química o de otras asignaturas relacionadas con la química en cursos posteriores. Así que, las ideas que se imparten en esta unidad didáctica van a resultar de especial interés para el alumnado que elija estas asignaturas en las siguientes etapas de su formación académica, pues conocer el funcionamiento de las reacciones químicas significa conocer los principios elementales de la química.

Para lograr que el alumnado se encuentre alfabetizado científicamente y pueda tener una comprensión correcta de la naturaleza de la ciencia, es vital dar un enfoque histórico de las asignaturas de ciencias y de la asignatura de Física y Química. Puesto que, este enfoque permite al alumnado comprender mejor el origen de los razonamientos que las personas que se dedicaron al estudio de la ciencia realizaron a lo largo de la historia para crear las teorías y las leyes que ayudaron a componer el conocimiento actual que poseemos sobre la ciencia.

Las metodologías propuestas en esta unidad didáctica tienen el propósito de crear, entre el alumnado, personas autosuficientes y con pensamiento crítico en una sociedad cada día más dependiente de la ciencia y la tecnología. Tal como indica la Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa en su preámbulo: “La educación es la clave de esta transformación mediante la formación de personas activas con autoconfianza, curiosas, emprendedoras e innovadoras, deseosas de participar en la sociedad a la que pertenecen, (...)”.

Entre las metodologías que se incluyen en esta unidad se encuentran: el uso de simulaciones por ordenador, el debate sobre cuestiones socio-científicas en clase, el aprendizaje por indagación, el aprendizaje cooperativo y el empleo de las ideas previas del alumnado para producir un aprendizaje significativo de este. Lo que se pretende con estas variadas estrategias metodológicas planteadas durante las actividades es intentar atender al alumnado tan diverso que el profesorado puede encontrarse en este segundo ciclo de la ESO, concretamente en el tercer curso.

2. FUNDAMENTACIÓN EPISTEMOLÓGICA

2.1. *Antecedentes. Reseña histórica de las reacciones químicas*

Desde los tiempos más antiguos, el ser humano ha mostrado interés por los cambios químicos que ocurrían a su alrededor y ha aprendido a utilizarlos para su propio beneficio. Esto se muestra en el descubrimiento del fuego, que más tarde se usó para cocinar alimentos entre otras utilidades, o en el descubrimiento de los metales como materia prima para fabricar herramientas. Por tanto, el estudio de los cambios que ocurrían en la naturaleza llevó al estudio de las reacciones químicas para nuestro beneficio.

A continuación, se expone un resumen de los acontecimientos más importantes que han tenido lugar en el desarrollo histórico de la química. También se muestran las personas más influyentes en la historia de la química, cuyas obras influenciaron profundamente el pensamiento científico de su época.

2.1.1. La Antigua Grecia

En el siglo V a. de C., los filósofos griegos empezaron a interesarse por la estructura de la materia, los cambios en la naturaleza y los elementos constituyentes del universo, de esta manera surgieron las primeras teorías acerca de la constitución de la materia. La idea más aceptada en esta época era que toda la materia debía estar formada de una misma sustancia primera o elemento, pero los distintos pensadores discrepaban de cuál era este elemento constituyente de todo.

Tales de Mileto (de forma aproximada 640-546 a. de C.) se preguntó si, tal vez, todas las sustancias eran diferentes apariencias de una misma sustancia primera y que podríamos transformar cualquier sustancia en otra a través de un número determinado de pasos. Tales pensaba que esa materia primera, origen de todas las cosas, era el agua y posiblemente llegó a este razonamiento al observar la gran cantidad de agua que existe sobre la Tierra formando lagos, ríos y océanos (Asimov, 1995).

Para Anaxímenes de Mileto, discípulo de Tales, el aire era el primer principio, probablemente obtuvo esta idea debido al papel esencial del aire en la respiración humana. Pensaba que el aire era el constituyente principal de toda la materia y debido a ello, todo se había formado por compresión o rarefacción (dilatación) del aire. Mediante estos fenómenos de compresión y dilatación del aire encontraba

explicaciones para la transformación de las sustancias y los fenómenos meteorológicos (Vizguín, 1991)

Según Heráclito (540-480 a. de C.), filósofo griego nacido en la ciudad de Éfeso, el fuego era lo que formaba y ordenaba estructuralmente todas las sustancias. Había observado como unas sustancias podían convertirse en otras y dedujo que el mundo se hallaba en constante cambio y que el fuego, que era una sustancia que se encontraba en cambio continuo, debía ser el constituyente principal de todo, puesto que su naturaleza era la transformación constante (Vizguín, 1991).

Aristóteles (384-322 a. de C.), en cambio, propuso que toda la materia estaba formada a partir de cuatro elementos básicos, estos eran: la tierra, el agua, el aire y el fuego. Esta idea ya había sido propuesta anteriormente por Empédocles, pero Aristóteles la adopta y añade además un quinto elemento distinto de los otros cuatro, el éter, la sustancia que formaba los cielos. El éter era un elemento sin peso e incorruptible, los cielos estaban constituidos de este elemento y eran, al igual que el éter, inmutables (Arenzana, 2008).

Aristóteles consideró que estos elementos estaban formados a partir de la combinación de dos parejas de cualidades: frío y caliente; húmedo y seco (Esteban, 2006). Dado que las cualidades opuestas no podían combinarse entre sí, los cuatro elementos quedaban formados de la siguiente manera: fuego (caliente y seco), tierra (frío y seco), aire (caliente y húmedo) y agua (frío y húmedo). En la figura 1 puede observarse un cuadro esquemático con los cuatro elementos y las cuatro cualidades.

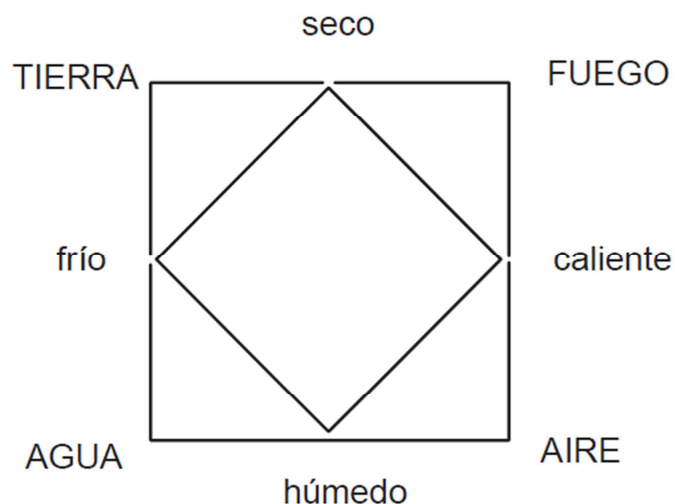


Figura 1. Los cuatro elementos aristotélicos (Esteban, 2006).

El pensamiento filosófico de esta época abordó también el tema de la divisibilidad de la materia, esta doctrina era llamada atomismo. Leucipo, filósofo griego del siglo V a. de C., instauró la idea de que toda la materia estaba formada por partículas minúsculas e indivisibles llamadas átomos. El término átomo proviene el vocablo griego «átomon» que significa indivisible.

Más tarde, Demócrito, un discípulo de Leucipo, formuló una teoría atómica de la materia basada en la idea del atomismo. Esta teoría posee cierta similitud con la teoría atómica que formularía Dalton aproximadamente unos dos milenios después.

La teoría de Leucipo argumentaba que toda la materia se encontraba formada por diminutas partículas llamadas átomos que eran indivisibles. También exponía que el origen del ser humano y del mundo se hallaba en los átomos y no en la intervención de los dioses (Ravaschino, 2011).

2.1.2. La alquimia greco-egipcia

La alquimia más cercana a nuestra cultura nace con la alquimia greco-egipcia, esta surge en Alejandría (Egipto), ciudad fundada por Alejandro Magno. Tras su muerte en el año 323 a. de C., este territorio egipcio pasó a manos de Ptolomeo, uno de sus generales. En esta ciudad confluían las culturas egipcia y griega, lo que provocó que la *khemeia*, antecedente de nuestro vocablo «química», adquiriera cierto carácter religioso, puesto que, para los egipcios, la química estaba vinculada al embalsamado de los cadáveres. Como consecuencia de esto, se produjo entre la población una desconfianza hacia las personas relacionadas con esta disciplina (Asimov, 1995). Los alquimistas más importantes que se conocen de esta época son Bolos de Mendes y María de Alejandría.

Bolos de Mendes, autor de la obra *Física y mística*, describe en este texto procedimientos para la fabricación de oro, plata y piedras preciosas, además detalla técnicas para teñir tejidos de color púrpura. Este autor es conocido también como el falso Demócrito, ya que tomó el nombre de Demócrito de Abdera para adquirir prestigio.

María de Alejandría, también llamada María la hebrea, desarrolló aparatos de laboratorio para destilación y sublimación, a ella se debe el nombre de la técnica del baño María.

En la época de la dominación romana, la ciencia griega entró en decadencia. El emperador Diocleciano decidió quemar todos los escritos de *khemeia* porque consideraba esta ciencia un peligro para el imperio romano, ya que si los alquimistas lograban elaborar oro con éxito, podrían hacer caer la economía imperial. Es por esto que apenas existen actualmente tratados originales de esta época (Esteban, 2006).

2.1.3. La alquimia árabe

En el siglo VII, empiezan a conocerse tratados de la alquimia árabe. La persona más influyente de la alquimia arábica fue Jabir ibn-Hayyan, más conocido como Geber, que escribió muchas obras relacionadas con la transmutación de los metales en oro.

Jabir propuso una teoría alternativa a la teoría aristotélica de los cuatro elementos. Según él, todo se encontraba basado en dos principios contrapuestos: el mercurio y el azufre. Por lo tanto, todos los metales estarían formados por el mercurio, que era volátil, y el azufre, que era combustible. Geber también incluyó el concepto de elixir, que era una sustancia con capacidad para transmutar los metales el oro, además de poder retornar la buena salud al ser humano o alargar su vida (Íñigo, 2010).

Los escritos de Geber ocasionaron grandes avances en el ámbito de la química, ya que sus obras describen recetas y técnicas que eran usadas en los laboratorios de los alquimistas, la lectura de sus tratados motivó la aparición de otros muchos alquimistas después de él. Por ejemplo, describió el cloruro de amonio, obtuvo ácido acético a partir de vinagre y sintetizó carbonato de plomo (Asimov, 1995).

Otra personalidad importante, después Jabir, fue Al Razi, un alquimista persa que vivió entre los siglos IX y X. Al Razi fue seguidor de Jabir y adoptó su teoría de los dos principios contrapuestos (mercurio y azufre), a la que añadió la sal como el tercer fundamento de la materia.

Al Razi describe en sus obras recetas y aparatos del laboratorio alquímico con mucha precisión. Clasificó la actividad del laboratorio en cuatro secciones: purificación, separación, mezcla y desecación. Estudió el cloruro de amonio, una sal que sintetizó a partir de orina, cabellos humanos y sal, también describió el ácido sulfúrico, que por aquella época era conocido como aceite de vitriolo, logró obtenerlo a partir del sulfato ferroso (Íñigo, 2010).

2.1.4. La alquimia en Europa

En el siglo XI, el dominio científico se alejó de los árabes para pasar al occidente de Europa. Alberto de Bollstadt (aproximadamente 1206-1280) fue el primer alquimista importante de Europa y sus obras trataron sobre la alquimia y la metalurgia. Entre sus logros se encuentra la descripción en profundidad del arsénico o la obtención del ácido nítrico y del agua regia, esta última sustancia la elaboró mezclando ácido nítrico con ácido sulfúrico.

El filósofo inglés Roger Bacon, coetáneo de Alberto Magno, fue un alquimista defensor de la experimentación, con el objetivo de oponerse a la deducción a partir de

principios generales sin una fundamentación experimental. Describió la pólvora negra, sustancia que sería de enorme utilidad para los ejércitos de esa época, y aunque se considera a veces que fue su descubridor, lo cierto es que ya había sido conocida y descrita antes en China (Íñigo, 2010).

2.1.5. La finalización de la alquimia

En 1317, el papa Juan XXII prohibió la alquimia por la cuestión de la transmutación de los metales en oro. Esto provocó un nuevo declive en el estudio de la química y también motivó un cambio de intereses en este ámbito, pues se dejó de lado el estudio de la transmutación de los metales para centrar la ciencia en el estudio de temas más prácticos y útiles. Dos autores que simbolizan este cambio son Agrícola, que se dedicó a escribir sobre mineralogía; y Paracelso, cuyo ámbito fue la medicina.

El tratado más famoso de Georgius Agrícola (1494-1555) es *De re metallica*. En esta obra, se relata de manera muy detallada, incluso con ilustraciones, todo el conocimiento sobre minería y metalurgia de la época. Esta obra ofrece descripciones del equipamiento, los métodos de extracción de minerales, la maquinaria e incluso los minerales. Este libro podría considerarse como uno de los trabajos más importantes de la época, Agrícola en este libro se dedica a una parte de la ciencia que se aleja mucho de los intereses que habían motivado a la alquimia hasta la fecha, en la figura 2 se muestra la portada de este libro (Asimov, 1995; Íñigo, 2010).



Figura 2. Portada del libro escrito por Agrícola llamado *De re metallica* (Asimov, 1995).

Por su parte, Paracelso (1493-1541) escribió sobre la obtención de medicamentos, ya que argumentaba que el propósito de la alquimia debía ser curar enfermedades en lugar de la transmutación de metales en oro. Y aunque se posicionara en contra de la transmutación, se mostraba en acuerdo respecto a los tres principios que propusieron los árabes (mercurio, azufre y sal).

Una de las contribuciones más importantes de Paracelso fue la preparación de remedios a base de compuestos inorgánicos, cuando tradicionalmente las preparaciones contra enfermedades se habían elaborado con plantas curativas. Investigó la utilización de distintas sales de zinc, plomo o cobre como principios activos (Asimov, 1995; Íñigo, 2010).

Las obras de Paracelso y Agrícola marcan el inicio de un cambio de concepción en el ámbito de la química y suponen el fin de la alquimia. La ciencia química se aleja finalmente de su inclinación hacia la transformación de los metales en oro, para centrarse en temas más prácticos y provechosos como la mineralogía o la medicina.

2.1.6. Los inicios de la química moderna

La nueva revolución científica comenzó a manifestarse con el nuevo interés por los gases en la comunidad científica. El médico Jean Baptiste Van Helmont (1580-1644) realizó avances en este campo al describir el dióxido de carbono al que llamó «gas silvestre», ya que lo obtuvo de la madera. Otro avance importante lo produjo Evangelista Torricelli (1608-1647), un físico italiano que demostró que el aire era capaz de ejercer presión y por lo tanto era materia (Asimov, 1995; Esteban, 2002)

Durante los años siguientes, la química se centró en temas más provechosos que la transmutación de los metales en oro, las nuevas tendencias de la química supusieron el inicio de la química moderna. A continuación, se exponen los investigadores más influyentes de este periodo, las personas fundadoras de la química moderna, se marca entonces el fin del término *alquimia* para ser reemplazado por la palabra *química*. Estas personas marcaron el verdadero inicio del estudio de las reacciones químicas desde un punto de vista experimental.

Robert Boyle

Robert Boyle (1627-1691) fue un químico irlandés que realizó grandes contribuciones en los campos de la física y de la química de su época. Su obra más famosa es *The sceptical chymist (El químico escéptico)*, esta se encuentra escrita en forma de diálogo y Boyle presenta en ella su teoría corpuscular de la materia, además propone, en esta obra, que la evidencia experimental debe ser la base para el

desarrollo científico. El título de la obra incluye la palabra «escéptico» porque la filosofía de Boyle huía de todas las proposiciones hasta que estas no fueran comprobadas experimentalmente (Esteban, 2002).

En su teoría corpuscular, Boyle adoptó el atomismo para proponer que todos los cuerpos estaban formados por pequeños corpúsculos y que las reacciones químicas eran una manifestación de la interacción que se producía entre los corpúsculos que formaban los cuerpos. Con Boyle se adquiere una nueva concepción de elemento, pues anteriormente se había considerado que los elementos eran las sustancias primarias que formaban el universo, pero Boyle establece que los elementos son sustancias simples que no pueden descomponerse en otras mediante algún tipo de técnica (Asimov, 1995; Esteban, 2002).

Robert Boyle mostró interés por los experimentos relacionados con los gases y el vacío, lo cual le llevó a enunciar la famosa ley de los gases que lleva su nombre y que relaciona la presión y el volumen de un gas. Para formular esta ley, Boyle utilizó un tubo en forma de U, con uno de sus extremos cerrado y otro extremo abierto por el que se introducía mercurio, de forma que cuanto mayor era la altura de mercurio que contenía el tubo, mayor reducción de volumen experimentaba el aire contenido en el extremo que se encontraba cerrado. Este experimento le llevó a demostrar que la presión y el volumen mantenían una relación de proporcionalidad inversa, es decir, el producto de la presión por el volumen era siempre un valor constante. En la figura 3 se muestra una ilustración de este experimento (Asimov, 1995).

Esta ley de los gases que relaciona la presión con el volumen, fue establecida también de manera independiente por el francés Edme Mariotte (1620-1684) unos años después. Debido a esto, esta ley se conoce también como ley de Boyle-Mariotte.

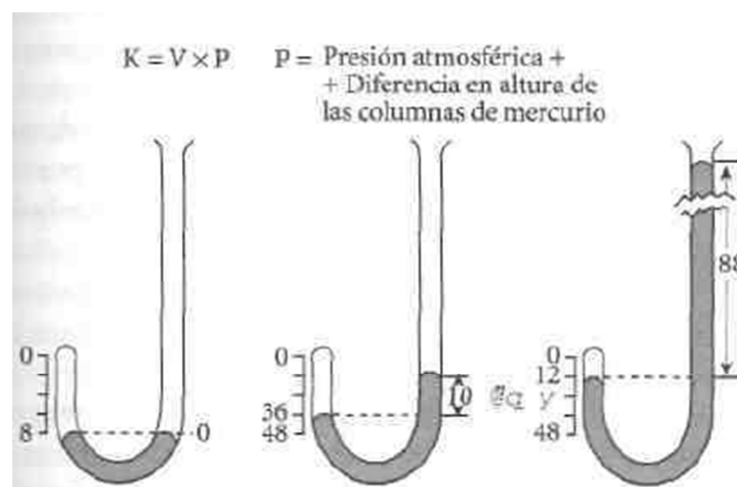


Figura 3. Ilustración del experimento de Robert Boyle para comprobar que la presión y de temperatura cumplen una relación de proporcionalidad inversa (Asimov, 1995).

Boyle realizó también investigaciones en la química de ácidos y bases, pues creó un indicador, el jarabe de violetas, que se volvía de color rojo con los ácidos y de color verde con las bases. Estableció, gracias a esto, una clasificación de los ácidos en función del color rojo que adquirían al entrar en contacto con el indicador (Esteban, 2002).

Antoine Lavoisier

Lavoisier (1743-1794), científico francés nacido en París, fue uno de los personajes más importantes en el campo de la química del siglo XVIII. Debido a sus aportaciones a este campo, se le puede considerar como el fundador de la química moderna.

Durante la época de Lavoisier, uno de los problemas principales de la química del siglo XVIII era intentar buscar una explicación a lo que ocurría cuando el fuego actuaba sobre las sustancias, como por ejemplo cuando el carbón ardía y desprendía calor y llamas o cuando se calcinaban los metales y se convertían en sustancias totalmente distintas (el óxido metálico). La idea principal para explicar este tipo de reacciones en esta época era la *teoría del flogisto*. El *flogisto* era, según esta teoría, un principio que poseían todos los materiales combustibles y que se expulsaba cuando se producía la combustión, además este principio podía transferirse de unos materiales a otros. De esta manera, los óxidos metálicos, que en esta época se llamaban «cales», podían transformarse en metales si adquirían *flogisto* del aire (Pellón, 2002).

Lavoisier era un defensor de las mediciones exactas como un método para la investigación científica en los laboratorios, esto le encaminó a proponer una teoría alternativa a la del *flogisto*. Uno de los experimentos que realizó fue calcinar estaño en un recipiente cerrado y comprobó que, efectivamente, el metal que había sido calcinado poseía más peso que el original, pero también pudo comprobar que el peso completo de todo el sistema, es decir, del recipiente, del aire y del calcinado, no había cambiado. De este resultado dedujo que el metal había adquirido algo del aire, además en el recipiente se había formado un pequeño vacío, lo que confirmó su teoría de que el metal realmente había obtenido algo del aire. De esta forma pudo demostrar que la calcinación era la ganancia de algo material, en lugar de un desprendimiento de *flogisto* (Asimov, 1995).

Sin embargo, Lavoisier ya se había percatado anteriormente, en otros experimentos, de que la masa total en las reacciones permanecía constante. En un experimento, calentó agua hasta llevarla a ebullición durante ciento un días en un aparato que luego recogía el vapor y lo condensaba para volver a recoger el agua

resultante, de forma que en el transcurso del experimento el agua no abandonaba el sistema. Observó que apareció un sedimento en el recipiente donde el agua había sido llevada hasta ebullición, pero el peso del sedimento, del receptáculo y del agua total no había variado respecto del peso inicial. Por lo tanto, el agua no podía haberse transformado en tierra como sostenían algunos científicos de la época, sino que el sedimento procedía del propio recipiente de vidrio. Tal vez, este y otros experimentos fueron los que llevaron a Lavoisier a formular su famosa ley de conservación de la masa en 1789 (Pellón, 2011).

En sus experimentos con la calcinación de los metales, Lavoisier se había dado cuenta de que el aire no podía ser una sustancia simple, pues había observado que solo una parte del aire se combinaba con el metal para formar el calcinado, concretamente, solo una quinta parte del aire. Otro científico, Joseph Priestley, ya había descubierto esta parte del aire antes y comunicó sus descubrimientos a Lavoisier. Esta fracción del aire, llamada *oxígeno* por parte de Lavoisier, adquiere su nombre de vocablos griegos y significa «productor de ácidos» (Asimov, 1995; Pellón, 2011).

La otra parte del aire, que no poseía capacidad para sustentar la combustión, fue llamada *nitrógeno*, que significa «formador de salitre», puesto que pudo observar que el nitrógeno era parte del nitrato de potasio.

Probablemente la obra más importante de Lavoisier y en la que recoge sus nuevas teorías sobre química es el libro *Tratado elemental de química*, publicado por Lavoisier en 1789. Este libro se encontraba escrito de forma que pudiera ser entendido por principiantes en el campo de la química y contenía información sobre ácidos, bases y las reacciones de neutralización entre ellas, que producen las sales neutras, además el libro cuenta con una descripción de los instrumentos y aparatos de los laboratorios de la época. El libro también contiene listas con las sustancias conocidas hasta entonces, ordenadas desde la más simple a la más compleja, Lavoisier enumera en la lista de sustancias simples, es decir, que no se podían descomponer en otras, a treinta tres sustancias (Castro, 2008).

Joseph Proust

Joseph Louis Proust (1754-1826), químico francés, es conocido en la historia por enunciar la *ley de las proporciones definidas*, la cual establece que cuando dos o más elementos se combinan para formar un compuesto, siempre mantienen una proporción en masa constante. Proust también es conocido por la diferencia de ideas que mantuvo con otro químico de su época, Claude Louis Berthollet (1748-1822),

acerca de las proporciones definidas que mantienen los elementos que forman los compuestos (Furió y Padilla, 2003).

Berthollet defendía que los compuestos tenían una composición variable en función de la técnica con la que habían sido preparados, por lo tanto, para él los compuestos no podían tener una composición fija de elementos. En absoluta oposición a esta idea, se encontraba Louis Proust que argumentaba que los pesos de los elementos que constituían los compuestos mantenían una proporción constante.

Proust había estudiado los óxidos metálicos y había descubierto que para un mismo metal podían formarse varios tipos de óxidos, pero estos siempre mantenían una proporción constante en sus elementos. Berthollet, en cambio, sostenía que los óxidos podían adquirir oxígeno del aire y aumentar su proporción de oxígeno ininterrumpidamente, incluso llegó a imaginar una serie continua de óxidos metálicos (Furió y Padilla, 2003).

Otro químico que se interesó por las proporciones en los compuestos y las reacciones químicas fue Jeremías Benjamín Richter (1762-1807), contemporáneo de Proust y de Berthollet, que estudió las reacciones de neutralización entre los ácidos y las bases para establecer tablas que relacionaban la cantidad de ácido o base que se necesitaba para llevar a cabo la neutralización. Richter señaló que existían *partes equivalentes*, es decir, cantidades fijas de un compuesto que reaccionaban con cantidades fijas de otro (Furió y Padilla, 2003).

John Dalton

John Dalton (1766-1844) fue un químico británico, conocido históricamente por la teoría atómica que lleva su nombre. Para publicar esta teoría, Dalton adopta las ideas de otros científicos como Lavoisier, Proust y Richter. La teoría se encuentra expuesta en el tercer capítulo del volumen primero de su obra *A new system of chemical philosophy (Un nuevo sistema de filosofía química)*.

En esta teoría, se postula que la materia está constituida por partículas diminutas e indivisibles llamadas átomos y que, tal como apunta la *ley de conservación de la masa* de Lavoisier, estos átomos no pueden crearse ni destruirse.

Los átomos que formaban parte de un mismo elemento son idénticos en masa y tamaño, por lo tanto los átomos de distintos elementos tienen una masa diferente. Estos átomos pueden asociarse para formar moléculas, pero siempre en un número invariable, al igual que expone Proust en su *ley de las proporciones definidas*. Por consiguiente, la masa de una molécula debe ser igual a la suma de los átomos que la constituían (Muñoz y Bertomeu, 2003).

Dalton crea una nueva ley para las reacciones químicas en su teoría atómica, *la ley de las proporciones múltiples*, según esta ley, cuando dos elementos se combinan para formar más de un compuesto, sus cantidades guardan una relación de números enteros sencillos. Y de acuerdo con las ideas de Ritcher, Dalton elabora una tabla de pesos atómicos relativos y utiliza como unidad la masa de un átomo de hidrógeno.

En su teoría atómica, Dalton postula también que a la misma temperatura y presión, los volúmenes iguales de gases distintos no pueden tener igual número de átomos o de moléculas. En la actualidad, se sabe que este postulado no es cierto, pero ya en la época de Dalton, un químico francés, Joseph Louis Gay-Lussac (1778-1850), presentó ideas que se encontraban en clara oposición a este postulado con su *ley de los volúmenes de combinación* (Gapri, 1994; Muñoz y Bertomeu, 2003).

Esta ley publicada por Gay-Lussac en 1808 establece que los volúmenes de los gases que participan en una reacción química, medidos en iguales condiciones de temperatura y presión, se encuentran en una relación de números enteros sencillos.

Amedeo Avogadro

El químico italiano Amedeo Avogadro (1776-1856) utilizó *la ley de los volúmenes de combinación* propuesta por Gay-Lussac para plantear su famosa hipótesis de Avogadro en 1811. Según esta hipótesis, los mismos volúmenes de gases distintos, medidos en las mismas condiciones de presión y temperatura, contienen igual número de moléculas.

A partir de su hipótesis, Avogadro propuso un sistema para calcular las masas relativas de las moléculas de los gases, pues si los mismos volúmenes de gases, en iguales condiciones, constaban del mismo número de partículas, entonces la relación que existía entre las densidades de los gases sería la misma que la relación entre las masas de las partículas (Muñoz y Bertomeu, 2003).

Avogadro también propuso, en base a los resultados experimentales que había observado, que las sustancias gaseosas simples estarían formadas por moléculas que incluían dos átomos iguales, es decir, lo que en la actualidad conocemos como moléculas diatómicas. Pero esta hipótesis no obtuvo la aprobación de la comunidad científica hasta la celebración en 1860 del congreso de Kalsruhe.

2.2. Las reacciones químicas: fundamentación teórica

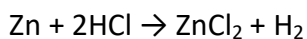
2.2.1. Las reacciones químicas y su representación

Una reacción química es un proceso por el que una o más sustancias, conocidas como reactivos, se transforman mediante un cambio en su estructura molecular y sus enlaces en otras sustancias conocidas como productos. Se producen reacciones químicas por ejemplo en los cambios de color, en la formación de precipitados o cuando se desprende gas al mezclar dos reactivos (Petrucci, Harwood, Madura y Bissonnette, 2011).

No todos los fenómenos que ocurren en la naturaleza son transformaciones químicas, ya que también existen los cambios físicos. Estos cambios ocurren sin que los reactivos se transformen en otras sustancias diferentes. Un ejemplo de este tipo de cambio ocurre cuando una sustancia cambia su estado de agregación de sólido a líquido.

Las ecuaciones químicas son la forma de representar las reacciones químicas, en ellas los reactivos y productos se encuentran escritos con su fórmula química correspondiente. A la izquierda de una ecuación química, se indican los reactivos, separados por un signo (+) que significa “reacciona con”, seguidos de una flecha (→) que significa “produce” y a la derecha de la ecuación, se indican los productos. Los números que se anteponen a las fórmulas son los coeficientes estequiométricos, estos coeficientes sirven para que el número de átomos a la izquierda y a la derecha de la ecuación química sea el mismo (Brown, Bursten y Burdge, 2004).

En la ecuación química correspondiente a la reacción entre el cinc metálico y el ácido clorhídrico, cuyos productos son el cloruro de cinc y el hidrógeno, se observan todos los elementos mencionados anteriormente.



2.2.2. Cinética química

Para explicar el comportamiento de las reacciones químicas bajo un punto de vista molecular son necesarios los conceptos que aportan el modelo cinético molecular, la teoría de colisiones y la teoría del estado de transición.

Modelo cinético-molecular

El modelo cinético molecular establece que la materia está constituida por partículas muy pequeñas llamadas moléculas, a partir de este modelo se explican los distintos estados de la materia.

En un gas, las moléculas se encuentran en movimiento constante y aleatorio, además la distancia que las separa es muy grande en comparación con el tamaño de estas. Esta gran distancia que separa a las moléculas explica la baja densidad que poseen los gases y la capacidad que tienen para comprimirse fácilmente. En condiciones normales (0 °C y 1 atm), no puede apreciarse ninguna interacción entre las moléculas de un gas, debido a que las fuerzas que actúan entre estas moléculas son demasiado débiles, es por eso que los gases pueden expandirse hasta ocupar todo el volumen del recipiente que los contiene (Chang y College, 2002).

En el estado líquido, la distancia que separa a las moléculas es menor que en los gases, ya que las moléculas se encuentran unidas por fuerzas de atracción intermolecular. Estas fuerzas son lo suficientemente fuertes como para no permitir el libre movimiento de las moléculas, como ocurre en los gases, pero poseen cierta libertad de movimiento, esto explica que los líquidos puedan fluir y que adopten la forma del recipiente que los contiene (Brown, et al., 2004; Chang y College, 2002).

En los sólidos, las moléculas se encuentran en posiciones fijas y no tienen libertad de movimiento. La distancia entre las moléculas es menor que en los líquidos, así que los sólidos apenas pueden comprimirse, por tanto poseen un volumen y una forma definidos.

La teoría de colisiones

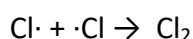
Como se ha mencionado anteriormente, según el modelo cinético-molecular, las moléculas en los gases se encuentran en movimiento continuo y aleatorio de forma que se pueden producir choques entre ellas. La frecuencia de colisión de estas moléculas es un aspecto muy relevante en la teoría de colisiones y en cinética química.

La frecuencia de colisión en una reacción común entre gases es de 10^{32} colisiones por litro y por segundo, con esto se obtendría una velocidad de reacción de $10^6 \text{ M}\cdot\text{s}^{-1}$ pero esto no ocurre en la realidad, ya que no todos los choques entre las moléculas de los reactivos producen moléculas de producto. Esto quiere decir que solo una parte de las colisiones entre las moléculas del gas producen una reacción química, entonces la velocidad real de una reacción en fase gaseosa suele ser de $10^{-4} \text{ M}\cdot\text{s}^{-1}$ aproximadamente (Petrucci, et al., 2011).

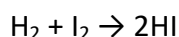
Para que se produzca una reacción química entre dos moléculas, estas deben tener suficiente energía cinética para que, cuando colisionen, puedan romperse los enlaces que las forman y producirse los productos de la reacción. De este modo, se define la energía de activación de una reacción química como la energía cinética mínima que tienen que poseer las moléculas cuando chocan para que ocurra la reacción (Brown, et al., 2004).

La velocidad de una reacción química depende de la frecuencia de colisión entre las moléculas y de la fracción de estas moléculas que posee suficiente energía cinética como para producir la reacción. Esto provoca que, para reacciones con energía de activación alta, la fracción de colisiones que producen una reacción sea pequeña y por consiguiente, la reacción sea lenta (Petrucci, et al., 2011).

Además de esto, existe otro factor que posee influencia durante las colisiones de las moléculas en una reacción, este es la orientación de las moléculas durante la colisión. Por ejemplo durante la reacción de dos átomos de cloro para formar cloro molecular, la orientación no es un factor relevante debido a la simetría esférica de los átomos.



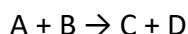
En cambio, para el caso de la reacción entre el hidrógeno y el yodo para dar yoduro de hidrógeno, es necesario que las moléculas colisionen de forma paralela la una con la otra para que pueda producirse una colisión favorable que dé lugar a las moléculas de producto, de lo contrario la reacción no tendrá lugar porque la colisión no sería favorable el no tener una orientación adecuada.



Teoría del estado de transición

Esta teoría acepta la existencia de una especie que se encuentra en un estado intermedio (estado de transición) entre los reactivos y los productos durante una reacción química, esta especie se denomina complejo activado. La especie se forma temporalmente durante la colisión de las moléculas de los reactivos antes de formar el producto pero, como se ha mencionado en el apartado anterior, para que las moléculas de los reactivos formen los productos, estas deben poseer, en el momento de la colisión, una energía cinética mayor o igual que la energía de activación (E_a). Esta energía de activación es igual a la diferencia de energía entre el complejo activado y los reactivos (Chang y College, 2002).

En la figura 4 pueden observarse dos perfiles diferentes para una reacción:



Como ocurre en el caso a), cuando los productos de la reacción son más estables que los reactivos, entonces esta ocurre con una liberación de calor (reacción exotérmica), pero si los productos son menos estables que los reactivos como en el caso b), la reacción ocurre con absorción de calor (reacción endotérmica).

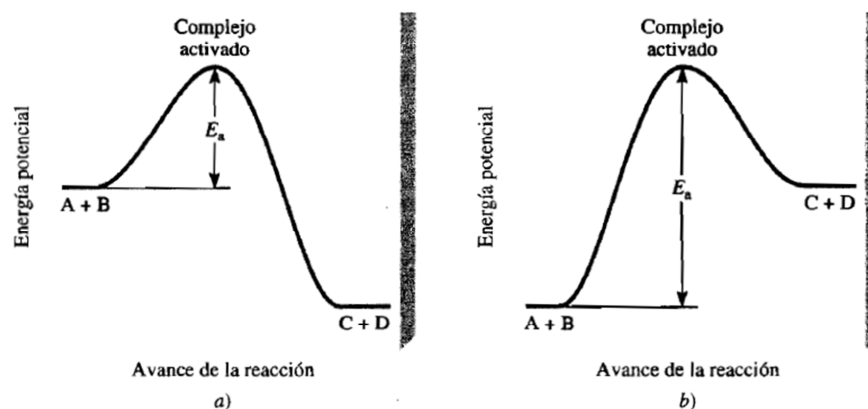
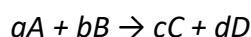


Figura 4. Perfil de una reacción (Chang y College, 2002).

2.2.3. Velocidad de una reacción

En una reacción química, la velocidad de reacción puede definirse como la rapidez con la que cambia la concentración de un reactivo o producto por unidad de tiempo. La velocidad de reacción posee unidades de molaridad por segundo ($M \cdot s^{-1}$).

Para una reacción del tipo:



En la que los reactivos y productos son representados por las letras mayúsculas, y los coeficientes estequiométricos por las letras minúsculas. La velocidad de reacción podría definirse así:

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

Como la velocidad de reacción es una magnitud positiva, esta debe incluir un signo negativo en los reactivos, ya que estos se consumen durante el transcurso de la reacción.

Para poder estudiar las reacciones químicas se necesitan ecuaciones que nos establezcan la relación entre la velocidad de reacción y la concentración de los reactivos. Para una reacción química como la del ejemplo anterior, la ecuación de velocidad sigue la forma:

$$v = k[A]^m[B]^n \dots$$

En esta expresión, los elementos $[A]$ y $[B]$ representan las concentraciones molares de los reactivos y los exponentes m y n representan el orden de reacción para los reactivos A y B respectivamente. Estos ordenes de reacción no están vinculados a los coeficientes estequiométricos de la reacción química, así el orden total de una reacción será la suma de todos los exponentes ($m + n + \dots$). A continuación se exponen las ecuaciones de velocidad para los distintos tipos de órdenes de reacción (Brown, et al., 2004; Petrucci, et al., 2011).

Para una reacción que sea $A \rightarrow \text{productos}$, las ecuaciones de velocidad serían las siguientes dependiendo del orden de reacción.

Reacciones de orden cero. Para este caso, la ecuación de velocidad sería:

$$v = k[A]^0 = k = \text{constante}$$

Las unidades de k son $M \cdot s^{-1}$ y la velocidad de reacción se mantiene constante durante el transcurso de toda la reacción, de forma que la ecuación que representa como varía la concentración de A con el tiempo, siendo $[A]_0$ la concentración inicial, es:

$$[A]_t = -kt + [A]_0$$

Reacciones de primer orden. En este tipo de reacciones, la velocidad de la reacción depende de la concentración de uno de los reactivos elevada a la primera potencia. La constante k posee unidades de s^{-1} y la ecuación de velocidad es:

$$v = k[A]$$

La ecuación de la recta que describe como varía la concentración respecto del tiempo se obtiene integrando la expresión anterior y es:

$$\ln[A]_t = -kt + \ln[A]_0$$

Reacciones de segundo orden. En estas reacciones, la velocidad de reacción depende de la concentración de un reactivo elevada al cuadrado, por lo que la constante k tiene unidades de $M^{-1} \cdot s^{-1}$ y la ecuación de velocidad es:

$$v = k[A]^2$$

Para este caso, la ecuación de la recta que establece la variación de la concentración respecto del tiempo es:

$$\frac{1}{[A]_t} = kt + \frac{1}{[A]_0}$$

2.2.4. Factores que influyen en la velocidad de una reacción química

La velocidad de las reacciones químicas puede verse influida por varias causas relacionados con las propiedades de los reactivos. Los factores por los que pueden verse influida son (Brown, et al., 2004):

- El estado físico en el que se encuentren los reactivos, ya que para que se produzca la reacción es necesaria la colisión entre las moléculas, cuanto más fácil se produzca esta colisión, mayor velocidad tendrá la reacción. Por ejemplo en las reacciones en las que alguno de los reactivos se encuentra en fase sólida, la reacción se producirá más rápidamente si el área superficial del sólido es mayor porque la reacción tiene una superficie de contacto mayor.
- La temperatura de la reacción es un factor que influye en su velocidad, pues la velocidad de la reacción aumenta cuando se aumenta la temperatura. Esto se explica porque a medida que aumenta la temperatura, aumenta también la energía cinética de las moléculas, lo que hace que las colisiones entre moléculas ocurran con mayor frecuencia y con más energía.
- La concentración de los reactivos influye en la velocidad de la reacción, puesto que si se aumenta la concentración de los reactivos, aumenta también la frecuencia de colisión de las moléculas, lo que provoca una mayor velocidad de la reacción. El científico sueco Svante Arrhenius estableció una expresión que relaciona como varía la constante de velocidad de una reacción con la temperatura. En la expresión que aparece abajo, A es una constante, E_a es la energía de activación de la reacción, R es la constante universal de los gases ideales, T representa la temperatura de la reacción y k es la constante de velocidad de la reacción.

$$k = A e^{-\frac{E_a}{RT}}$$

- La utilización de catalizadores ayuda a aumentar la velocidad de las reacciones químicas. Un catalizador es una sustancia que aumenta la velocidad de una reacción al hacer que la reacción ocurra con una energía de activación menor. El catalizador interviene en la reacción sin sufrir ningún cambio permanente, es decir, su masa no varía durante el transcurso de la reacción.

2.2.5. Leyes fundamentales de las reacciones químicas

Para el estudio de las reacciones químicas y para la realización de cálculos estequiométricos es indispensable conocer estas leyes fundamentales de las reacciones químicas (Chang y College, 2002; Petrucci, et al., 2011).

La ley de conservación de la masa: fue descubierta por el científico francés Antoine Lavoisier y establece que la totalidad de la masa presente en las sustancias después de una reacción química es la misma que la masa total de las sustancias antes de la reacción. Esto quiere decir que, durante una reacción química, la masa no se crea ni se destruye, únicamente se transforma.

La ley de las proporciones definidas: es llamada también la ley de la composición constante y fue publicada por el químico francés Joseph Proust. En esta ley se establece que todas las muestras de un mismo compuesto estarán constituidas siempre por los mismos elementos y en la misma proporción en masa.

La ley de las proporciones múltiples: de acuerdo con esta ley, cuando dos elementos se combinan para formar más de un compuesto, la masa de uno de los elementos que se combina con una masa fija del otro mantendrá siempre una relación números enteros sencillos.

Esta última ley puede deducirse de la teoría atómica de Dalton, esta teoría se basaba en tres postulados (Chang y College, 2002; Petrucci, et al., 2011):

- Cada elemento está formado por partículas muy pequeñas, indivisibles e indestructibles denominadas átomos.
- Los átomos de un mismo elemento son idénticos en masa y propiedades químicas, pero son distintos a los átomos de los demás elementos.
- En un compuesto, los átomos de los elementos que lo forman siempre se combinan según una relación numérica sencilla.

2.2.6. Ajuste de ecuaciones químicas

El ajuste de las reacciones químicas consiste en adaptar los coeficientes estequiométricos de la ecuación química para que el número de átomos de cada elemento a la izquierda de la ecuación sea el mismo que a la derecha. Ajustar ecuaciones es esencial para realizar cálculos estequiométricos y normalmente se suele hacer mediante ajuste por tanteo. No obstante, existen algunas tácticas eficaces para realizar ajustes de ecuaciones (Petrucci, et al., 2011):

- Es conveniente ajustar primero los elementos que solo aparezcan en un compuesto en cada lado de la ecuación.
- Los iones poliatómicos se ajustan como si fueran unidades independientes.
- Los elementos libres deben ajustarse en último lugar.

A continuación, se muestra un ejemplo del procedimiento para ajustar una reacción química:

Reacción sin ajustar: $N_2 + H_2 \rightarrow NH_3$

Ajuste de N: $N_2 + H_2 \rightarrow 2NH_3$

Ajuste de H: $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$ (reacción ajustada)

2.2.7. Cantidad de sustancia

La unidad de medida en el Sistema Internacional de Unidades para la cantidad de sustancia es el mol. Un mol se define como la cantidad de sustancia que posee tantas entidades elementales como átomos hay en exactamente 12 gramos de carbono-12 puro. El número de entidades elementales que contiene un mol es igual a la constante de Avogadro (N_A), cuyo valor es $6,02214 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

$$N_A = 6,02214 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

El valor de la constante de Avogadro fue escogido para que la masa de un mol de átomos de carbono-12, que es 12 gramos exactamente, tuviera el mismo valor numérico que la masa correspondiente a un átomo de carbono 12, que es 12 u. Este hecho provoca que, para todos los elementos, la masa en gramos de un mol de átomos sea igual, en valor numérico, a la masa de un átomo de esos elementos en unidades de masa atómica. Es decir, un mol de átomos de flúor posee una masa de 18,99 gramos, que tiene mismo valor numérico que la masa de un átomo de flúor (18,99 u). Esta propiedad del número de Avogadro es muy útil para los cálculos estequiométricos (Brown, et al., 2004; Chang y College, 2002).

2.2.8. Cálculos estequiométricos

Los cálculos estequiométricos nos permiten obtener la cantidad de reactivos necesarios en una reacción o la cantidad de productos que se van a obtener de ella. Para realizar los cálculos es necesario tener en cuenta el concepto de mol, el número de Avogadro y las leyes fundamentales de las reacciones químicas.

En las operaciones para los cálculos estequiométricos se necesita hacer uso de factores de conversión, en función de los datos que se necesiten para el cálculo, se hace uso de un factor de conversión o de otro. Debajo se ofrecen los dos factores de conversión más comunes, ejemplificados con el caso del sodio.

$$\frac{1 \text{ mol Na}}{22,99 \text{ u}} \text{ y } \frac{6,022 \cdot 10^{23} \text{ átomos}}{1 \text{ mol Na}}$$

2.2.9. Importancia de las reacciones químicas en la sociedad y el medioambiente

La mayor parte de la energía de la que dependen las sociedades actuales proviene directa o indirectamente de reacciones químicas. Las principales fuentes de energía provienen de la quema de combustibles fósiles como el petróleo, el carbón mineral o el gas natural. El gas natural se compone de hidrocarburos en estado gaseoso, el petróleo consiste en un líquido compuesto de miles de sustancias, en su mayoría hidrocarburos y el carbón mineral es sólido y contiene hidrocarburos de alto peso molecular entre otras muchas sustancias. La reacción de combustión de un hidrocarburo es la que se utiliza para obtener energía a partir de los combustibles fósiles (Brown, et al., 2004).

Pero la quema de este tipo de combustibles produce graves problemas de carácter medioambiental actualmente, como pueden ser: el calentamiento global causado por los gases de efecto invernadero, la lluvia ácida, el *smog* fotoquímico o el adelgazamiento de la capa de ozono.

El calentamiento global

Este problema ambiental se encuentra estrechamente relacionado con el CO₂, un compuesto que no es tóxico pero cuya acumulación a largo plazo en nuestra atmosfera está provocando problemas severos. La radiación visible y ultravioleta que procede del sol atraviesa nuestra atmósfera y es reflejada por la superficie de la Tierra en forma de radiación infrarroja, una parte de esta radiación infrarroja emitida por la Tierra es absorbida por gases de efecto invernadero como el metano, el dióxido de carbono y el vapor de agua. Esto tiene como resultado un aumento de la temperatura global debido al calentamiento que se produce, este fenómeno es denominado «efecto invernadero» debido a la similitud que guarda con el aislamiento térmico que se produce en un invernadero. El contenido de CO₂ atmosférico ha venido aumentando desde los años cincuenta hasta nuestros días debido a la quema de combustibles fósiles (Petrucci, et al., 2004).

Entre los efectos importantes que pueden causar el calentamiento global se encuentran:

- Un cambio en las temperaturas medias de las ciudades, pues se estima que en los últimos cuarenta años la temperatura media de estas ha podido aumentar entre 1,5 °C y 2 °C.
- Un aumento del nivel del mar a causa de la fusión del hielo polar y de la dilatación del agua del mar debido al aumento de la temperatura.

- Cambios en las migraciones de los animales debido al cambio de temperatura en sus zonas usuales.

Pero no solo el CO₂ es un gas de efecto invernadero, otros como el N₂O (óxido nitroso), el metano (CH₄) o los compuestos clorofluorocarbonados (CFC) son causantes también de este efecto.

El adelgazamiento de la capa de ozono

Existen determinados compuestos que, cuando se encuentran presentes en la estratosfera, pueden reaccionar con el ozono estratosférico e interferir en su formación causando una destrucción progresiva de este y un adelgazamiento de la capa de ozono que nos protege de las radiaciones malignas procedentes del sol.

El ozono se forma y se descompone naturalmente en la estratosfera según las reacciones que se indican en la figura 5, el ozono reacciona con los fotones de alta energía de las radiaciones electromagnéticas cuya longitud de onda es muy baja y por tanto son peligrosas para el ser humano. En estas reacciones reside la importancia de la capa de ozono para la vida en la Tierra (Brown, et al., 2004).

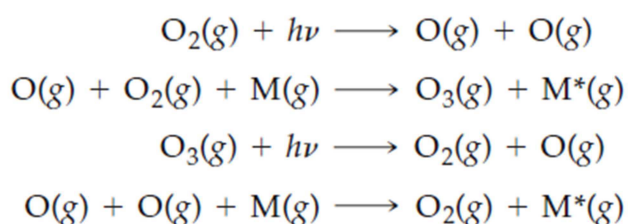


Figura 5. Reacciones de formación y descomposición del ozono estratosférico (Brown, et al., 2004).

Compuestos como los CFC antes mencionados interfieren en esta formación del ozono estratosférico al formar radicales cloro y oxígeno en reacciones fotoquímicas, por tanto, son los causantes del adelgazamiento de la capa de ozono, esta reducción del ozono estratosférico tiene como resultado que se permita que las radiaciones UVB y UVC, perjudiciales para la vida, atraviesen la atmósfera y lleguen a la superficie terrestre. En la figura 6, se muestran las reacciones que causan la descomposición del ozono.

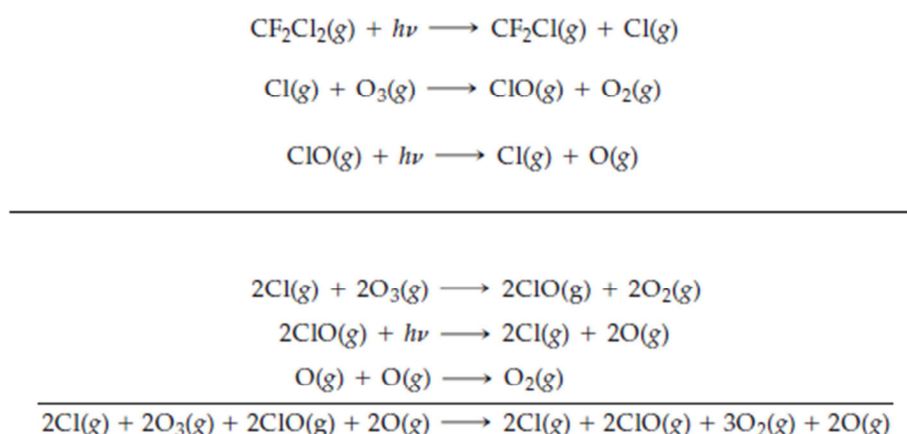


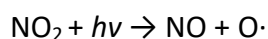
Figura 6. Reacciones de destrucción de ozono debidas a los CFC (Brown, et al., 2004).

El *smog* fotoquímico o la niebla fotoquímica

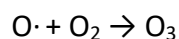
Otra consecuencia importante que está produciendo la quema de combustibles fósiles es la formación del *smog* fotoquímico. Esta palabra se refiere a la masa de aire oscuro y contaminado que se observa desde lejos en la cima de las zonas urbanas con mucha actividad industrial. Este tipo de contaminación se forma por la acción de la luz del sol sobre los productos que produce la combustión de los combustibles fósiles, como se da en el caso de algunas industrias o en los motores de los coches.

Estas combustiones expulsan óxidos de nitrógeno, como el $\text{NO}(\text{g})$ que es el principal causante del *smog*. Otros compuestos que pueden encontrarse en este *smog* son el NO_2 y el ozono troposférico. El hecho de que estos compuestos se encuentren presentes en la atmosfera de las ciudades causa problemas respiratorios y otro tipo de síndromes a sus habitantes (Petrucci, et al., 2011).

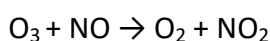
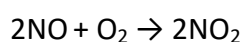
Las reacciones que tienen lugar en el *smog* fotoquímico se inician por acción de la luz solar, de ahí su nombre. El NO_2 absorbe la radiación solar y se descompone.



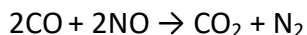
Esta reacción es la que ocasiona la formación del ozono troposférico, un gas tremendamente tóxico y reactivo.



El NO_2 que inicia las reacciones para que se forme el ozono troposférico se crea a su vez debido a estas dos reacciones:



En la actualidad, para reducir la emisión de monóxido de carbono y de óxidos de nitrógeno a la atmósfera, los automóviles cuentan con conversores catalíticos, cuya función es convertir el monóxido de carbono y el monóxido de nitrógeno que despiden los gases de combustión en CO₂ y nitrógeno.



Lluvia ácida es una consecuencia indeseable del *smog* fotoquímico, este fenómeno esta ocasionado por la presencia de compuestos ácidos en el agua de lluvia, como resultado puede ocurrir que aparezcan materiales dañados cuando llueve en estas zonas. Los materiales que se ven más afectados por la lluvia ácida a largo plazo son aquellos hechos de mármol, ya que contiene carbonato de calcio (CaCO₃), un compuesto que reacciona con los ácidos (Petrucchi, et al., 2011).

La acumulación de plástico en el mar

Este problema de carácter medioambiental no está directamente vinculado a la quema de combustibles fósiles, pero está tomando cada vez más importancia en las sociedades actuales. La llamada «industria del plástico» tiene mucha importancia en la actualidad debido a la gran cantidad de materiales plástico que se utilizan en muchos ámbitos.

Estos materiales debido a malos reciclajes terminan en los océanos, creando las llamadas «islas de plástico», que son grandes acumulaciones de materiales plásticos en el mar. Estos materiales se degradan parcialmente mientras están en el mar y dan como resultado la acumulación de un gran número de pequeñas partículas de plástico en el mar que causan graves problemas a la fauna marina. Son ya muchos los animales encontrados muertos o heridos por temas relacionados con los plásticos en el mar.

3. FUNDAMENTACIÓN DIDÁCTICA

3.1. *Las ideas previas y el aprendizaje significativo*

La mente del alumnado no debe compararse con un recipiente vacío que es necesario que el profesorado llene con información, pues el alumnado ya posee sus propias ideas acerca de los conceptos que se van a impartir en el temario del curso, incluso antes de ser instruido sobre ellos. Este conocimiento anterior (ideas previas) que posee el alumnado ha surgido debido a una necesidad de explicar los sucesos que ocurren en la naturaleza o de resolver los asuntos que se plantean en el transcurso de la vida diaria. De este modo, las ideas previas aparecen como un intento de dar

explicación a los fenómenos que ocurren en la experiencia diaria (Mora y Herrera, 2009).

Las publicaciones, sobre ideas previas, existen en el ámbito de la didáctica de las ciencias desde hace más de tres décadas, por lo tanto, el concepto que se refiere a las representaciones previas que posee el alumnado respecto a las ideas científicas ha sido nombrado de varias formas en función de los autores. Gil (1983) se refería a las ideas previas como errores conceptuales que eran complicados de eliminar en la estructura cognoscitiva del alumnado, Solís (1984) las llamaba ideas intuitivas y Oliva (1996) las denominaba esquemas o conceptos alternativos.

Aunque el concepto ha sido nombrado de varias maneras, las publicaciones muestran que las ideas previas guardan una serie de características comunes (Campanario y Otero, 2000; Carrascosa, Gil y Valdés, 2004; Mora y Herrera, 2009):

- Poseen cierta coherencia interna y un gran poder explicativo.
- Se originan a través de la experiencia diaria.
- No son congruentes con el conocimiento científico que el alumnado tiene que aprender durante su formación.
- Debido a que no están enlazadas con el conocimiento científico, entorpecen el aprendizaje de las ciencias y hace que se presenten dificultades en el aprendizaje.
- Son comunes a estudiantes de diferentes medios y edades.
- Presentan semejanza con conceptos que estuvieron vigentes a lo largo de la historia de la ciencia.
- Son persistentes, es decir, presentan resistencia cambio, pues han mostrado no modificarse incluso después de años de enseñanza en las asignaturas.

El hecho de que las ideas previas sean persistentes en el tiempo se debe a que los métodos de enseñanza tradicionales no tienen en cuenta estas ideas, pues normalmente se piensa que los errores conceptuales se deben eliminar y sin embargo lo apropiado es usar estas ideas previas durante el proceso de enseñanza. Indagar en las ideas previas del alumnado ayuda a examinar su capacidad de aprendizaje, a establecer los contenidos que se deben enseñar o a crear un conflicto entre la idea que el alumnado posee y la idea aceptada científicamente (Camelo, Rodríguez y Santiesteban, 2007).

Ya que el aprendizaje del alumnado depende entonces del conjunto de conceptos o ideas que posee, es decir, de su estructura cognitiva previa. Han surgido teorías del aprendizaje que proponen que es necesario conocer las ideas previas del alumnado para que la nueva información que adquiere durante su proceso de aprendizaje sea significativa, en el sentido de que pueda relacionarla con los conceptos que ya posee y construir conocimiento. La teoría del aprendizaje significativo,

propuesta en 1963 por el pedagogo y psicólogo David Paul Ausubel (1918-2008), pone énfasis en la necesidad de conocer los conocimientos previos del alumnado antes de iniciar el proceso de enseñanza aprendizaje. Este enfoque queda reflejado claramente en la frase más conocida de Ausubel: *“Si tuviese que reducir toda la psicología educativa a un solo principio, enunciaría éste: de todos los factores que influyen en el aprendizaje, el más importante consiste en lo que el alumno ya sabe. Averígüese esto, y enséñese consecuentemente”* (Ausubel, 1976: 6).

Según Ausubel, Novak y Hanesian (1983), el proceso de aprendizaje significativo supone lo siguiente:

- El material del que dispone el alumnado para el aprendizaje debe tener un significado que pueda relacionarse de una forma no arbitraria con las ideas y conceptos de su estructura de conocimiento.
- Una vez que el significado del material se transforma en un contenido cognoscitivo propio del alumno o alumna a través de un aprendizaje significativo, este adquiere un significado psicológico.
- El alumnado debe mostrar una disposición para el aprendizaje significativo, es decir, debe mostrarse propenso a relacionar el nuevo conocimiento con su estructura cognitiva. De manera que si la intención del alumno o alumna es memorizar de forma literal el contenido, no se podrá producir un aprendizaje significativo.

Aunque la teoría del aprendizaje significativo de Ausubel fue propuesta hace varias décadas, muchos de sus principios se mantienen en la actualidad y siguen apareciendo en publicaciones relacionadas con didáctica de las ciencias.

Tal como indica Rodríguez (2011), el aprendizaje significativo ayuda a aprender a aprender, fomenta el interés del alumnado por lo que se enseña en el instituto o en la escuela y mejora su autoestima, pues aprenden a construir su propio conocimiento. También resulta interesante este enfoque didáctico para el profesorado, puesto que encuentra, en general, una respuesta positiva de su alumnado, ya que este muestra una mayor atención en clase.

Según Moreira (2017), las ideas previas que posee el alumnado pueden ser admitidas como científicamente válidas o no, si no son apropiadas en un contexto científico entonces lo serán en un ámbito cotidiano, en cualquier caso, todas las ideas previas son válidas en función del contexto en el que son admitidas. Los conocimientos nuevos que adquiere el alumnado se han producido como resultado de una perturbación en su estructura del conocimiento, de forma que en el aprendizaje significativo esa perturbación adquiere un significado.

Respecto al tema de esta unidad didáctica, *Los fundamentos de las reacciones químicas*, Méndez (2013) expone las ideas previas más comunes sobre reacciones químicas que se observan en el alumnado. Entre las ideas no aceptadas científicamente se encuentran: confundir un cambio físico con un cambio químico, considerar que en una reacción química con productos gaseosos no se conserva la masa, no saber diferenciar entre masa molar y cantidad de sustancia o utilizar los términos disolver y fundir como si fueran sinónimos.

3.2. Aprendizaje por indagación

Existe la idea general, entre los investigadores que escriben artículos relacionados con el aprendizaje por indagación, de que la publicación en 1996 de los National Science Education Standards por parte del Consejo Nacional de Investigación de Estados Unidos de América supuso uno de los primeros pasos importantes para que el aprendizaje por indagación comenzara a adquirir importancia dentro de las aulas. Esta publicación ayudó a proponer una definición de este enfoque, además de establecer las capacidades que se buscaba promover en el alumnado con la indagación (Garritz, 2010; Reyes-Cárdenas y Padilla, 2012; Romero-Ariza, 2017).

Minner, Levy y Century (2010), tras efectuar una revisión de numerosos estudios que habían sido publicados entre 1984 y 2002, constataron que el aprendizaje por indagación ayuda a promover en el alumnado la realización de actividades con el objetivo de comprobar sus ideas o sus planteamientos, lo cual hace que aprendan sobre la naturaleza de las ciencias.

Para Martin-Hansen (2002), el aprendizaje por indagación puede clasificarse en distintos tipos:

- Indagación abierta (*open or full inquiry*): se define como una indagación centrada en el alumnado, que comienza con una pregunta de este, seguido del diseño y desarrollo de la investigación de la pregunta por parte del alumnado para finalmente comunicar los resultados.
- Indagación guiada (*guided inquiry*): en este tipo de indagación, el profesor propone normalmente la pregunta de investigación y les ayuda a diseñar el proceso de investigación. Este tipo de indagación suele ayuda a desarrollar habilidades útiles para que el alumnado pueda realizar una indagación abierta en el futuro.
- Indagación acoplada o combinada (*coupled inquiry*): este enfoque combina la indagación guiada con la indagación abierta. En primer lugar, se realiza una invitación hacia la indagación guiada por parte del profesorado y se propone la primera pregunta de investigación; después de esta indagación guiada, surgen

preguntas entre el alumnado a partir de las cuales se pone en funcionamiento una indagación abierta.

- Indagación estructurada (*structured inquiry*): para este tipo de indagación, el profesorado redacta unas instrucciones o pasos que se deben seguir en el proceso de investigación para terminar en un punto concreto, también establecido por el profesorado.

Son numerosas las investigaciones que han surgido con el objetivo de comprobar los efectos que produce el aprendizaje por indagación en la alfabetización científica y el desarrollo de habilidades de investigación. Gormally, Brickman, Hallar y Armstrong (2009) realizan un estudio en el que comparan los resultados del aprendizaje por indagación con el aprendizaje mediante metodología tradicional en 1300 estudiantes universitarios de una clase de laboratorio de biología. Como resultado obtuvieron una mejora en las habilidades de investigación en el alumnado instruido mediante aprendizaje por indagación, aunque también observaron que la confianza del alumnado en sí mismo para las habilidades científicas fue mayor en el grupo de aprendizaje tradicional, pero según el estudio, esto es debido a que el aprendizaje tradicional promueve una confianza excesiva en el alumnado.

En la revisión que realizaron Alfieri, Brooks, Aldrich y Tenenbaum (2011) de 164 estudios se llevaron a cabo dos metaanálisis: el primero de ellos comparó los efectos del aprendizaje por indagación abierta frente a los de la indagación estructurada; en cambio, el segundo caso comprobó los efectos de la indagación guiada frente a otros tipos de enseñanza (entre ellas la indagación estructurada). En el primer caso, los estudios mostraron mejores resultados para la indagación estructurada, sin embargo, en el segundo caso la indagación guiada mostraba resultados más favorables que otros tipos de enseñanza. Como conclusión se obtiene que la indagación abierta no representa ninguna ventaja para el alumnado.

En lo referente a propuestas didácticas relacionadas con el aprendizaje por indagación en las reacciones químicas, González y Crujeiras (2016) proponen dos actividades de indagación relacionadas con hechos cotidianos para un alumnado de 3.º de ESO de Física y Química dividido en grupos pequeños, de forma que el alumnado plantea el proceso de investigación para responder a dos preguntas planteadas por el profesorado. En la primera de las actividades, se debe comprobar si es cierto que la vitamina C desaparece progresivamente de un zumo de naranja recién exprimido y en la segunda, deben comprobar si es cierto que se utiliza almidón en la carne que se vende para el consumo, estas actividades se estructuran comenzando con una sesión de ideas previas.

3.3. *Las simulaciones por ordenador*

La tendencia actual de las nuevas metodologías de enseñanza es involucrar al alumnado de manera activa en el proceso de aprendizaje, en lugar de que este permanezca en clase de una forma pasiva como en las metodologías tradicionales y que únicamente pueda ver y escuchar al profesorado. Entre estas nuevas metodologías posee mucha popularidad el uso de simulaciones por ordenador, estas permiten que el alumnado interactúe con situaciones hipotéticas que no podrían tener lugar de una manera real, es decir, le permite al alumnado aprender de formas que sin las simulaciones no serían posibles.

La aceptación por parte de la comunidad educativa del uso de simulaciones por ordenador en la enseñanza es tal, que incluso aparece reflejado como una estrategia metodológica a seguir para la Física y Química en la Orden de 14 de julio de 2016, por la que se desarrolla el currículo correspondiente a la Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad Autónoma de Andalucía.

Garófalo, Chemes y Alonso (2016) desarrollaron una propuesta didáctica basada en el uso de simulaciones para el ámbito de la biología y la aplicaron en estudiantes del profesorado en Ciencias Biológicas. Tenían el objetivo de analizar la puesta en funcionamiento de este recurso didáctico en una clase a través de la opinión de estudiantes para profesorado. Entre otros resultados, el 95% del alumnado encuestado afirmó que la labor que ejerció el profesorado acompañando a la simulación facilitó el transcurso de las actividades propuestas, el otro 5% opinaba que la labor docente resultaba prescindible durante la duración de las actividades.

En el ámbito de la física, Amadeu y Leal (2013) argumentan que las simulaciones sobre experimentos de física ayudan al alumnado a entender mejor los conceptos de esta disciplina. Este hecho puede deberse, según el artículo, a que las simulaciones aportan una motivación adicional al alumnado, pues las nuevas tecnologías son un aspecto que suelen dominar bastante; y además, las simulaciones permiten ver de una forma más simplificada los conceptos tan abstractos que se estudian en este ámbito. Por otra parte, las simulaciones pueden ser una herramienta muy potente para ayudar a combatir las altas tasas de fracaso que presenta el alumnado en las asignaturas relacionadas con la física.

Blake y Scalon (2007) examinaron tres estudios sobre el uso de simulaciones en estudiantes universitarios a distancia con el objetivo de establecer las características que deben tener las simulaciones para que su uso sea efectivo en educación. Las características que proponen son las siguientes:

- Las simulaciones deben basarse en datos y eventos que sean científicamente reales, ya que poseer un nivel de realidad correcto ayudará al alumnado a aprender.
- Incluir gráficos y representaciones es muy útil en las simulaciones por ordenador, especialmente los gráficos que se forman mientras la simulación se ejecuta.
- Los textos y notas acerca de la parte del currículo que trata la simulación deben encontrarse dentro de la simulación y esta debe ser estructurada por el profesor.

Rutten, Van Joolingen y Van Der Veen (2012) realizaron una revisión de 101 artículos, publicados entre 2001 y 2010, relacionadas con los efectos que producen las simulaciones por ordenador en el aprendizaje del alumnado de asignaturas relacionadas con la ciencia y la tecnología. Esta revisión poseía dos objetivos: el primero era dar respuesta a la pregunta de cómo puede mejorarse la educación tradicional con el uso de las simulaciones y el segundo objetivo trataba de hallar la mejor manera de utilizar las simulaciones para apoyar los procesos de aprendizaje y encontrar qué resultados podría producir en el alumnado el uso de las simulaciones en clase.

Respecto a la primera pregunta de investigación, encontraron que todos los estudios, que comparaban grupos que habían recibido una instrucción tradicional con grupos que habían usado simulaciones, declararon resultados positivos para el grupo que usaba las simulaciones. Así que Rutten, et al. (2012) opinan, en base a los resultados de la revisión, que las simulaciones deben ser una parte esencial de las clases de ciencias, como un complemento a la clase tradicional o como un reemplazo de esta para algunas partes del currículo.

En cuanto al segundo objetivo, pudieron observar que las simulaciones ofrecen excelentes resultados cuando son usadas para instruir sobre fenómenos que no pueden ser observables físicamente, también se pudo concluir que las simulaciones por ordenador ofrecen mejores resultados cuando el profesorado las propone de una forma estructurada y con instrucciones. Pero aclara que estas actividades no pueden ser dirigidas al completo con instrucciones del profesorado, sino que debe dejarse espacio a la indagación para permitir que el alumnado pueda elaborar y comprobar sus propias hipótesis.

3.4. *Las controversias socio-científicas y su uso en la enseñanza de las ciencias*

Las controversias socio-científicas son los dilemas vinculados con cuestiones conectadas con la ciencia y que afectan a la población en general. Estas controversias se originan cuando existe una diferencia de pareceres respecto a estas cuestiones, entre los científicos, en la prensa o entre la población.

En la actualidad, las propuestas didácticas basadas en el uso de controversias socio-científicas para el aprendizaje de las asignaturas de ciencias se encuentran en auge entre el profesorado, ya que son un buen método para fomentar la alfabetización científica y el pensamiento crítico entre el alumnado. Pero su empleo en las aulas se ve obstaculizado en algunas ocasiones por la opinión consensuada que se ofrece en los medios de comunicación, lo cual dificulta que estos artículos puedan ser usados para fomentar el pensamiento crítico entre el alumnado (Moreno y Liso, 2012).

Para que el uso de controversias contribuya al desarrollo del pensamiento crítico, es de vital importancia que el alumnado se informe sobre la cuestión que va a tratar para que su opinión no se vea influenciada por la de los medios, de forma que pueda ofrecer un punto de vista alternativo y argumentado sobre el tema. Es también importante que el alumnado comprenda que debe abordar la cuestión en su totalidad, es decir, se debe contemplar tanto el aspecto científico como el aspecto social del problema, para así poder realizar una valoración ética de las opiniones que existen sobre el tema (Solbes, 2012).

Como muestran España y Prieto (2010), lo que se pretende con el fomento de la alfabetización científica desde la Didáctica de las Ciencias es lograr que toda la ciudadanía alcance unas destrezas que le permitan desenvolverse y tomar decisiones en las sociedades de la actualidad, que se encuentran en continua dependencia de la ciencia y la tecnología. Las controversias socio-científicas pueden ayudar también a comprender de una mejor forma la naturaleza de la ciencia, pues muchas de las controversias tratan sobre temas científicos que requieren un conocimiento que está aún en descubrimiento. Además, las controversias pueden servir también como un método para estudiar cómo influye la concepción de la naturaleza de las ciencias en la resolución por parte del alumnado de problemas de este carácter.

El uso de discusiones acerca de controversias socio-científicas en el aula puede ser una herramienta muy potente para ayudar al alumnado a que utilice su conocimiento científico para razonar y exponer sus argumentos. Además, se logra promover el desarrollo de destrezas como: aceptar la presencia de puntos de vista distintos, aprender a evaluar las afirmaciones de las otras partes de la discusión o adoptar un lenguaje que posea una intención de debate. Pero, puesto que la meta que se persigue es la alfabetización científica del alumnado, resulta importante hacer ver a

este que las emociones y las creencias se encuentran inevitablemente ligadas a la decisiones, así que este debe ser un factor a tener cuenta en el momento de evaluar las afirmaciones y los argumentos de las otras personas (España y Prieto, 2010).

El uso de controversias ayuda al alumnado a adquirir competencias para el desarrollo del pensamiento crítico. Las nuevas tendencias educativas de los últimos años se basan en una mayor participación del alumnado; para ello, se intenta utilizar estrategias didácticas que permitan que el alumnado desarrolle las destrezas necesarias para poder construir su propio conocimiento.

Solbes y Torres (2012) decidieron investigar qué competencias poseía el estudiantado universitario con respecto al pensamiento crítico en cuestiones socio-científicas. Para esta investigación utilizaron alumnado perteneciente a la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental. A este alumnado se le expuso a un test relacionado con la privatización de una empresa de energía eléctrica, de forma que fuera posible medir el nivel de pensamiento crítico de las respuestas del alumnado. Los resultados de la investigación permitieron obtener como conclusión que el alumnado no concibe la ciencia como una actividad social y que la competencia en la que el alumnado mostró unas peores habilidades fue en la capacidad para formular conclusiones que conduzcan a tomar una decisión personal. El hecho de que no sean capaces de tomar decisiones fundamentales puede producir que el alumnado tampoco sea capaz de resolver con soltura situaciones personales en su vida. En la investigación, se propone que la utilización de las controversias es una vía para solucionar este problema del alumnado y así poder crear ciudadanos preparados para solucionar problemas reales desde la enseñanza de las ciencias.

4. PROYECCIÓN DE LA UNIDAD DIDÁCTICA

4.1. Justificación

Esta unidad didáctica titulada *Los fundamentos de las reacciones químicas* está destinada al alumnado de 3.º de ESO de la asignatura de Física y Química. En esta unidad se imparten los principios fundamentales o los pilares sobre los que reside el estudio de los cambios químicos como: el concepto de velocidad de reacción, la teoría de colisiones, los factores que influyen en la velocidad de una reacción, las leyes fundamentales de las reacciones químicas o los cálculos estequiométricos sencillos. Es muy importante para la asignatura de Física y Química que el alumnado obtenga una base teórica aceptable en esta unidad didáctica, puesto que se encuentra muy relacionada con muchas otras partes de la asignatura, de modo que una mala

adquisición de los conocimientos en esta unidad puede repercutir en el futuro progreso de los miembros del alumnado en las demás unidades del curso.

Esta unidad se encuentra dividida en ocho sesiones y tendrá una duración de 4 semanas, ya que se imparten dos sesiones a la semana. Se encuentra enfocada desde diversas estrategias metodológicas como: el estudio de las ideas previas, el aprendizaje por indagación, las simulaciones por ordenador, el uso de controversias socio-científicas o el aprendizaje cooperativo. Pero lo más destacable de esta unidad quizás sea la estructura que mantiene en las fichas que se proponen al alumnado. Esta sigue, en su mayoría, una estructura del tipo *predecir, observar y explicar*.

Las metodologías innovadoras adoptadas en esta unidad didáctica, que se alejan de las clases tradicionales, fomentan algunos de los principios (artículo 1) y fines (artículo 2) que describe la Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa.

Como el principio *g) El esfuerzo individual y la motivación del alumnado*. Reflejado en la evaluación usando un portfolio, lo que permite valorar el trabajo diario y el esfuerzo del alumnado, en lugar de establecer su evaluación en un solo examen final.

O como los fines *i) y k)* fomentados por medio de la utilización de las controversias científicas en la actividad 6, que favorecen el pensamiento crítico y la alfabetización científica y que ayudan al alumnado a participar de forma activa en nuestra sociedad.

i) La capacitación para el ejercicio de actividades profesionales

k) La preparación para el ejercicio de la ciudadanía y para la participación activa en la vida económica, social y cultural, con actitud crítica y responsable y con capacidad de adaptación a las situaciones cambiantes de la sociedad del conocimiento.

4.2. Legislación educativa de referencia

Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa. Boletín Oficial del Estado, núm. 295, de 10 de diciembre de 2013, 97858-97921.

Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato. Boletín Oficial del Estado, núm. 3, de 3 de enero de 2015, 169-546.

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. Boletín Oficial de la Junta de Andalucía, núm. 122, 28 de junio de 2016, 27-45.

Orden de 14 de julio de 2016, por la que se desarrolla el currículo correspondiente a la Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad Autónoma de Andalucía, se regulan determinados aspectos de la atención a la diversidad y se establece la ordenación de la evaluación del proceso de aprendizaje del alumnado. Boletín Oficial de la Junta de Andalucía, núm. 144, de 28 de julio de 2016, 108-396.

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. Boletín Oficial del Estado, núm. 25, de 29 de enero de 2015, 6986-7003.

4.3. Contextualización

4.3.1. El contexto del centro escolar

Esta unidad didáctica se encuentra destinada al alumnado de tercero de la ESO del centro IES Az-zait de la ciudad de Jaén. Este centro se encuentra situado en la zona oeste de la ciudad, más concretamente en la Avenida de Arjona n.º 3. En la zona hay, además de este centro, otros dos centros públicos de educación secundaria: IES Auringis e IES Fuentezuelas. También hay dos colegios privados que imparten educación primaria y secundaria: Alto Castillo y Guadalimar. Y otros cinco colegios públicos de educación infantil y primaria: Serrano de Haro, Navas de Tolosa, Muñoz Garnica, Antonio Prieto y María Zambrano.

Para entender el contexto de este centro es necesario comprender que en la zona en la que se sitúa convergen cuatro barrios diferentes: Peñamefécit, Santa Isabel, el barrio de la Avenida de Andalucía y Las Fuentezuelas. De estos barrios procede la gran mayoría de los alumnos que asisten a este instituto y por lo tanto la diversidad con la que cuenta este instituto se ve reflejada en la procedencia de estos cuatro barrios.

- El barrio de Peñamefécit comenzó a edificarse entre 1940 y 1950, posee un carácter humilde y en sus inicios su población estuvo formada en su mayoría por familias de clase trabajadora. Pero a partir del año 2000, el barrio empezó a sufrir un gran cambio en su población, pues se comenzó a establecer un colectivo inmigrante (sudamericano y marroquí) debido, fundamentalmente, al bajo precio de las viviendas del barrio.

- El barrio de Santa Isabel posee dos tipos distintos de viviendas. Por un lado, un grupo de casas habitadas por población actualmente envejecida y de nivel económico medio-bajo. Y por otro lado, este barrio también cuenta con numerosos

edificios residenciales, ocupados por un sector de la población que posee un alto nivel económico.

- El barrio de la Avenida de Barcelona y de la Avenida de Andalucía, estos barrios están constituidos por edificios residenciales ocupados mayoritariamente por familias jóvenes de clase media.

- El barrio de Las Fuentezuelas es una de las zonas que actualmente se encuentra en expansión dentro de la ciudad y alberga a un sector de población joven de clase media-alta, asalariados pertenecientes al sector servicios

4.3.2. Contextualización del aula

El centro cuenta con dos clases de tercero de la ESO, cada una posee una manera diferente de comportarse en el aula.

El grupo de 3.º de ESO A de la asignatura de Física y Química posee un alumnado compuesto por 14 miembros. Este grupo muestra unos resultados bajos en la asignatura, solo 3 miembros del alumnado mantienen todos los trimestres aprobados. Su actitud en clase es muy pasiva, apenas realizan preguntas acerca de la asignatura y el porcentaje del alumnado que realiza los deberes diariamente es muy bajo.

El grupo de 3.º de ESO B de la asignatura de Física y Química, cuyo alumnado lo componen 13 miembros, muestra una actitud mejor que la del grupo A, aunque igualmente solo 4 alumnos mantienen todos los trimestres aprobados. Su actitud en clase es radicalmente distinta a la del grupo A, pues el grupo realiza preguntas durante la clase acerca de aspectos del temario de la asignatura. El porcentaje del alumnado que realiza los deberes diariamente es mayor que en el grupo A, pero a pesar de la buena actitud, las notas no varían demasiado, en promedio, respecto del grupo A.

4.4. Objetivos

El Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato establece en su artículo 2, apartado b), que los objetivos son “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 generales de etapa

Estos objetivos se encuentran extraídos del artículo 23 de la Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa. En este artículo se dice que la ESO deberá contribuir en el alumnado a desarrollar capacidades que les permitan:

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 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 los estereotipos que supongan discriminación entre hombres y mujeres.

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 y 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 medio ambiente, 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.

4.4.2. Objetivos generales de la materia Física y Química

Estos objetivos se encuentran extraídos de la Orden de 14 de julio de 2016, por la que se desarrolla el currículo correspondiente a la Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad Autónoma de Andalucía. En la que se dice que la enseñanza de la Física y Química en la ESO debe contribuir a desarrollar en el alumnado las capacidades que le permitan:

O.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.

O.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.

O.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.

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

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

O.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.

4.4.3. Objetivos específicos de la unidad didáctica

Esta unidad didáctica tiene el objetivo de que el alumnado adquiera las capacidades que le permitan:

O.E.1. Comprender que las reacciones químicas consisten en cambios de unas sustancias en otras debido a una reorganización de los átomos.

O.E.2. Aplicar la teoría de colisiones para explicar el proceso por el que los reactivos se transforman en productos en una reacción química.

O.E.3. Interpretar la influencia de determinados factores en la velocidad de las reacciones químicas aplicando el modelo cinético-molecular, la teoría de colisiones y la teoría del estado de transición.

O.E.4. Deducir la ley de conservación de la masa y la ley de las proporciones definidas a través de la observación.

O.E.5. Aceptar la importancia que poseen las reacciones químicas en la sociedad actual.

O.E.6. Comprender la importancia de la industria química y la influencia que posee en el medioambiente a través del uso de controversias socio-científicas.

O.E.7. Comprender la utilidad y el funcionamiento de los materiales e instrumentos básicos de un laboratorio

O.E.8. Saber crear y exponer al público pequeños trabajos de carácter científico usando las TIC.

4.5. Competencias clave

A continuación, se va a proceder a describir como contribuye concretamente esta unidad didáctica al desarrollo de las competencias clave, en las tablas 2 y 3 del apartado *Evaluación* de este trabajo fin de máster vienen especificadas las relaciones que guardan estas competencias clave con los criterios de evaluación y las actividades que se desarrollan en esta unidad didáctica.

El Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, establece en su artículo 2, apartado c), que las competencias son “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”.

La Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, expone en su artículo 5, apartado 1, que “las competencias clave deben estar integradas en las áreas o materias de las propuestas curriculares, y en ellas definirse, explicitarse y desarrollarse suficientemente los resultados de aprendizaje que los alumnos y alumnas deben conseguir”.

La Orden ECD/65/2015, de 21 de enero establece también que las competencias clave del currículo deben ser: la comunicación lingüística (CCL), la competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología (CMCT), la competencia digital (CD), aprender a aprender (CAA), competencias sociales y cívicas (CSC), sentido de iniciativa y espíritu emprendedor (SEIP) y conciencia y expresiones culturales (CEC).

De esas siete competencias clave, esta unidad didáctica contribuye de esta manera a las siguientes:

CMCT: tal como se muestra posteriormente en la tabla 2, estas competencias se encuentran muy presentes durante el desarrollo de esta unidad didáctica, ya que aparecen en la mayor parte de las actividades que se proponen.

La competencia matemática resulta indispensable para el desarrollo de los cálculos estequiométricos relacionados con las leyes fundamentales de las reacciones químicas, pues para ellos es necesario hacer uso de cambios y de relaciones con los factores de conversión. También es necesaria esta competencia para comprender el concepto de mol como cantidad de sustancia y utilizarlo adecuadamente para resolver los problemas que se plantean.

Las competencias básicas en ciencia y tecnología son de vital importancia para que el alumnado pueda adquirir un pensamiento crítico acerca de los temas del ámbito científico. Las actividades propuestas con las controversias socio-científicas ayudan a desarrollar esta competencia, ya que el alumnado debe buscar información por sí mismo para elaborar un pequeño trabajo científico, esto le ayudará a adquirir capacidades para realizar juicios acerca de qué información sobre temas científico-tecnológicos debe incluir en su trabajo y qué información debe desechar.

CCL: la competencia en la comunicación lingüística, debido a su complejidad y la gran cantidad de componentes que la conforman, puede desarrollarse de maneras muy diversas. En esta unidad didáctica, la actividad de laboratorio ayuda a desarrollar esta competencia cuando el alumnado se relaciona de forma activa con los miembros de su grupo de laboratorio, aprende a trabajar en grupo para llevar a cabo una tarea o

solucionar un problema y respeta unas normas de trabajo en el laboratorio, todo esto ayuda a mejorar la interacción comunicativa entre los miembros del alumnado.

Las prácticas cooperativas que se desarrollan en esta unidad, como la del *folio giratorio*, ayudan a desarrollar el componente sociolingüístico que incluye esta competencia cuando tienen que tratar con las ideas y los puntos de vista de los demás miembros del alumnado acerca de cuestiones controvertidas.

CAA: si se observa la tabla 2, puede verse que esta competencia se encuentra tan presente en las actividades como la CMCT. La estructura que mantienen las fichas para las actividades, del tipo *predecir, observar, explicar*, ayuda al alumnado a desarrollar las destrezas para el autoaprendizaje, ya que tiene que enlazar el conocimiento que posee sobre la asignatura de Física y Química con técnicas y estrategias para hacer frente a problemas que se le plantean. Concretamente en la actividad 2, el alumnado debe planificar el desarrollo de un experimento de laboratorio para luego llevarlo a cabo con la supervisión del profesorado, esta actividad requiere que el alumnado ponga en práctica sus destrezas para la búsqueda de información con el objetivo de solventar un problema.

Para que esta competencia sea correctamente desarrollada a lo largo de la etapa académica del alumnado, es necesario que este se encuentre motivado. Esta unidad contribuye a esa motivación reconociendo el esfuerzo y el trabajo diario del alumnado a través del portfolio que abarca las actividades diarias que realiza el alumnado y premia la constancia para conseguir un objetivo

CSC: en esta unidad didáctica, se ayuda a desarrollar esta competencia con los contenidos relacionados con comprender la importancia de la química para la sociedad y el medioambiente. Pues aspectos de esta competencia incluyen la interpretación de dilemas sociales en contextos diversos para elaborar respuestas, esto se muestra en la lectura de los textos sobre controversias en los que el alumnado debe dar su opinión sobre el problema, además de proponer soluciones y alternativas. También se ayuda a desarrollar esta competencia clave en la actividad dentro del laboratorio, pues para resolver el problema planteado se debe tolerar la opinión de los miembros del grupo y se debe ser capaz de expresar la opinión propia.

CD: esta se desarrolla en la unidad con la ayuda de la actividad que incluye la simulación por ordenador para ajustar las reacciones químicas y también en el proceso de búsqueda por internet que incluyen la mayor parte de las fichas de las actividades.

Esta competencia clave contiene aspectos como saber gestionar la información que ofrecen los motores de búsqueda y saber utilizar esa información para convertirla en conocimiento, esto implica estar alfabetizado científicamente. Otros aspectos que

incluye esta competencia son el uso de las tecnologías de la información para cumplir con objetivos, como en el caso de la actividad 5, ajustar reacciones.

SEIP: esta competencia se desarrolla con ayuda de la creación del trabajo sobre controversias, ya que se necesita de capacidad para la producción y a la vez, para la innovación, puesto que se demanda durante la actividad la opinión del alumnado para resolver el problema.

También se desarrolla en el momento que el alumnado debe trabajar en grupo y escoger su rol dentro del grupo. Aquellos miembros del alumnado que se planteen como líderes del grupo necesitarán de capacidades de negociación, pensamiento crítico y empatía.

4.6. Los contenidos

4.6.1. Contenidos de la unidad didáctica

Los contenidos de esta unidad didáctica corresponden a los bloques 1 (la actividad científica) y 3 (los cambios) de la asignatura de Física y Química para 3.º de la ESO, según la orden andaluza del 14 de julio de 2016 que desarrolla el currículo para la ESO en Andalucía.

Bloque 3. Los cambios.

C.3.2. La reacción química.

C.3.3. Cálculos estequiométricos sencillos.

C.3.4. Ley de conservación de la masa.

C.3.5. La química en la sociedad y el medio ambiente.

Bloque 1. La actividad científica.

C.1.5. Utilización de las tecnologías de la Información y la Comunicación

C.1.6. El trabajo en el laboratorio.

C.1.7. Proyecto de investigación.

4.6.2. Elementos transversales y educación en valores

Los elementos transversales son aquellos contenidos que el currículo deberá incluir de manera transversal. En Andalucía, vienen especificados concretamente en el artículo 6 del Decreto 111/2016 por el que se establece la ordenación y el currículo de

la Educación Secundaria Obligatoria y en el artículo 3 de la Orden de 14 de julio de 2016, por la que se desarrolla el currículo correspondiente a la Educación Secundaria Obligatoria.

En esta unidad didáctica se contribuye especialmente a los siguientes elementos transversales y valores:

- El desarrollo de habilidades sociales mediante el trabajo en grupo, en el aula o en el laboratorio, mediante la expresión de la propias opiniones y respetando las de los demás miembros, además de asumir y respetar sus puntos de vista.
- Se ayuda al aumento de la autoestima mediante la valoración del trabajo diario por parte del profesorado y premiando el esfuerzo individual.
- La toma de conciencia de los problemas medioambientales actuales, como el calentamiento global, la destrucción de la capa de ozono o la acumulación de plástico en los océanos mediante la actividad de controversias, así como fomentar un movimiento activo a favor de la conservación del medioambiente.
- El reconocimiento de la igualdad entre hombres y mujeres, que se encuentra presente en la redacción de todas las fichas de actividades que recibirá el alumnado, pues estas han sido escritas usando un lenguaje inclusivo.
- El fomento de valores que incluyan la tolerancia, la capacidad activa de escucha o el acuerdo a través del diálogo se manifiestan en las actividades de aprendizaje cooperativo propuestas en las que la comunicación interpersonal es una parte esencial.
- La adquisición de habilidades para el autoaprendizaje que se manifiesta con las fichas enfocadas al aprendizaje por indagación que empujan al alumnado a hacerle partícipe de su propio aprendizaje.

4.6.3. Metodología

Como ya se ha mencionado anteriormente en otros apartados de este trabajo, esta unidad didáctica utiliza una metodología muy variada con el objetivo de atender las necesidades del alumnado con características tan diversas que existe en el instituto IES Az-zait de Jaén (ver apartado de contexto del centro). A continuación, se describen las metodologías utilizadas en la unidad, así como se mencionan las actividades en las que se reflejan, pero ya en el apartado de fundamentación didáctica se realiza una amplia descripción de estas metodologías y de las evidencias sobre sus beneficios.

- La investigación en las ideas previas: en la primera sesión, se utiliza la actividad 1 para indagar en las ideas previas que posee el alumnado acerca de las reacciones químicas. Esto es especialmente útil para ayudar al profesorado a

averiguar los conocimientos previos que posee su alumnado y establecer así los aspectos sobre los que incidir en las actividades posteriores. Dado que este alumnado de 3.º de ESO será la primera vez que se enfrente con los conceptos teóricos de las reacciones químicas, es muy probable que una gran parte del alumnado provenga con ideas previas no acordes con el conocimiento aceptado científicamente.

- El aprendizaje por indagación: esta estrategia metodológica se encuentra presente en todas las fichas que siguen una estructura o secuencia del tipo *predecir, observar, explicar* en sus preguntas. Pero se presenta con más intensidad aún en la actividad 2, que pretende que el alumnado realice una búsqueda por su cuenta para preparar un problema de investigación, en concreto para que determinen la existencia de hierro en una muestra de cereales. Este tipo de aprendizaje permite al profesorado observar las destrezas que posee su alumnado para la búsqueda de información por sí mismo y para el autoaprendizaje.
- Las simulaciones por ordenador: estas son utilizadas en la actividad 5 para ajustar reacciones químicas. Las actividades con simulaciones por ordenador han mostrado sobradamente su eficacia frente a otras metodologías que ponen menos énfasis en el alumnado durante el proceso de enseñanza (ver apartado de fundamentación didáctica). Además esta simulación en concreto puede beneficiar al alumnado para que entienda las reacciones químicas como una balanza que hay que equilibrar, ya que dispone de una herramienta para visualizar dicha balanza.
- El aprendizaje cooperativo: este se presenta en la actividad 1 con la técnica 1-2-4, en la actividad 6 con la técnica del *folio giratorio* y en la actividad 4 con los ejercicios simulando ser átomos. Lo que se pretende con el aprendizaje cooperativo es fomentar el desarrollo de las habilidades sociales a la vez que se aprende, estar en contacto entre los miembros del alumnado para dialogar y debatir es esencial para convertir al alumnado en personas activas dentro de esta sociedad.
- El uso de controversias socio-científicas: esta metodología se plantea durante la actividad 6. El profesorado pretende con ella fomentar la alfabetización científica entre el alumnado y hacer comprender a este la naturaleza de la ciencia. El uso de controversias tiene una duración de dos sesiones en esta unidad didáctica, incluyendo el debate y la realización de un pequeño trabajo para comprobar las destrezas del alumnado en la búsqueda de información.

4.7. Temporalización y sesiones

4.7.1. Duración y ubicación de la unidad didáctica en el curso de 3.º de ESO

Tabla 1.

Temporalización de la programación de Física y Química de 3.º de ESO

TRIMESTRE	UNIDAD DIDÁCTICA	NÚMERO DE SESIONES
1.º	Evaluación inicial	2
1.º	1. La actividad científica	6
1.º	2. La estructura de la materia	10
1.º	3. Elementos y compuestos químicos	8
2.º	4. Los fundamentos de las reacciones químicas	8
2.º	5. Las fuerzas y el movimiento	9
2.º	6. Electromagnetismo	10
3.º	7. Los circuitos eléctricos	8
3.º	8. La energía y las centrales eléctricas	9

Se ha tenido en cuenta el calendario escolar publicado por el Ayuntamiento de Jaén para el curso académico 2018/2019 y este permite un total de 73 horas disponibles durante todo el curso para dar la asignatura de Física y Química en 3.º de la ESO. Esta asignatura se imparte a razón de 2 horas semanales, repartidas en dos sesiones de una hora cada semana. La unidad didáctica de la que trata este trabajo llamada *Los fundamentos de las reacciones químicas* tiene una duración total de 8 sesiones de una hora.

Esta unidad didáctica pertenece al segundo cuatrimestre y se encuentra organizada como la cuarta unidad didáctica que se impartirá durante el curso escolar para la asignatura de Física y Química de 3.º de la ESO. En la tabla 1 se ofrece de una forma aproximada la programación completa que se desea seguir durante el curso,

esta se encuentra dispuesta en forma de 70 sesiones que es lo que se establece que debe durar esta asignatura.

4.7.2. Descripción de las sesiones y actividades

Todas las sesiones de clase tienen una duración de una hora y la unidad didáctica se divide en 8 sesiones y 6 actividades. Para cada una de las actividades, se proporcionará al alumnado una ficha (todas incluidas en el anexo I) estructurada con información y preguntas que debe completar para acumularlas en un portfolio que el profesorado observa y evalúa cada semana. En las fichas de cada actividad se incorpora información detallada sobre el procedimiento a seguir, las preguntas y orientaciones para fomentar la reflexión y el aprendizaje del alumnado, así como los recursos necesarios para llevar a cabo cada actividad. Además, la tabla 2 permite visualizar la coherencia interna de la propuesta didáctica, relacionando cada actividad con las competencias clave a trabajar y los criterios de evaluación que permitirá valorar el aprendizaje perseguido.

A continuación, se ofrece una panorámica general de cada sesión, panorámica que se puede ampliar consultando la ficha correspondiente a cada actividad (anexo I) y la conexión entre las actividades, los criterios de evaluación y las competencias (tabla 2):

Sesión 1. Esta primera sesión es dedicada a la investigación por parte del profesorado de las ideas previas de su alumnado respecto a las reacciones químicas. Para ello se proporciona al alumnado un cuestionario de 10 preguntas sobre conceptos teóricos de las reacciones químicas que deben contestar en primer lugar individualmente; una vez lo hayan completado de manera individual, pasan a formar parejas para discutir las respuestas escritas y más tarde, esas parejas formarán un grupo de 4 personas para concretar las mejores respuestas.

Una vez que cada grupo tiene sus mejores respuestas escogidas, se discuten las respuestas de cada grupo de forma conjunta entre toda la clase y el miembro del profesorado, este debe transformar las ideas previas surgidas de su alumnado en conceptos científicamente aceptados.

Al finalizar esta sesión, se hace entrega al alumnado de la ficha 2A, que se trata de una actividad de investigación previa relacionada con la actividad de la siguiente sesión. Lo que se pretende entregando la ficha unos días antes es que el alumnado realice un trabajo de indagación previo antes de resolver el problema en el laboratorio en la siguiente sesión.

Sesión 2. Esta sesión tiene lugar en el laboratorio y el objetivo es determinar la presencia de hierro en una muestra de cereales. El alumnado debe traer entregada la

ficha 2A, proporcionada en la sesión anterior, con una planificación de la experiencia de laboratorio que se va a realizar.

Para comenzar con la sesión, la clase se divide en dos grupos de trabajo y se entrega al alumnado la ficha 2B, que incluye unas instrucciones detalladas con lo que se va a realizar, así como unas preguntas que el alumnado debe contestar mientras realiza la práctica. Ahora el alumnado puede comprobar si la forma en la que había planificado su actividad de laboratorio coincide con la planificación expuesta en la ficha 2B.

Lo que se desea con esta actividad es que el alumnado adquiera destrezas para plantear la resolución de un problema científico por su cuenta, además de tener la oportunidad de llevarlo a cabo con otros miembros de su grupo de laboratorio y aprenda a trabajar en equipo.

Sesión 3. Esta sesión utiliza un experimento con vinagre y bicarbonato de sodio para que el alumnado pueda observar la ley de conservación de la masa, así como la influencia que posee la cantidad de reactivos en la velocidad de una reacción química. Para esta sesión el alumnado utiliza la ficha 3.

En la actividad 3A, esta ficha 3 describe la disposición que va a tener el experimento que será realizado a modo de demostración en clase entre el profesor y algunos miembros voluntarios del alumnado. Con esta actividad se desea demostrar al alumnado la ley de conservación de la masa de Lavoisier al observar que el sistema no cambia de peso durante la reacción.

En la actividad 3B, la ficha 3 describe la disposición del nuevo experimento con el que se desea comprobar la influencia que posee la cantidad de vinagre en esta reacción a través de la realización del mismo experimento con diferentes cantidades de vinagre. Con esto el alumnado puede comprobar la influencia que posee la concentración de los reactivos en una reacción química.

Sesión 4. La primera parte de esta sesión se realiza en el aula y viene descrita por la actividad 4A de la ficha 4, en ella se plantean diversos cálculos relacionados con el número de Avogadro, para hacer entender al alumnado la enorme dimensión de este y para que de esta forma puedan comprender mejor el concepto de mol.

La segunda parte se realiza en el patio del instituto y viene descrita por la actividad 4B de la ficha 4. En esta actividad, los alumnos deben colocarse petos de colores rojo y azul para simular ser átomos, de forma que deben simular ser moléculas en una reacción química. Con esto se desea que los alumnos comprendan a nivel molecular la influencia de la temperatura en una reacción química, la teoría de colisiones y la ley de las proporciones definidas de Proust.

Sesión 5. La ficha 5 describe esta sesión en la que se plantea una actividad de ajuste de reacciones químicas a través de una simulación por ordenador. Esta simulación cuenta con una balanza virtual que hay que equilibrar para ajustar la reacción química. En total, el alumnado debe entregar 18 reacciones químicas ajustadas a través de esta simulación.

Sesión 6. Descrita en la ficha 6, esta sesión plantea una lectura de tres textos sobre los que se realizarán tres trabajos posteriores por parte del alumnado, cuyos índices se establecen en esta sesión. Esta sesión incluye la realización de una actividad en cooperativo llamada *folio giratorio* por parte de cada uno de los grupos de trabajo para que se inicien en el tema que les corresponda.

El texto 1 trata sobre el *smog* fotoquímico, el texto 2 sobre el DDT y su controversia y el texto 3 sobre la acumulación de plástico en los océanos. El alumnado debe realizar y exponer un trabajo sobre alguno de estos tres textos y la exposición se realiza en la siguiente sesión.

Sesión 7. Esta sesión está dedicada a la exposición de los trabajos que durará entre 5 y 7 minutos por grupo. Después de cada exposición, el miembro del profesorado realizará preguntas a los miembros del grupo relacionadas con el tema de su trabajo.

Sesión 8. Esta sesión de clase se ocupa en la realización del examen final incluido en el anexo III.

4.8. Evaluación

Las características que debe tener la evaluación en la etapa de la ESO son descritas en el artículo 14 de la Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, según este “la evaluación del proceso de aprendizaje del alumnado de la Educación Secundaria Obligatoria será continua, formativa e integradora”.

También se hace referencia al modo en que se debe evaluar en la normativa andaluza. La Orden de 14 de julio de 2016, por la que se desarrolla el currículo correspondiente a la ESO en Andalucía expone que “se establecerán los oportunos procedimientos para garantizar el derecho de los alumnos y alumnas a una evaluación objetiva y a que su dedicación, esfuerzo y rendimiento sean valorados y reconocidos con objetividad”.

4.8.1. Criterios de evaluación

El Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, establece en su artículo 2, apartado f), que los criterios de evaluación son “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 de esta unidad didáctica se encuentran extraídos de la Orden de 14 de julio de 2016, por la que se desarrolla el currículo correspondiente a la ESO en Andalucía. Estos corresponden a los bloques 1 y 3.

Bloque 3. Los cambios.

C.E.3.2. Caracterizar las reacciones químicas como cambios de unas sustancias en otras.

C.E.3.3. Describir a nivel molecular el proceso por el cual los reactivos se transforman en productos en términos de la teoría de colisiones.

C.E.3.4. Deducir la ley de conservación de la masa y reconocer reactivos y productos a través de experiencias sencillas en el laboratorio y/o de simulaciones por ordenador.

C.E.3.5. Comprobar mediante experiencias sencillas de laboratorio la influencia de determinados factores en la velocidad de las reacciones químicas.

C.E.3.6. Reconocer la importancia de la química en la obtención de nuevas sustancias y su importancia en la mejora de la calidad de vida de las personas.

C.E.3.7. Valorar la importancia de la industria química en la sociedad y su influencia en el medio ambiente.

Bloque 1. La actividad científica.

C.E.1.4. Reconocer los materiales, e instrumentos básicos del laboratorio de Física y de Química; conocer y respetar las normas de seguridad y de eliminación de residuos para la protección del medio ambiente.

C.E.1.5. Interpretar la información sobre temas científicos de carácter divulgativo que aparece en publicaciones y medios de comunicación.

C.E.1.6. Desarrollar pequeños trabajos de investigación en los que se ponga en práctica la aplicación del método científico y la utilización de las TIC.

4.8.2. Estándares de aprendizaje

El Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, establece en su artículo 2, apartado e), que los estándares de aprendizaje son “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 de esta unidad didáctica se encuentran extraídos de la Orden de 14 de julio de 2016, por la que se desarrolla el currículo correspondiente a la ESO en Andalucía. Estos corresponden a los criterios de evaluación de los bloques 1 y 3.

Bloque 3. Los cambios.

E.A.3.2.1. Identifica cuáles son los reactivos y los productos de reacciones químicas sencillas interpretando la representación esquemática de una reacción química.

E.A.3.3.1. Representa e interpreta una reacción química a partir de la teoría atómico-molecular y la teoría de colisiones.

E.A.3.4.1. Reconoce cuáles son los reactivos y los productos a partir de la representación de reacciones químicas sencillas, y comprueba experimentalmente que se cumple la ley de conservación de la masa.

E.A.3.5.1. Propone el desarrollo de un experimento sencillo que permita comprobar experimentalmente el efecto de la concentración de los reactivos en la velocidad de formación de los productos de una reacción química, justificando este efecto en términos de la teoría de colisiones.

E.A.3.5.2. Interpreta situaciones cotidianas en las que la temperatura influye significativamente en la velocidad de la reacción.

E.A.3.6.1. Clasifica algunos productos de uso cotidiano en función de su procedencia natural o sintética.

E.A.3.6.2. Identifica y asocia productos procedentes de la industria química con su contribución a la mejora de la calidad de vida de las personas.

E.A.3.7.1. Describe el impacto medioambiental del dióxido de carbono, los óxidos de azufre, los óxidos de nitrógeno y los CFC y otros gases de efecto invernadero relacionándolo con los problemas medioambientales de ámbito global.

E.A.3.7.2. Propone medidas y actitudes, a nivel individual y colectivo, para mitigar los problemas medioambientales de importancia global.

E.A.3.7.3. Defiende razonadamente la influencia que el desarrollo de la industria química ha tenido en el progreso de la sociedad, a partir de fuentes científicas de distinta procedencia.

Bloque 1. La actividad científica.

E.A.1.4.1. Reconoce e identifica los símbolos más frecuentes utilizados en el etiquetado de productos químicos e instalaciones, interpretando su significado.

E.A.1.4.2. Identifica material e instrumentos básicos de laboratorio y conoce su forma de utilización para la realización de experiencias respetando las normas de seguridad e identificando actitudes y medidas de actuación preventivas.

E.A.1.5.1. Selecciona, comprende e interpreta información relevante en un texto de divulgación científica y transmite las conclusiones obtenidas utilizando el lenguaje oral y escrito con propiedad.

E.A.1.5.2. Identifica las principales características ligadas a la fiabilidad y objetividad del flujo de información existente en internet y otros medios digitales.

E.A.1.6.1. Realiza pequeños trabajos de investigación sobre algún tema objeto de estudio aplicando el método científico, y utilizando las TIC para la búsqueda y selección de información y presentación de conclusiones.

E.A.1.6.2. Participa, valora, gestiona y respeta el trabajo individual y en equipo.

Tabla 2.

Relación entre las actividades, los criterios de evaluación y las competencias clave.

ACTIVIDADES	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	CMCT	CCL	CAA	CSC	CD	SEIP
Actividad 2	C.E.3.2.	X					
	C.E.1.4	X	X	X	X		
Actividad 3	C.E.3.4	X		X		X	
	C.E.3.5	X		X			
Actividad 4	C.E.3.3	X	X	X			
Actividad 5	C.E.3.4	X		X		X	
Actividad 6	C.E.3.6		X	X	X		
	C.E.3.7		X	X	X		
	C.E.1.5		X		X		
	C.E.1.6	X	X			X	X

4.8.3. Relación entre actividades, criterios de evaluación y competencias clave

En la tabla 2 se establece la relación que mantienen las actividades realizadas en esta unidad didáctica con los criterios de evaluación y con las competencias clave. Se señala con una cruz cada vez que una competencia se está trabajando con una actividad.

Pues tal como indica la Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, en su artículo 7, apartado 2, respecto a la evaluación de las competencias clave “Han de establecerse las relaciones de los estándares de aprendizaje evaluables con las competencias a las que contribuyen, para lograr la evaluación de los niveles de desempeño competenciales alcanzados por el alumnado”.

4.8.4. Instrumentos de evaluación y criterios

Esta unidad didáctica basa su evaluación en cinco elementos: el portfolio, la relación de ejercicios, la actitud del laboratorio, el trabajo de la actividad 6 y el examen.

El portfolio consiste en la entrega por parte del alumnado de las fichas 2, 3, 4, y 5 descritas en el Anexo I, pero el profesorado revisa y evalúa el portfolio cada dos sesiones para comprobar el progreso individual de su alumnado. El portfolio es evaluado por medio de una rúbrica incluida en el Anexo IV.

La relación de ejercicios se incluye en el Anexo II y trata de una serie de ejercicios relacionados con cálculos estequiométricos como un instrumento más para evaluar los criterios C.E.3.3. y C.E.3.4.

La actitud en el laboratorio es una parte de la evaluación del criterio C.E.1.4., que tiene que ver con la actividad 2 (ver tabla 2). Es evaluada con una rúbrica disponible en el Anexo IV.

El trabajo y la exposición de la actividad 6 son otro instrumento de evaluación para los criterios de evaluación C.E.3.6., C.E.3.7., C.E.1.5. y C.E.1.6. La exposición y el trabajo (consistente en unas diapositivas, ver ficha 6) son evaluados con la misma rúbrica disponible en el Anexo IV.

En la tabla 3 vienen establecido el peso que posee cada estándar en la calificación de la asignatura, sus instrumentos de evaluación y sus criterios y competencias asociados. Esto constituye lo que se conoce como perfil competencial, que son todos los criterios asociados a una misma competencia

Tabla 3

Relación de los instrumentos de evaluación con otros aspectos del currículo

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	ESTÁNDAR	% PESO	INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN	COMPETENCIAS CLAVE
C.E.3.2.	E.A.3.2.1	20	FICHAS 2A y 2B (40%) EXAMEN (60%)	CMCT
C.E.3.3.	E.A.3.3.1	20	FICHA 4 (20%) RELACIÓN DE EJERCICIOS (20%) EXAMEN (60%)	CMCT, CCL, CAA
C.E.3.4.	E.A.3.4.1	20	FICHA 5 (20%) RELACIÓN DE EJERCICIOS (20%) EXAMEN (60%)	CMCT,CAA,CD
C.E.3.5.	E.A.3.5.1	10	FICHA 3 (50%) EXAMEN (50%)	CMCT,CAA
	E.A.3.5.2			
C.E.3.6.	E.A.3.6.1	5	FICHA 6 – TRABAJO (40%) EXAMEN (60%)	CCL,CAA,CSC
	E.A.3.6.2			
C.E.3.7.	E.A.3.7.1	5	FICHA 6 – TRABAJO (40%) EXAMEN (60%)	CCL, CAA, CSC
	E.A.3.7.2			
	E.A.3.7.3			
C.E.1.4.	E.A.1.4.1	5	ACTITUD EN EL LABORATORIO (100%)	CMCT, CCL, CAA, CSC
	E.A.1.4.2			
C.E.1.5.	E.A.1.5.1	5	FICHA 6 –TRABAJO (100%)	CCL, CSC
	E.A.1.5.2			
C.E.1.6	E.A.1.6.1	10	FICHA 6 - TRABAJO (100%)	CMCT, CCL, CS, SEIP
	E.A.1.6.2			

Respecto al alumnado que necesite recuperar la unidad didáctica, su evaluación extraordinaria consistirá en un examen escrito con un peso de un 80% referido a los criterios: C.E.3.2 C.E.3.3, C.E.3.4, C.E.3.5, C.E.3.6 y C.E.3.7 y en un nuevo trabajo sin necesidad de exposición (con un peso del 20%) sobre algunos de los tres textos a elegir en la actividad 6 y que se referirá a los criterios C.E.1.5 y C.E.1.6.

4.9. Atención a la diversidad

En el artículo 71, apartado 2, de la Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa se hace referencia a la necesidad de atender al alumnado que requiera una atención educativa diferente de la normal por “presentar necesidades educativas especiales, por dificultades específicas de aprendizaje, TDAH, por sus altas capacidades intelectuales, por haberse incorporado tarde al sistema educativo, o por condiciones personales o de historia escolar”. Desde esta unidad didáctica se atiende a la diversidad presente en la clase de varias maneras.

Desde la metodología variada que ofrece la unidad didáctica se atiende a los distintos ritmos de aprendizaje, pues es evidente que cada miembro del alumnado es distinto y posee un modo de aprender distinto. Eso se manifiesta en el uso del aprendizaje por indagación, de las simulaciones por ordenador, del aprendizaje cooperativo o del uso de las controversias socio-científicas en clase.

Desde la evaluación también se atiende a la diversidad pues el uso de distintos elementos de evaluación como el portfolio, la actitud en el laboratorio, las relaciones de ejercicios o el examen. En especial el instrumento mejor configurado para atender a la diversidad en esta unidad didáctica es el portfolio, ya que cada ficha está basada en una metodología diferente. Evaluar el portfolio cada dos sesiones permite al profesorado seguir de cerca el progreso de su alumnado y establecer las medidas que considere oportunas.

Desde la organización en grupo, que se utiliza en las distintas actividades, se está atendiendo a la diversidad, pues es el miembro del profesorado el que forma los grupos y siempre debe procurar que en cada grupo exista un alumno o alumna más aventajado y otro y otra que lo esté menos. De esta forma se ayuda a los distintos ritmos de aprendizaje del alumnado.

5. CONCLUSIONES FINALES

Este trabajo fin de máster me ha dado la oportunidad de familiarizarme con revistas específicas del ámbito de Didáctica de las Ciencias y de leer y discutir trabajos

especializados en el ámbito. Como resultado, he ampliado el conocimiento adquirido en el máster sobre los procesos de enseñanza aprendizaje y he fundamentado el diseño de una propuesta didáctica basada en resultados de investigación sobre cómo mejorar la enseñanza de las ciencias en general y de las reacciones químicas en particular. Esto se pone de manifiesto en el diseño didáctico y metodológico y en la secuencia de actividades propuestas. Las actividades parten del conocimiento especializado sobre las ideas alternativas y los obstáculos específicos que el alumnado encuentra para el aprendizaje significativo de estos contenidos y aprovecha algunas de las metodologías recomendadas por la investigación especializada, como son el aprendizaje por indagación, el uso de simulaciones y controversias socio-científicas y el aprendizaje cooperativo.

Por otra parte, el desarrollo del apartado de antecedentes en el que realicé un resumen de la historia de las reacciones químicas me ha permitido obtener una visión más amplia de esta ciencia, pues he descubierto hechos históricos que desconocía. Este apartado también me facilitó después la estructuración de la unidad didáctica y la creación del apartado de fundamentación teórica.

Además, el desarrollo de la proyección didáctica se ha fundamentado en un conocimiento del currículo educativo de la etapa y en la articulación coherente de los distintos elementos curriculares para garantizar la coherencia interna entre los objetivos, contenidos y competencias clave a desarrollar, el diseño de las actividades que permitan trabajarlos, así como los criterios de evaluación y los estándares de aprendizaje que permiten evaluarlos. En este sentido, he de reconocer que me he percatado de la enorme complejidad que conlleva realizar una evaluación correcta del alumnado, usando una unidad didáctica en la que se expongan los criterios de evaluación y los estándares necesarios respecto al aprendizaje de las reacciones químicas en este curso de 3.º de ESO.

Teniendo en cuenta todas las reflexiones anteriores, considero que este trabajo fin de máster me ha permitido completar mi formación como futuro docente de secundaria, dotándome de una base sólida para mi futuro desarrollo profesional en este ámbito.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfieri L., Brooks P. J., Aldrich N. J., y Tenenbaum H. R. (2011). Does discovery-based instruction enhance learning? *Journal of Educational Psychology*, 103, 1-18. doi: 10.1037/a0021017
- Amadeu, R., y Leal, J. P. (2013). Ventajas del uso de simulaciones por ordenador en el aprendizaje de la Física. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 31(3), 177-188.
- Arenzana, V. (2008). Del quinto elemento de Aristóteles al elemento ciento dieciocho de la química. *Manual formativo de ACTA*, 47, 89-99. Recuperado de: <https://www.acta.es/medios/articulos/ciencias_y_tecnologia/047089.pdf> (última consulta: 08/06/2019).
- Asimov, I. (1995). *Breve historia de la química*. Madrid: Alianza.
- Ausubel, D. P. (1976). *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. México: Ed. Trillas.
- Ausubel, D. P., Novak, J. D., y Hanesian, H. (1983). *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo* (Vol. 2). México: Trillas
- Blake, C., y Scanlon, E. (2007). Reconsidering simulations in science education at a distance: features of effective use. *Journal of Computer Assisted Learning*, 23(6), 491-502. doi:10.1111/j.1365-2729.2007.00239.x
- Brown, T. L., Bursten, B. E., y Burdge, J. R. (2004). *Química: La ciencia central (9.ª ed.)*. México: Pearson Educación de México.
- Camelo, F., Rodríguez, S., y Santiesteban, S. (2007). Ideas previas, un constructo indispensable en el diseño de situaciones de aula: un ejemplo en ciencias. *Revista Horizontes Pedagógicos*, 9(1), 89-100.
- Campanario, J. M., y Otero, J. (2000). Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de Ciencias. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 18(2), 155-169.
- Carrascosa, J., Gil, D., y Valdés, P. (2005). El problema de las concepciones alternativas, hoy. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 18, 41-63.
- 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. doi: 10.17227/ted.num23-151
- Chang, R. y College, W. (2002). *Química (7.ª ed.)*. México: Mc. Graw Hill, Interamericana Editores

- España, E., y Prieto, T. (2010). Problemas socio-científicos y enseñanza-aprendizaje de las ciencias. *Revista de Investigación en la Escuela*, 71, 17-24. Recuperado de <<http://hdl.handle.net/11441/60210>>.
- Esteban, S. (2002). En torno a Boyle. *Anales de la Real Sociedad Española de Química* 2002, 3, 24-29.
- Esteban, S. (2006). Historia de la alquimia I: la alquimia griega. *Anales de la Real Sociedad Española de Química* 2006, 2, 60-67.
- Furió, C., y Padilla, K. (2003). La evolución histórica de los conceptos científicos como prerrequisito 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.
- Gapri, P. (1994). Valoración de la obra de Proust y Berthollet en los textos de Química General. *Llull: Revista de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas*, 17(33), 325-342.
- Garófalo, S. J., Chemes, L., y Alonso, M. (2016). Propuesta didáctica de enseñanza con simulaciones para estudiantes del profesorado en Ciencias Biológicas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(2), 359-372. Recuperado de <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92044744009>> (última consulta: 5/06/2019)
- Garritz, A. (2010). Indagación: Las habilidades para desarrollarla y promover el aprendizaje. *Educación Química*, 21(2), 106-110.
- Gil, D. (1983). Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 1(1), 26-33
- González, L., y Crujeiras, B. (2016). Aprendizaje de las reacciones químicas a través de actividades de indagación en el laboratorio sobre cuestiones de la vida cotidiana. *Enseñanza de las Ciencias*, 34(3), 143-160. doi:10.5565/rev/ensciencias.2018
- Gormally, C., Brickman, P., Hallar, B., y Armstrong, N. (2009). Effects of inquiry-based learning on students' science literacy skills and confidence. *International journal for the scholarship of teaching and learning*, 3(2), 16. doi:10.20429/ijstl.2009.030216
- Íñigo, L. E. (2010). *Breve Historia de la Alquimia*. España: Ediciones Nowtilus.
- Martin-Hansen, L. (2002). Defining inquiry. *The science teacher*, 69(2), 34-37.

- Méndez, D. (2013). ¿Cómo afrontan los alumnos en secundaria las reacciones químicas? *Aula de Encuentro*, 15, 129-137. Recuperado de <<http://hdl.handle.net/11182/282>>
- Minner D., Levy, A., y Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction—What is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47, 474–496. doi: 10.1002/tea.20347
- Mora, C., y Herrera, D. (2009). Una revisión sobre ideas previas del concepto de fuerza. *Latin-American Journal of Physics Education*, 3(1), 13
- Moreira, M. A. (1997). Aprendizaje significativo: un concepto subyacente. En M. A. Moreira, M. C. Caballero y M.L. Rodríguez (orgs.). *Actas del Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo*, 19-44. Burgos. Recuperado de <<http://www.if.ufrgs.br/~Moreira/apsigsubesp.pdf>> (última consulta 03/06/2019).
- Moreira, M. A. (2017). Aprendizaje significativo como un referente para la organización de la enseñanza. *Archivos De Ciencias De La Educación*, 11(12), e29-e29. doi: 10.24215/23468866e029
- Moreno, N. D., y Liso, M. R. J. (2012). Las controversias sociocientíficas: temáticas e importancia para la educación científica. *Revista eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 9(1), 54-70. Recuperado de: <<http://hdl.handle.net/10498/14624>>
- Muñoz, R., y Bertomeu Sánchez, J. R. (2003). La historia de la ciencia en los libros de texto: la (s) hipótesis de Avogadro. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(1), 147-159.
- National Research Council. (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC: The National Academy Press.
- Oliva, J. M. (1996). Estudios sobre consistencia en las ideas de los alumnos en ciencias. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 14(1), 87-92.
- Pellón, I. (2002). Lavoisier y la revolución química. *Anales de la Real Sociedad Española de Química* 2002, 2, 40-49.
- Pellón, I. (2011). Antonie-Laurent Lavoisier (1743?-1794) y la química del siglo XVIII. En Melogno, P., Rodríguez, P., y Fernández, S. (eds.). *Elementos de historia de la ciencia*, 269-285. Montevideo: Universidad de la República.
- Petrucci, R. H., Harwood, W.S., Madura, J.D., y Bissonnette, C. (2011). *Química general* (10.ª ed.). España: Pearson Educación.

- Ravaschino, E. (2011). Química en retrospectiva. Parte 1: Origen y evolución. *Química Viva*, 10(2), 129-136.
- Reyes-Cárdenas, F., y Padilla, K. (2012). La indagación y la enseñanza de las ciencias. *Educación química*, 23(4), 415-421. doi:10.1016/S0187-893X(17)30129-5
- Rodríguez, M. (2011). La teoría del aprendizaje significativo: una revisión aplicable a la escuela actual. *Revista Electrónica d'Investigació i Innovació Educativa i Socioeducativa*, 3(1), 29-50. Recuperado de <http://www.in.uib.cat/pags/volumenes/vol3_num1/rodriguez/index.html> (última consulta: 04/06/2019).
- 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. Recuperado de <<https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/3335>> (última consulta: 01/06/2019)
- Rutten, N., Van Joolingen, W. R., y Van Der Veen, J. T. (2012). The learning effects of computer simulations in science education. *Computers & Education*, 58(1), 136-153. doi: 10.1016/j.compedu.2011.07.017
- Solbes, J., y Torres, N. (2012). Análisis de las competencias de pensamiento crítico desde el abordaje de las cuestiones sociocientíficas: un estudio en el ámbito universitario. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 26, 247-269. doi: 10.7203/dces.26.1928
- Solbes, J. (2012). Contribución de las cuestiones sociocientíficas al desarrollo del pensamiento crítico (I): Introducción. *Revista eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 10(1), 1-10. Recuperado de <<http://hdl.handle.net/10498/14993>>
- Solís, R. (1984). Ideas intuitivas y aprendizaje de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 2(2), 83-89.
- 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.

ANEXO I**FICHA 1 - ACTIVIDAD 1. IDEAS PREVIAS SOBRE LAS REACCIONES QUÍMICAS****Apellidos:****Nombre:****Curso:**

De forma individual, contesta a las preguntas del siguiente cuestionario sobre reacciones químicas y justifica tus respuestas. Una vez que todos los miembros de la clase hayan contestado vamos a dividirnos en parejas para discutir sobre las ideas escritas, después las parejas se unen formando grupos de 4 personas con la finalidad de discutir la idea más adecuada entre los cuatro miembros, finalmente se exponen las ideas finales por grupos ante toda la clase, esta técnica se conoce como 1-2-4.

1. ¿Qué diferencia existe entre un cambio químico y un cambio físico?
2. Cuando disuelvo azúcar en agua sin calentar el recipiente, ¿estoy realizando un cambio químico?
3. Si en el caso anterior caliento el recipiente para disolver el azúcar, ¿estoy realizando un cambio químico?
4. Cuando mezclo aceite y agua, ¿se está produciendo una reacción química?
5. Cuando caliento agua hasta llevarla a ebullición, las burbujas que salen del agua están hechas de:
 - a) Oxígeno.
 - b) Hidrógeno.
 - c) Vapor de agua.
 - d) Aire.
6. En una reacción química, ¿la masa total antes de reaccionar es la misma que la masa total después de la reacción?
7. Cuando quemo un trozo de magnesio, la masa del sólido que obtengo después de quemarlo es mayor que la masa del trozo de magnesio inicial ¿por qué crees que ocurre esto?
8. ¿Qué puedo hacer para que una reacción química ocurra de forma más rápida?

9. Cuando aumento la temperatura de una reacción química:
- a) Los átomos se dilatan por el calor y esto hace que la reacción aumente su velocidad.
 - b) La velocidad de los átomos aumenta y debido a esto, es más probable que colisionen.
 - c) El aumento de temperatura hace aumentar el número de átomos en la reacción y esto hace que aumente su velocidad.
 - d) El aumento de temperatura rompe los átomos y esto imposibilita que se produzca la reacción química.
10. ¿Siempre se desprende calor al producirse una reacción química?

Bibliografía en la que se inspira la actividad 1

- Méndez, D. (2013). ¿Cómo afrontan los alumnos en secundaria las reacciones químicas? *Aula de Encuentro*, 15, 129-137. Recuperado de <<http://hdl.handle.net/11182/282>>
- De la Mata, C., Álvarez, J. B., y Alda, E. (2011). Ideas alternativas en las reacciones químicas. *Didácticas Específicas*, 5, 7-29. Recuperado de <<http://hdl.handle.net/10486/8546>>

FICHA 2A – ACTIVIDAD 2. ¿EXISTE HIERRO METÁLICO EN LOS ALIMENTOS?**Apellidos:****Nombre:****Curso:***Actividad 2A- Investigación previa*

En la siguiente sesión de clase vamos a trasladarnos al laboratorio para comprobar si existe hierro metálico en una muestra de cereales fortificados con hierro. Pero antes de ir al laboratorio investiga primero de forma individual en casa, mediante una búsqueda en internet, acerca de las siguientes cuestiones:

1. ¿Crees que existe hierro metálico en los llamados *alimentos ricos en hierro*? Justifica tu respuesta.
2. ¿Mediante qué reacciones químicas podría demostrarse la existencia de hierro en una sustancia?
3. ¿Qué métodos físicos pueden usarse para separar el hierro de una mezcla que lo contenga?
4. ¿Qué materiales crees que vas a necesitar en el laboratorio para conseguir averiguar si existe hierro metálico en los cereales? Enuméralos.

FICHA 2B – ACTIVIDAD 2. ¿EXISTE HIERRO METÁLICO EN LOS ALIMENTOS?**Apellidos:****Nombre:****Curso:**

Una vez realizada la investigación previa en la actividad 2A, vamos a proceder a realizar la actividad de laboratorio que nos llevará a determinar la existencia de hierro en una muestra de cereales, para ello vamos a dividir toda la clase en dos grupos de trabajo.

Debes de utilizar los conocimientos adquiridos durante tu fase de investigación para ayudar a que tu grupo logre el objetivo de determinar la existencia de hierro. Aunque seguramente hayas encontrado varias reacciones para determinar la existencia de hierro, en la práctica vamos a utilizar la determinación con tiocianato.

Responde a las preguntas que se plantean durante este guión de laboratorio, así como a las preguntas del final de la ficha.

Actividad 2B- Trabajo de laboratorio

- Primer paso: tritura unos 25 gramos de cereales con la ayuda del mortero
- Segundo paso: llena un vaso de precipitados de 250 mL con unos 200 mL de agua del grifo. Añade los cereales al agua junto con la barra metálica y ponlo todo en el agitador magnético. Déjalo agitar durante 15 minutos. Tal como se expone en la figura A1.

-

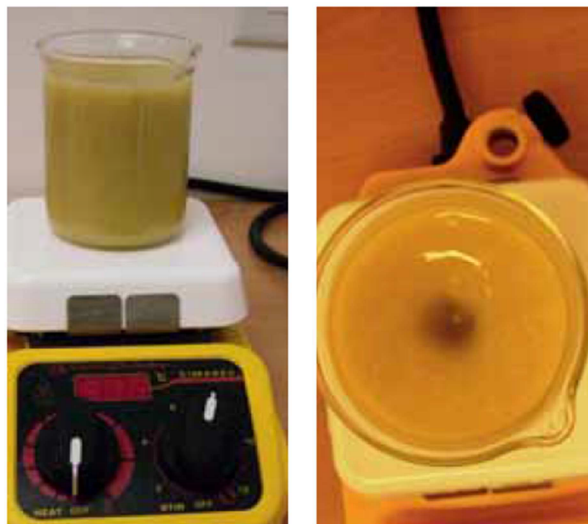


Figura A1. Disolver los cereales en agua (Hernández y López, 2011).

- Tercer paso: después de la agitación, extrae la barra imantada con ayuda de las pinzas. Como se observa en la figura A2.



Figura A2. Extrae el imán con las pinzas (Hernández y López, 2011).

¿Qué crees que es lo que se ha quedado adherido a la barra imantada?

- Cuarto paso: traspasa la barra imantada a un vaso de precipitados de 100 mL y añade 15 mL de la disolución 6 M de ácido clorhídrico preparada que hay en el laboratorio. Calienta la disolución durante 5 minutos en la placa calefactora.

¿Qué ha ocurrido al añadir el ácido clorhídrico? Descríbelo.

- Quinto paso: coloca un poco de la disolución en un tubo de ensayo y añade unas gotas de tiocianato potásico (KSCN). El tiocianato potásico contiene iones SCN^- que se unen formando un compuesto con los iones Fe^{+3} .

¿Qué ha ocurrido al añadir el tiocianato? Descríbelo

Materiales necesarios

- Cereales
- Mortero
- Peso digital
- Placa calefactora que disponga de agitación magnética
- Barra imantada
- Pinzas
- Vaso de precipitados de 250 mL
- Vaso de precipitados de 100 mL
- Pipeta aforada de 10 mL
- Tubos de ensayo
- Agua
- Ácido clorhídrico 6M
- Disolución de tiocianato potásico

Contesta a estas últimas cuestiones sobre la práctica realizada.

Cuestiones posteriores

- ¿Es el hierro metálico de los cereales el mismo que se utiliza para fabricar tornillos?
- ¿Se produce una reacción química cuando el hierro metálico queda adherido a la barra imantada?
- ¿Para qué crees que se ha utilizado el ácido clorhídrico? Investiga acerca de qué reacciones producen los metales en contacto con los ácidos.
- Cuando ocurre el cambio de color al añadir el tiocianato, ¿se está produciendo una reacción química? En caso afirmativo, indica que reacción se produce.

Las actividades 2A y 2B se encuentra basada en esta bibliografía

Hernández, G., y López, N. M. (2011). Precedir, observar, explicar e indagar: estrategias efectivas en el aprendizaje de las ciencias. *Educación Química*, 9, 4-12.

FICHA 3A – ACTIVIDAD 3. ¿SE CONSERVA LA MASA EN LAS REACCIONES QUÍMICAS?**Apellidos:****Nombre:****Curso:**

Esta actividad va a realizarse en clase en forma de demostración por parte del miembro del profesorado con ayuda de algunos miembros voluntarios del alumnado ante toda la clase.

Actividad 3A

¿Recuerdas el cuestionario inicial que se hizo en clase al inicio de este tema? ¿Sigues pensando que en las reacciones químicas la masa no se conserva? En esta práctica en clase vamos a realizar esa comprobación. Para ello vamos a hacer reaccionar vinagre con bicarbonato sódico.

Primer paso: vamos a colocar aproximadamente 15 mL de vinagre en una probeta o en un matraz Erlenmeyer. A continuación, introducimos en un globo una cucharada de bicarbonato sódico y lo atamos a la boca del matraz con una goma elástica sin dejar caer el bicarbonato dentro. Tal como se muestra en la figura A3.



Figura A3. Disposición del experimento (imagen de elaboración propia).

Segundo paso: pesa el contenido completo de la probeta con vinagre junto con el globo lleno de bicarbonato. Anota el peso.

Tercer paso: deja caer todo el bicarbonato del globo hacia la probeta. Observarás que sucede algo parecido a lo expuesto en la figura A4. Anota el peso ahora de nuevo.

- ¿Qué ha ocurrido? ¿Cómo ha variado el peso del sistema? Explica a qué se debe esto.
- El vinagre contiene ácido acético (CH_3COOH), un compuesto que reacciona con el bicarbonato sódico (NaHCO_3), investiga acerca de que productos se forman en esta reacción.
- ¿Qué función piensas que cumple el globo en el experimento?



Figura A4. Después de dejar caer el bicarbonato (imagen de elaboración propia).

Actividad 3B

Con una disposición similar a la anterior, se va a repetir el mismo experimento, pero en esta ocasión lo vamos a realizar de cuatro formas distintas. Para ello vamos a necesitar cuatro botellas en las que realizaremos el mismo experimento, pero con cantidades distintas de vinagre en cada una de ellas. En las botellas vamos a añadir las siguientes cantidades de vinagre: 1 mL para la primera, 3 mL para la segunda, 5 mL para la tercera y 10 mL para la cuarta. Para todas las botellas se ha añadido una cucharada de bicarbonato en el globo, es decir, la misma cantidad de bicarbonato. Finalmente dejamos caer el bicarbonato en las cuatro botellas y observamos lo que sucede.

Materiales

- Balanza digital
- Globos
- Goma elástica
- Probeta

- Cuchara
- Botellas de plásticos
- Vinagre blanco
- Bicarbonato sódico

Cuestiones posteriores

- En la actividad 3A, has podido observar como la masa total no cambiaba después de la reacción, esto es lo que se conoce como ley de conservación de la masa, fue enunciada por primera vez por un químico francés. Encuentra el nombre de esta persona y escribe la ley que enunció.
- ¿Qué diferencias observas en cada una de las cuatro botellas?
- Explica a qué se deben estas diferencias desde el punto de vista de la teoría cinético-molecular
- ¿Qué factores piensas que podrían hacer variar la velocidad de esta reacción del vinagre con el bicarbonato?

FICHA 4 – ACTIVIDAD 4. VAMOS A CONVERTIRNOS EN ÁTOMOS**Apellidos:****Nombre:****Curso:**

La actividad 4A nos va a ocupar la mitad de nuestra sesión de clase y se realizará en el aula, pero para realizar la actividad 4B nos debemos ir al patio del edificio. Así que, por favor, durante el trayecto hacia el patio guarda silencio para no molestar a los demás compañeros y compañeras que se encuentran en clase.

Actividad 4A

Un mol de átomos es lo mismo que $6,02214 \times 10^{23}$ átomos, ¿pero sabes de verdad lo enormemente grande que es este número? Para estimar lo grande que ese número vamos a resolver una serie de cuestiones.

- Si pudieses viajar a la velocidad de la luz (300 000 km/s), ¿Cuántos años tardarías en recorrer $6,02214 \times 10^{23}$ kilómetros?
- Si supones que una moneda mide 1 mm de anchura, ¿Cuántos kilómetros de altura tendría una torre de $6,02214 \times 10^{23}$ monedas apiladas?

¿Se puede pesar un mol de sal (NaCl)? Si la masa molar del sodio es 22,99 g/mol y la de cloro 35,45 g/mol, calcula la masa en gramos de un mol de sal. En el momento en que alguien tenga el resultado, debe decirlo al miembro del profesorado para que este realice la pesada con la báscula digital en clase.

Actividad 4B

Como se ha dicho al inicio de la ficha, vamos a trasladarnos al patio para realizar esta actividad. La actividad consiste en fingir ser átomos, para ello vamos a vestirnos con petos de colores rojo y azul y vamos a simular ser los átomos de las siguientes reacciones.

Reacción 1. Síntesis del agua (se necesitan seis personas para simular esta reacción).

Estas seis personas deben colocarse los petos rojos y azules según indica la figura A5 para simular la síntesis del agua que cumple la reacción: $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$. Primero las personas se colocan formando los reactivos: hidrógeno (petos azules) y oxígeno (petos rojos). Luego cuando la señal sea dada las personas se reorganizan para formar el agua (el producto).

Reacción 2. Síntesis del amoníaco (son necesarias ocho personas para simular esta reacción).

Las ocho personas deben colocarse esta vez para simular la reacción de síntesis del amoníaco: $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3$. Las personas con peto rojo simulan al nitrógeno y las personas con petos azules al hidrógeno, deben colocarse tal como se indica en la figura A6.

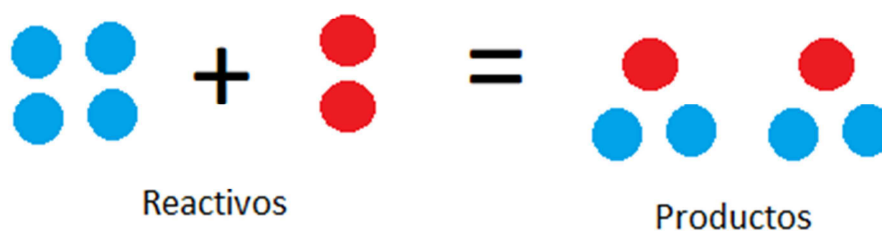


Figura A5. La síntesis del agua (imagen de elaboración propia)

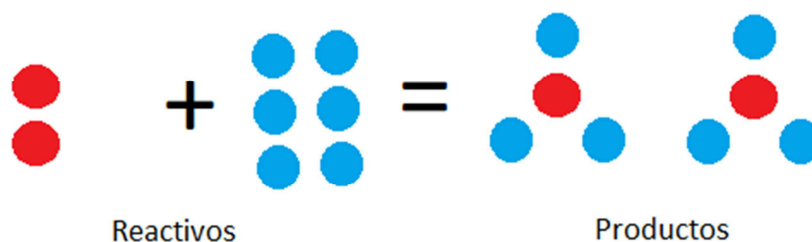


Figura A6. La síntesis del amoníaco (imagen de elaboración propia)

Simular un cambio de temperatura. A continuación, se vuelve a repetir la misma actividad de la síntesis del amoníaco, pero esta vez vamos a suponer que se ha aumentado la temperatura de la reacción, es decir, las moléculas se mueven más deprisa, así que hay que pasar de los reactivos a los productos moviéndose más deprisa.

Cuestiones posteriores

- ¿En las reacciones químicas, ocurre una reorganización de los átomos? Justifica tu respuesta

- ¿Por qué al aumentar la temperatura de una reacción, esta se suele producir más deprisa? Explícalo a nivel atómico.

- Como has podido observar durante el transcurso de la actividad, una molécula de agua siempre se compone de dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, y una molécula de amoníaco siempre se compone de un átomo de nitrógeno y tres átomos de hidrógeno. Investiga acerca de la ley de las proporciones definidas o ley de las proporciones constante, escribe el enunciado de esta ley y averigua quién la enunció por primera vez. Pista: era un químico francés.

Bibliografía en la que se inspira la actividad

Carrillo, M., Hernández, G., y Nieto, E. (2005). Estimación del número de Avogadro a través de estrategias que le dan sentido al trabajo experimental. *Enseñanza de las Ciencias, número extra*, 1-6.

FICHA 5 – ACTIVIDAD 5. SIMULACIONES POR ORDENADOR PARA AJUSTAR REACCIONES QUÍMICAS**Apellidos:****Nombre:****Curso:**

Vamos a proceder a aprender a ajustar reacciones químicas con la ayuda de simulaciones por ordenador. Para ello vamos a introducir el siguiente enlace en el buscador:

https://phet.colorado.edu/sims/html/balancing-chemical-equations/latest/balancing-chemical-equations_es.html

Todas las reacciones que se ajusten mediante la simulación deben ser copiadas y correctamente ajustadas para incluirlas en el portfolio.

Introducción. Una vez que hemos accedido a la simulación, entramos en el menú de introducción, como aparece en la figura A7, para practicar con el funcionamiento de la simulación. Una vez dentro, ajustamos las tres reacciones que nos aparecen, que son: la producción de amoníaco, la disociación del agua y la combustión del metano. Puedes ayudarte para ajustar las ecuaciones con la balanza que aparece en la pestaña de herramientas de la simulación (figura A8).

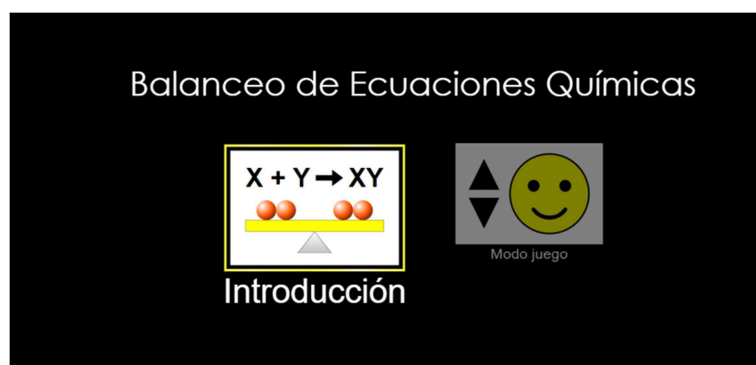


Figura A7. El menú de introducción (2002-2019. PhET Interactive Simulations)

Modo juego. Una vez que has ajustado las tres reacciones del modo introducción, entra en el modo juego y completa los tres niveles de dificultad, pero debes comenzar por el nivel uno (figura A9). En total hay 15 reacciones para ajustar en el modo juego, recuerda que debes entregar todas las reacciones de la simulación ajustadas en el portfolio.

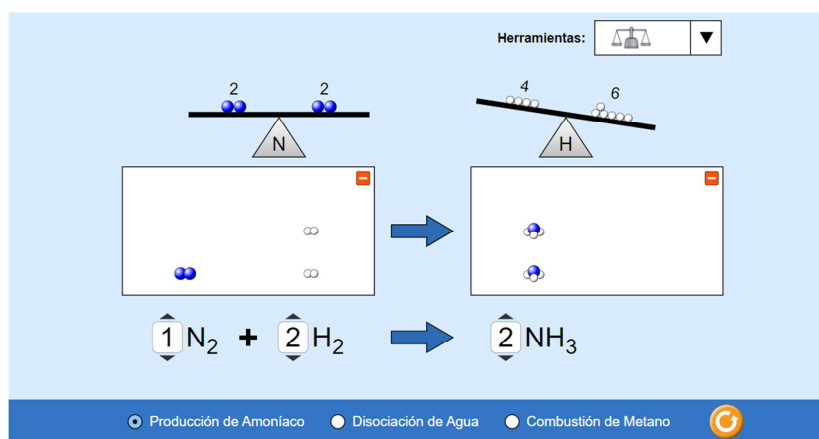


Figura A8. Uso de la balanza en la pestaña de herramientas (2002-2019. PhET Interactive Simulations).



Figura A9. Los niveles del modo juego (2002-2019. PhET Interactive Simulations).

Cuestiones posteriores

Debes entregar un total de 18 reacciones ajustadas (3 de la introducción y 15 del modo juego).

FICHA 6 – ACTIVIDAD 6. LAS REACCIONES QUÍMICAS Y LOS PROBLEMAS MEDIOAMBIENTALES**Apellidos:****Nombre:****Curso:**

Esta actividad durará dos sesiones de clase y su objetivo es la creación y exposición de un trabajo que se encuentra relacionado con la lectura de un texto que se va a proporcionar en clase.

Primera sesión. Elección del tema y ejercicio del *folio giratorio*

Para realizar el trabajo, hay que dividirse en grupos de 4 o 5 personas y este consistirá en la exposición y entrega en mano de 6 diapositivas (5 diapositivas de texto más una portada) sobre alguno de los temas que luego se indicarán. La exposición será llevada a cabo por una sola persona del grupo y debe durar entre 5 y 7 minutos. Los restantes miembros del grupo van a ser preguntados al azar por el profesor sobre alguna cuestión relacionada con el trabajo. Es imprescindible conocer la opinión que posee el grupo sobre cada uno de los temas.

Los temas para escoger y los índices a seguir son:

Trabajo 1. El *smog* fotoquímico

- ¿En qué consiste el *smog* fotoquímico? ¿Cuál es su causa?
- ¿Qué reacciones químicas están involucradas en el *smog* fotoquímico?
- ¿Qué problemas sobre la salud humana puede producir? ¿Qué es la lluvia ácida?
- ¿Qué función cumplen los catalizadores de los coches para evitar este fenómeno?
- ¿Qué medidas propondrías para reducir el *smog* en las ciudades? ¿Crees que las medidas actuales son suficientes?

Trabajo 2. El DDT, un insecticida polémico

- ¿Qué es el DDT y para qué se utiliza? ¿Quién ganó el premio Nobel por su descubrimiento?
- ¿Qué relación tiene el DDT con la malaria?
- ¿Qué efectos ambientales produce el DDT?
- ¿Qué opináis, ahora que estáis informados, sobre el uso del DDT? ¿Debería finalmente permitirse el uso del DDT como insecticida?

Trabajo 3. La acumulación de plástico en los océanos

- ¿De dónde provienen las grandes cantidades de plásticos que hay en los océanos?
- ¿Qué problemas puede causar la presencia de estos plásticos?
- ¿Qué significa la palabra *isla de basura*?
- ¿Qué medidas se están tomando para su limpieza?
- ¿Crees que se trata de un problema de carácter grave? ¿Qué medidas propondrías evitar desechar tanto plástico al océano?

Los textos a partir de los que se van a iniciar los trabajos son los que aparecen a continuación, una vez se haya elegido el tema del trabajo, uno de los miembros de cada grupo lee su texto para toda la clase. Cuando los tres textos hayan sido leídos, se realiza un ejercicio llamado *folio giratorio*, con el que cada uno de los miembros del grupo escribe en un folio una propuesta para resolver la problemática que se plantea en cada uno de los temas, sin repetir ideas anteriores. Finalmente se exponen ante toda la clase los resultados de cada *folio giratorio*.

TEXTO 1. EL SMOG FOTOQUÍMICO

El smog fotoquímico es esa masa oscura de aire contaminado que suele encontrarse encima de las ciudades muy pobladas y con mucho volumen de tráfico de automóviles, esta masa puede observarse desde lejos. Esta contaminación tiene su origen en la quema de combustibles fósiles, en especial tiene como principales fuentes los gases emitidos por los motores de combustión de los automóviles o los gases que emiten las centrales eléctricas. Estos gases contienen óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles que sufren reacciones con la luz del sol y dan lugar a compuestos como el dióxido de nitrógeno, el ácido nítrico o el ozono en la atmósfera de las ciudades. La presencia de estos compuestos en el aire de las ciudades provoca problemas respiratorios a sus habitantes o lluvia ácida (Petrucchi, Harwood, Madura y Bissonnette, 2011).

Como método para evitar la emisión de este tipo de compuestos a la atmósfera, los automóviles comenzaron a emplear catalizador de varias fases que transforman el monóxido de carbono y el monóxido de nitrógeno en CO₂ y nitrógeno respectivamente, dos compuestos no tóxicos y poco reactivos en relación a los anteriores (Petrucchi, et al., 2011).

Referencias texto 1

Petrucchi, R. H., Harwood, W.S., Madura, J.D. y Bissonnette, C. (2011). *Química general* (10.ª ed.). España: Pearson Educación.

TEXTO 2. EL DDT, UN INSECTICIDA POLÉMICO

Lee el texto de esta figura:

Montilla y Moreno (2015) comenta lo siguiente en relación al insecticida DDT, usado tradicionalmente contra el mosquito transmisor de la malaria:

Después de unos veinte años de utilización, el insecticida había eliminado la mayoría de enfermedades que impedían a las poblaciones de amplias regiones del mundo tropical la expansión de sus actividades productivas. Todo esto contribuyó a que su empleo siguiera en aumento significativo, hasta más o menos el año 1959, continuando el incremento en su producción hasta el año 1962, gracias a las altas demandas en muchos países (...). De esta forma, la aplicación del pesticida se extendió rápidamente, siendo la base de las campañas nacionales de erradicación de la malaria (...).

Tras el inicio del uso del DDT comenzaron a aparecer algunos datos negativos a partir de 1960. Estos activaron las alarmas de los primeros ecologistas en su contra. Por ejemplo, fue emblemática la obra *Primavera silenciosa*, escrita por Rachel Carson en 1962, en la que se refería a la desaparición de los “cantos de pájaros” en los campos de Ohio, al norte de los Estados Unidos de América, y responsabilizaba de ello al uso del DDT (...)(Sánchez et al., 2002). Sobre la base de los planteamientos previos en torno al DDT, surgió una gigantesca polémica, que culminó cuando se hizo pública la prohibición de este pesticida y desde 1972 quedaron suprimidos todos sus usos en el país (...). Años más tarde, y de manera progresiva, otras naciones desarrolladas tomaron al igual que Estados Unidos la decisión de no utilizar el DDT, y para la década de los noventa del siglo pasado alrededor de unos cincuenta países suprimieron la aplicación del producto para todo tipo de uso, pues ya se tenía absoluta certeza de los peligros que representaba para el medio ambiente. Se sabía que tanto el DDT como sus derivados permanecen largos años en el ambiente, acumulándose en los tejidos de diferentes organismos, en cantidades tan significativas como para provocar efectos tóxicos (...), era un acuerdo casi universal que para el año 2007 se tuviera en todo el mundo una eliminación definitiva del DDT, pero no ocurrió así, ya que algunos países, sobre todo aquellos llamados “en vías de subdesarrollo”, continúan con su implementación a los efectos de mantener controles sanitarios y proteger a la población de la malaria (Montilla y Moreno, 2015 :104-5)

Referencia texto 2

Montilla, A. D. J., y Moreno, M. A. (2015). Implicaciones sociales y ambientales del uso del Dicloro Difetil Tricloroetano (DDT). Análisis del caso en tierras venezolanas. *Ambiente y Desarrollo*, 19(37), 101-114

TEXTO 3. LA ACUMULACIÓN DE PLÁSTICO EN LOS OCÉANOS

Lee el texto de la figura:

Tal como indican Sarria-Villa y Gallo-Corredor (2016) respecto a la problemática de los plásticos:

Los plásticos han dado grandes beneficios a la sociedad, pero es evidente que el uso de los plásticos y su disposición ha traído consigo la acumulación de los microplásticos en el medio ambiente. La industria del plástico en Colombia, durante las últimas décadas, ha presentado un crecimiento promedio anual del 7 %. Los microplásticos se remueven difícilmente en las plantas de tratamiento de aguas residuales debido a que son pequeños, flotan y son fácilmente arrastrados por las aguas residuales a los cuerpos de agua. Los microplásticos son consumidos por un amplio rango de organismos afectando la habilidad de los organismos para comer y desarrollarse. De acuerdo con investigaciones en curso, sustancias tóxicas como los PCBs, PAHs y Bisfenol-A, pueden ser transportados a la biota vía ingesta de los microplásticos. Existe una tendencia al aumento del consumo de plásticos en el mundo y por lo tanto los riesgos de contaminación (...). Los residuos plásticos llegan al medio ambiente desde vertederos mal gestionados o por productos plásticos descargados de forma descuidada. Los contaminantes plásticos no solamente incluyen desechos plásticos de gran tamaño sino también pequeñas piezas de plástico en el rango de los milímetros. Los residuos plásticos modestos, llamados "microplásticos" se han convertido en la mayor preocupación debido a estar ampliamente dispersos en diferentes matrices ambientales (aguas superficiales, océanos y sedimentos) y diversos organismos (Sarria-Villa y Gallo-Corredor, 2016: 21-2).

Referencias texto 3

Sarria-Villa, R. A., y Gallo-Corredor, J. A. (2016). La gran problemática ambiental de los residuos plásticos: Microplásticos. *Journal de Ciencia e Ingeniería*, 8(1), 21-27.

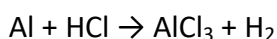
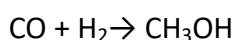
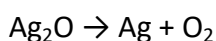
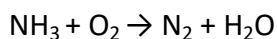
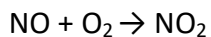
Sesión 2. Exposición de los trabajos

En la siguiente sesión se expondrán los trabajos correspondientes de cada grupo, solo expondrá un miembro por grupo. Después de su exposición el miembro del profesorado realizará preguntas a algunos de los miembros del grupo, elegidos al azar, acerca de cuestiones relativas al trabajo.

ANEXO II**RELACIÓN DE PROBLEMAS**

Resuelve los siguientes problemas:

P.1. Ajusta las siguientes reacciones:



P.2. Una muestra de 1,446 g de potasio se hace reaccionar con 8,178 g de cloro para formar cloruro de potasio (KCl). Después de producirse la reacción, han quedado sin reaccionar 6,867 g de cloro. ¿Cuál es la masa del KCl que se ha formado?

P.3. Se queman 0,455 g de magnesio en presencia de 2,315 g de oxígeno gas y se obtiene óxido de magnesio, pero queda sin reaccionar 2,015 g de oxígeno. ¿Cuál la masa del óxido de magnesio que se ha producido?

P.4. Calcula el número de átomos que hay en:

- 14 moles de Fe.
- 3,5 moles de Ag.
- 3 gramos de Ag.

P.5. ¿Qué tiene mayor número de átomos, 1 mol de hierro o un 1 mol de sodio? Razona tu respuesta.

P.6. Calcula:

- El número de átomos que hay en 15 g de cinc.
- El número de moles que hay en 4 kg de cromo.
- La masa de un átomo de cloro en gramos.

ANEXO III**EXAMEN DEL TEMA 3. LOS FUNDAMENTOS DE LAS REACCIONES QUÍMICAS****Apellidos:****Nombre:****Curso:****1. (C.E.3.2.) Responde de manera breve a las siguientes preguntas:**

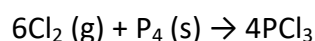
- En una reacción química, ¿las sustancias que hay al principio son las mismas que hay al final? Justifica tu respuesta
- Indica si se está produciendo una reacción química en los siguientes casos:
Al disolver azúcar en agua.
Cuando estoy hirviendo agua.
Al mezclar agua con aceite.
Cuando mezclo vinagre y bicarbonato sódico.

2. (C.E.3.3.) Responde de manera breve a las siguientes preguntas:

- En una reacción gaseosa, ¿cómo afectaría a la velocidad de reacción un aumento de la presión? Justifica tu respuesta en términos de la teoría cinético-molecular y de la teoría de colisiones.
- ¿Por qué el aumento de la temperatura generalmente hace que una reacción química aumente su velocidad? Justifica tu respuesta en términos de la teoría cinético-molecular y de la teoría de colisiones.

3. (C.E.3.3.) Escribe y ajusta las siguientes reacciones:

- Cuando el sodio reacciona con el agua para formar hidróxido de sodio e hidrógeno gas.
- $\text{Fe} + \text{O}_2 \rightarrow \text{FeO}$
- $\text{SO}_3 \rightarrow \text{SO}_2 + \text{O}_2$
- $\text{P}_2\text{H}_4 \rightarrow \text{PH}_3 + \text{P}_4$
- La reacción de síntesis del amoníaco a partir de nitrógeno e hidrógeno.

4. (C.E.3.4) Una muestra de 0,406 g de magnesio reacciona con oxígeno para producir 0,674 g de óxido de magnesio. Calcula masa del oxígeno que se ha consumido durante la reacción y ajusta la ecuación correspondiente.**5. (C.E.3.4.) Para una reacción se han obtenido 46,3 g de PCl_3 de la siguiente manera:**

Calcula cuántos gramos de cloro (Cl_2) y de fósforo (P_4) se han necesitado.

6. (C.E.3.5) En la actividad 3B de clase, se hizo reaccionar vinagre con bicarbonato varias veces con distinta cantidad de vinagre cada vez. ¿Qué ocurrió? Explícalo a nivel de la teoría cinético-molecular y de la teoría de colisiones.
7. (C.E.3.6.) ¿Qué función cumplen los catalizadores de los automóviles? ¿Para qué se desea que cumplan esta función?
8. (C.E.3.6.) Enumera posibles medidas para reducir la destrucción del ozono estratosférico
9. (C.E.3.7) ¿Qué es el smog fotoquímico? ¿Qué compuestos lo producen?
10. (C.E.3.7) ¿En qué consiste el efecto invernadero? ¿Cuáles son los gases que lo producen?

ANEXO IV**RÚBRICA PARA EVALUAR EL PORTFOLIO**

	SOBRESALIENTE (2,5)	NOTABLE (2)	SUFICIENTE (1,25)	SUSPENSO (1)
Contenidos del portfolio	El portfolio incluye todas las actividades, con todas las cuestiones intermedias y posteriores desarrolladas completamente.	El portfolio incluye todas las actividades y cuestiones, pero a algunas cuestiones les falta desarrollo.	Al portfolio le faltan algunas de las cuestiones.	Al portfolio le faltan bastantes cuestiones y se encuentra incompleto en muchas de sus partes.
Dominio teórico	Se responde a las cuestiones de forma completa, con un lenguaje científico y se demuestra un gran dominio teórico de la unidad.	Se responde a las cuestiones con un lenguaje científico, pero algunas de las cuestiones muestran pequeñas faltas de conocimientos.	Se responde con un lenguaje científico, pero muchas cuestiones denotan falta de conocimientos.	No se responde a las preguntas con un lenguaje científico, ni se demuestra conocimiento de la unidad.
Evidencias de constancia	El portfolio evidencia una constancia en su desarrollo, ya que incluye aspectos detallados sobre cuestiones tratadas en clase.	El portfolio mantiene su estructura general, pero muestra falta de atención en algunas cuestiones.	El portfolio mantiene su estructura general pero denota falta de constancia en el trabajo.	El portfolio no mantiene su estructura por fichas y evidencia una gran falta de trabajo constante.
Organización y limpieza	El portfolio se encuentra organizado de una forma correcta y presenta los aspectos formales de presentación de un trabajo académico.	El portfolio mantiene una organización y limpieza, pero algunos fallos de presentación.	El portfolio está organizado, pero no sigue unas normas de presentación formal.	El portfolio no está organizado, ni posee una presentación aceptable.

RÚBRICA PARA EVALUAR EL TRABAJO EN GRUPO DE LA ACTIVIDAD 6

	SOBRESALIENTE (2,5)	NOTABLE (2)	SUFICIENTE (1,25)	SUSPENSO (1)
Contenidos del trabajo	El trabajo se adapta al índice especificado y desarrolla todos sus apartados de una forma completa.	El trabajo se adapta al índice especificado, pero algunos de sus apartados no se desarrollan con profundidad suficiente.	El trabajo se adapta al índice, pero solo desarrolla los apartados de forma superficial.	El trabajo no sigue el índice especificado.
Dominio teórico en las preguntas sobre la exposición	El grupo responde a todas las preguntas de una forma completa y demostrando un profundo dominio del tema.	El grupo responde correctamente a todas las preguntas, pero de una manera superficial.	El grupo responde de forma correcta a la mayoría de las preguntas, solo evidencia falta de conocimiento en pocas cuestiones.	El grupo responde de forma incorrecta a muchas cuestiones y evidencia poco conocimiento del tema.
Trabajo en grupo	El trabajo muestra cohesión entre todas sus partes evidenciando un buen trabajo de equipo.	El trabajo muestra una cohesión general, pero existen pequeñas evidencias de partes elaboradas por personas distintas.	El trabajo tiene falta de cohesión al poseer partes elaboradas por distintas personas, pero mantiene una estructura general.	El trabajo está desestructurado y le falta mucha cohesión, se evidencia un muy mal trabajo en equipo.
Expresión de las opiniones personales al final	Las opiniones planteadas usan un lenguaje científico y muestran haber realizado una buena labor de investigación.	Las opiniones planteadas usan un lenguaje científico, pero muestran pequeños fallos en la labor investigativa.	Las opiniones planteadas usan un lenguaje científico, pero su labor de investigación muestra ser deficiente.	No se usa un lenguaje científico para expresar las opiniones y se muestra que la labor de investigación realizada es nula.

RÚBRICA PARA EVALUAR EL TRABAJO DE LABORATORIO

	SOBRESALIENTE (2,5)	NOTABLE (2)	SUFICIENTE (1,25)	SUSPENSO (1)
Normas de vestimenta	Lleva la bata, las gafas y los guantes en todo momento.	Lleva la bata y las gafas en todo momento, pero los guantes solo en ocasiones esenciales.	Lleva la bata en todo momento, pero las gafas y los guantes en momentos esenciales.	No lleva la bata en todo momento.
Limpieza en el trabajo	Mantiene la mesa de trabajo ordenada y completamente limpia, con el cuaderno alejado de los materiales para evitar accidentes.	Mantiene un orden y el cuaderno alejado del material, pero se observan sustancias vertidas en la mesa.	Mantiene un orden, pero el cuaderno se encuentra en el mismo lado que el material.	No mantiene ni un orden ni una limpieza y se encuentra en riesgo de causar un accidente.
Trabajo dentro del grupo	Participa de manera activa en el grupo y propone ideas para la mejora del funcionamiento del trabajo.	Se mantiene todo el tiempo en contacto con la actividad del grupo, pero participa de manera activa en pocas ocasiones.	Mantiene contacto con la actividad del grupo, pero de una manera pasiva.	No mantiene contacto con su grupo o se dedica a otras actividades no relacionadas con la práctica de laboratorio.
Conocimientos	Conoce perfectamente la actividad que está llevando a cabo, además sabe explicarla a nivel de la reacción química.	Conoce los materiales y sustancias que usa, pero su explicación a nivel de reacción química no es completa.	Conoce los materiales y sustancias que está usando, pero no conoce su función exacta.	No conoce los materiales ni las sustancias que está usando.