



Universidad de Valladolid

FACULTAD DE EDUCACIÓN Y TRABAJO SOCIAL

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

Especialidad de Física y Química

Trabajo fin de máster:

**PROPUESTA DE INNOVACIÓN
PARA EL ESTUDIO DE
REACCIONES QUÍMICAS EN LA
ENSEÑANZA SECUNDARIA
OBLIGATORIA**

**ANA ÁLVAREZ MARTÍN
MERCEDÉS RUIZ PASTRANA**

–Y bien, ¿lo ha resuelto usted? –pregunté.

–Sí. Era *bisulfato de barita* §

–No. No. ¡El misterio! –grité yo

Dr. Watson & Sherlock Holmes,

Un caso de identidad.

§ Este compuesto así formulado no existe. Lo cual, ha dado pie a una discusión, actualmente en curso, sobre a qué otra sal se podría estar refiriendo Sherlock Holmes, tomando para ello como base en el proceso descrito en el relato.

RESUMEN

En el presente trabajo se expone el diseño realizado para la impartición de la unidad didáctica dedicada a las reacciones químicas en la asignatura de Física y Química de 4º de ESO. Se trata de una propuesta innovadora, pues toma como marco la Química Forense para fomentar el interés y la motivación de los alumnos por la materia. En particular, se han propuesto diversas estrategias (TIC, trabajo individual, cooperativo, experimental, etc.) englobadas en una metodología participativa, con las que se consigue, no solo cubrir los contenidos de esta unidad, sino que también se ejerciten las competencias básicas y los elementos transversales inherentes al modelo de educación actual. El resultado es una programación viable para su implantación en centros de enseñanza secundaria, con la que se espera promover la percepción de la Química como una herramienta para la sociedad.

Palabras clave: Unidad didáctica, Innovación educativa, Química forense, Reacciones químicas, Velocidad de reacción, Estequiometría.

ABSTRACT

This work presents the design of a lesson plan aimed at the 10th grade of a Science course. It is characterised for its innovative proposal, since Forensic Chemistry is exploited as a framework for the lecturing. Its main objective is to encourage the student appealing in the field, and thus improve their motivation. In particular, assorted strategies encompassed in an active methodology have been suggested (such as ICTs, individual and cooperative assignments, lab work, etc.). These activities enable not only to cover the academic key points of the unit, but also the underlying competences and transversal elements of the Spanish educational system. The result is a viable plan of action, feasible for its implementation in secondary schools. From its application it is expected to enhance the perception of Chemistry as a useful tool for the society.

Keywords: Lesson plan, Innovation, Forensic Chemistry, Chemical reaction, Reaction rate, Stoichiometry.

TABLA DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO	2
3. ASPECTOS DOCENTES Y PEDAGÓGICOS	4
3.1. CONTEXTO LEGISLATIVO	4
3.2. CONTEXTO SOCIOCULTURAL EN EL CENTRO Y EN EL AULA.....	5
4. PROPOSICIÓN Y JUSTIFICACIÓN	5
5. OBJETIVOS.....	6
6. UNIDAD DIDÁCTICA.....	7
6.1. CONTEXTUALIZACIÓN	7
6.2. COMPETENCIAS.....	7
6.3. ELEMENTOS TRANSVERSALES	9
6.4. METODOLOGÍA.....	9
6.5. OBJETIVOS Y CONTENIDOS	10
6.6. RECURSOS DIDÁCTICOS	12
6.7. SECUENCIA DE ACTIVIDADES.....	12
6.8. EVALUACIÓN	20
6.9. ATENCIÓN A LA DIVERSIDAD	21
7. CONCLUSIONES Y REFLEXIONES FINALES.....	22
8. BIBLIOGRAFÍA.....	23

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Figura 1. Tasa de población que se ha graduado en un Bachillerato de Ciencias entre los cursos 2003-2004 y 2016-2017 (Ministerio de Educación y Formación profesional, 2019).	1
Figura 2. Animación TIC para el estudio del ajuste estequiométrico de reacciones. Disponible a través de https://phet.colorado.edu/sims/html/balancing-chemical-equations/latest/balancing-chemical-equations_es.html	13
Figura 3. Animaciones para el estudio de la influencia de la temperatura y la concentración en la velocidad de reacción. Disponibles en http://www.physics-chemistry-interactive-flash-animation.com/chemistry_interactive/chemical_kinetics_factor_temperature.htm y http://www.physics-chemistry-interactive-flash-animation.com/chemistry_interactive/chemical_kinetics_factor_concentration.htm	15
Figura 4. Simulación para repasar el concepto de energía de activación, y la influencia de la temperatura en la velocidad de reacción. Disponible a través de http://www.physics-chemistry-interactive-flash-animation.com/chemistry_interactive/chemical_kinetics_factor_temperature.htm	15
Figura 5. Carta de presentación del señor Ratchett, la víctima en el caso de estudio propuesto.....	17
Figura 6. Carta de presentación de los sospechosos en el caso de estudio propuesto.	17
Figura 7. Procedimiento esquemático de cálculo para la resolución de los problemas de esta unidad.	18
Figura 8. Símbolo para denotar los ejercicios que requieren un razonamiento más complejo.....	21
Tabla 1. Objetivos, criterios de evaluación, estándares de aprendizaje, competencias y elementos transversales para la impartición de la unidad de reacciones químicas.	11

1. INTRODUCCIÓN

La sociedad actual demanda una continua mejora tanto de la tecnología como del bienestar social, y son los avances científicos los que posibilitan alcanzar estas nuevas metas. Es más, en el último siglo la humanidad ha adquirido más conocimientos científicos que en el resto de su historia, lo cual se ha visto reflejado en un gran desarrollo tecnológico y social. Por tanto, una formación científica es indispensable para prolongar tal ritmo de progreso. Sin embargo, a pesar de su importancia y reconocimiento, se ha reportado una significativa disminución de los alumnos interesados en ciencias (Méndez Coca, 2015; Rocard et al., 2008). Cabe mencionar que no se han encontrado datos institucionales que apoyen estas conclusiones. Es más, el anuario estadístico del Ministerio de Educación sobre las cifras de educación en España contradice en parte estas conclusiones. Solo es posible analizar con esta fuente el porcentaje de alumnos que se graduaron en un Bachillerato científico (datos recogidos en la Figura 1). En cuanto a la educación secundaria y concretamente la rama específica de enseñanzas académicas, solo están disponibles los datos del curso 2016-2017 (última etapa de la implantación de la LOMCE (Ley Orgánica 8/2013 para la mejora de la calidad educativa)). Respecto a estos últimos, el porcentaje de alumnado que optó por la modalidad de ciencias aplicadas en Castilla y León fue del 82,4%, mientras que el total en España fue del 68,1%. Unos números nada desdeñables que no parecen indicar una pérdida de interés.

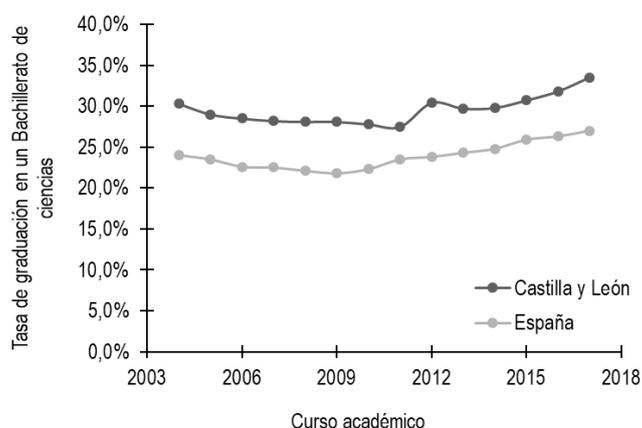


Figura 1. Tasa de población que se ha graduado en un Bachillerato de Ciencias entre los cursos 2003-2004 y 2016-2017 (Ministerio de Educación y Formación profesional, 2019).

Por otro lado, numerosos estudios manifiestan que existe un rechazo hacia la asignatura de Física y Química por parte de los estudiantes (Parchmann, 2011). Caamaño y Oñorbe (2004) ya analizaron las principales causas de fracaso en esta materia, resumiéndolas en tres puntos: (1) las dificultades intrínsecas de la propia disciplina, (2) las relativas a las concepciones y razonamiento de los estudiantes, y (3) las atribuibles al proceso de enseñanza. Con el objetivo de superar estos impedimentos, existe actualmente un movimiento didáctico internacional que aboga por relegar las metodologías más tradicionales (sucesiones de datos, leyes y teorías que se presentan a los alumnos de forma dogmática y desconectadas de la realidad (Furió Mas, 2006)), en favor de un aprendizaje más activo (Freeman et al., 2014). Lo cual

implica a su vez, el empleo de metodologías innovadoras que fomenten el aprendizaje significativo (Meyer et al., 2014).

Una de las principales características de estas nuevas metodologías innovadoras es la conexión de los contenidos con la realidad diaria y los intereses del alumnado (Caamaño, 2011a). El hecho de que el alumno aprecie la relevancia que la ciencia tiene, tanto social como tecnológicamente, favorece su motivación y por consiguiente su rendimiento. Esta aproximación didáctica permite, a partir de la identificación de una situación problemática de especial relevancia, indagar, analizar, proponer alternativas, contrastarlas, y llegar a una conclusión final. Es decir, constituye una aplicación directa y real del método científico (González Aguado et al., 2013; Lozano & Solbes, 2014).

Otros importantes recursos a tener en cuenta en las metodologías innovadoras son las actividades experimentales. Investigaciones en didáctica han demostrado ampliamente sus beneficios gracias al conocimiento vivencial que facilitan (Reigosa, 2010). Pero no solo es destacable la mejora en la comprensión, sino además el resto de competencias (sociales, lingüísticas, cívicas...) que también se ponen en juego (Caamaño, 2011b). Sin embargo, existen prácticas que no se pueden realizar fácilmente, bien debido a su complejidad o a la falta de recursos. Es aquí donde las TIC o tecnologías de la información y la comunicación cobran gran importancia. Mediante el uso de animaciones, simulaciones o contenido audiovisual es posible trasladar experimentos difícilmente realizables en condiciones normales a un aula. Por tanto, suponen una herramienta crucial para la visualización e interiorización de fenómenos (Ministerio de Educación y Ciencia, 2001; Pintó, 2011).

Por consiguiente, el objetivo principal de este trabajo será tener en cuenta estas directrices a fin de contribuir a la implantación de metodologías innovadoras mediante el diseño de una unidad didáctica que verse sobre algún tema de interés, capaz de atraer y motivar a los alumnos. Concretamente, se ha escogido la ciencia forense aplicada a la resolución de un caso criminal. Para ello, primeramente se ha realizado una búsqueda bibliográfica de antecedentes (apartado 2, marco teórico) que ha servido para construir la proposición (apartado 4, proposición y justificación) desarrollada en esta composición (apartado 6, unidad didáctica).

2. MARCO TEÓRICO

Dada la gran cantidad de recursos motivadores que rodean a los alumnos (contenidos audiovisuales, móviles, internet...), estos pueden ser empleados como herramienta para el estudio de determinados contenidos. De esta manera, se consigue dar profundidad a las unidades didácticas, ya que los fundamentos son aplicados a una realidad que el alumno percibe como cercana. Otro factor clave a tener en cuenta es que los contenidos, al no aparecer aislados sino en un contexto, pueden combinarse con una

educación en valores. Existen multitud de ejemplos en bibliografía que tienen en cuenta estas metodologías innovadoras. A continuación, se realizará una revisión de las propuestas más notables.

En cuanto a los casos de estudio dedicados a la Física existe una gran variedad de ejemplos. Los más habituales que se suelen utilizar a nivel de secundaria son la seguridad vial, casos ambientados en la actividad física y el deporte, la eficiencia energética y energías renovables. Basta con navegar por internet para encontrar colecciones muy creativas de ejercicios ambientados en películas, libros, juegos, etc. Mención aparte dentro de este punto merece el estudio desde el punto de vista físico de los comics. Tal y como muestra Kakalios (2006) en su libro *La Física de los Superhéroes*, se podría construir una programación completa basada en los poderes de los superhéroes que, al contrario de lo que cabría esperar, cumplen con las leyes físicas. Por ejemplo, los saltos de Spiderman de un edificio a otro se explican con la aceleración centrípeta del movimiento circular, Flash minimiza el rozamiento y alcanza grandes velocidades, o los poderes de Ant-Man se puede explicar gracias al movimiento armónico simple.

Por otro lado, los casos de estudio dedicados a la Química no son tan fáciles de aplicar, ya que en muchos casos incluyen contenidos muy avanzados que se salen del currículo. De entre los encontrados en bibliografía se ha hecho una recopilación de los estudios más completos y de los que presentan algunas carencias.

Los más destacados en cuanto a la innovación han sido:

- *La Isla Misteriosa* de Julio Verne puede tomarse como un ejemplo de la admiración del autor por la química. En ella se describen múltiples procesos, como la producción de ácido sulfúrico o la fabricación de nitroglicerina a partir de minerales de azufre y hierro (pirita), algas, y grasa animal. Guerra Retamosa (2005) propone utilizar este marco para estudiar los elementos y sus reacciones.
- Last (2012) emplea el relato corto *Una carrera con el Sol* (de L.T. Meade y C. Halifax, publicado en 1897 en *The Strand Magazine*) para estudiar las reacciones en fase gas a través de la formación en cadena de cloruro de hidrógeno, además de cálculos de volumen. En la historia, un científico que investiga un nuevo explosivo es secuestrado por sus competidores e inmovilizado en un globo aerostático que se llenará por la mezcla de hidrógeno y cloro.
- Southward, Hollis, y Thompson (1992) toman la historia narrada en *El misterioso caso de Styles* de Agatha Christie para analizar los equilibrios de solubilidad y precipitación, así como las propiedades ácido base.

Por el contrario, los que se han encontrado con grandes deficiencias han sido:

- Cressel y Loughlin (2015) emplean un caso práctico, un robo en una farmacia, para estudiar los métodos de detección de morfina, codeína y anfetamina. Este trabajo falla en la aproximación sensacionalista que utiliza (obvia completamente los fundamentos químicos). No obstante, destaca la segunda parte, en la que se analizan las opiniones de 92 estudiantes tras haber

realizado la actividad (Cresswell & Loughlin, 2017). Las conclusiones obtenidas fueron muy positivas: la mayoría de los estudiantes mostró un gran interés y motivación por la Química.

- Ravgiala et al. (2014) plantea una introducción a la química analítica mediante análisis colorimétricos. Aunque el trabajo reivindica la utilización de materiales fáciles de conseguir (papel con diferentes formas), no lo cumple a la hora de seleccionar los reactivos empleados. El estudio utiliza creatinina y cianidina, unos reactivos bastante caros e inestables. Y al igual que en el caso anterior, relega la explicación científica en favor de la parte novelesca de interpretar unos roles.
- Las actividades propuestas por Meyer et al. (2014) también acusan una falta de profundidad. Su estudio se centra en el método científico y en el contraste de hipótesis por medio de la comparación con controles positivos y negativos. Tan solo compara superficialmente los resultados, sin ahondar en el fundamento.

En definitiva, el principal error que se ha encontrado en estos casos es que las actividades son presentadas como divulgativas, y no van unidas al currículo académico. También cabe cuestionar su viabilidad, dado el tipo de químicos que utilizan (drogas, compuestos volátiles... no recomendables para laboratorios de alumnos (Junta de Castilla y León et al, 2019)), los riesgos que implicarían los procesos seguidos, o los equipos necesarios (FT-IR o HPLC, que aunque sean muy frecuentes en laboratorios, no cabe esperar su disponibilidad en centros de secundaria).

Con la unidad presentada en este trabajo se espera poder vencer estas carencias, de manera que la ejecución de las actividades propuestas conlleve también el aprendizaje significativo de los contenidos tratados.

3. ASPECTOS DOCENTES Y PEDAGÓGICOS

3.1. CONTEXTO LEGISLATIVO

A nivel nacional, se encuentran dos leyes actualmente vigentes: la LOE y la LOMCE. A pesar de que la LOE (Ley Orgánica de Educación 2/2006, del 3 de mayo) fue parcialmente derogada por la LOMCE (Ley Orgánica para la Mejora de la Calidad Educativa 8/2013), muchos de sus aspectos aún siguen en vigor y deben ser considerados en el diseño de esta unidad didáctica.

El diseño de la unidad está íntimamente ligado a las normas que rigen los contenidos académicos. El Real Decreto 1105/2014 del 26 de diciembre establece el currículo básico, tanto para la educación secundaria como para bachillerato. Decreto que es completado por la Orden EDU 362/2015 del 4 de mayo, por la que se establece el currículo y se regula la implantación, evaluación y desarrollo de la Educación Secundaria Obligatoria en la comunidad de Castilla y León (BOCYL del 8 de mayo). De especial relevancia para la

asignatura de Física y Química de 4º de ESO (que además pasa a ser optativa en el último ciclo) es la ORDEN EDU/589/2016 del 22 de junio, por la que se regula la oferta de materias del bloque de asignaturas de libre configuración autonómica en tercer y cuarto curso de educación secundaria.

Finalmente, ya que la educación no es una actividad individual, sino que se realiza de forma coordinada en un centro, cabe indicar la importancia del Régimen Orgánico de los Institutos de Educación Secundaria, recogido en el REAL DECRETO 83/1996 del 26 de enero (BOE del 21 de febrero). Texto en el que se recogen los procedimientos y órganos de gobierno que cada centro debe tener: consejo escolar, claustro de profesores, equipo directivo, junta de profesores, comisión pedagógica, etc.

3.2. CONTEXTO SOCIOCULTURAL EN EL CENTRO Y EN EL AULA

La unidad didáctica aquí presentada ha sido diseñada para poder ser implantada en un instituto público de nivel medio, tanto económico como cultural. Al estar dirigida a alumnos de Física y Química de 4º de ESO, siendo optativa a este nivel, se espera que tengan cierto interés por la asignatura. También cabe esperar cierto grado de madurez, sin olvidar que en esta etapa los alumnos experimentan ciertos cambios (físicos, psicomotores y afectivos) que pueden condicionar su rendimiento.

El desarrollo cognitivo del alumnado también será un factor crucial a considerar. Debe tenerse en cuenta que durante esta etapa de la adolescencia (15-16 años), los alumnos comienzan a desarrollar el pensamiento abstracto por medio del uso de operaciones lógico-formales (Carranza, 2010). Lo cual supone un orden superior de pensamiento, caracterizado por la autoregulación de los procesos mentales básicos que intervienen en la cognición. Es decir, el alumno es consciente de su forma de aprender y puede por tanto controlarla (Martin-Bravo & Navarro, 2011).

En cuanto a la clase, se ha optado por considerar una clase tipo de unos 25 alumnos, de nueva matriculación mayoritariamente. No obstante, cabe esperar un amplio rango de aptitudes, desde altas capacidades a dificultades en el aprendizaje, por lo que será crucial la atención individualizada.

4. PROPOSICIÓN Y JUSTIFICACIÓN

Se dice de las generaciones de alumnos actuales que son nativos digitales. Esto hace que hayan estado desde siempre expuestos a multitud de estímulos audiovisuales (como películas, series, videojuegos...), lo cual conlleva que les sea interesante cualquier contenido relacionado. Como ya se ha apuntado, explotar este recurso es el fin de este trabajo.

Para ello, se ha escogido la ciencia forense aplicada a la resolución de un caso criminal. Con esto, se pretende mostrar la importancia de la Química, concretamente las reacciones químicas, en el análisis de las pruebas en un caso delictivo. Esta unidad didáctica está orientada a alumnos de la asignatura de Física y Química de 4º curso de ESO, concretamente a la consecución de los contenidos del bloque de reacciones químicas, aunque también se incluye el trabajo científico. La principal fuente bibliográfica que se ha utilizado para la construcción de esta unidad didáctica ha sido el libro *Química e investigación criminal* (Johll, 2008), que se ha combinado, además, con las prácticas experimentales descritas en *84 experimentos de química cotidiana en secundaria* (González Aguado et al., 2013) y *Experimentos de Física y Química en tiempos de crisis* (Tomás Serrano & García Molina, 2015). Adicionalmente se ha incluido un ejercicio complementario basado en el medioambiente y la contaminación, para lo cual se ha tomado como referencia el informe *Las consecuencias ocultas, el costo de la contaminación industrial* (Greenpeace International, 2011).

5. OBJETIVOS

El objetivo principal es diseñar una unidad didáctica capaz de fomentar la motivación del alumnado en el estudio de las reacciones químicas de la asignatura de Física y Química de 4º de ESO.

Los objetivos parciales para conseguir tal propósito son:

- » Presentar los contenidos dentro de un marco atractivo para los estudiantes, relacionado con sus intereses y que, por tanto, pueda captar su atención.
- » Elaborar un material atractivo y que cumpla con los contenidos de la unidad. Cabe destacar que este deberá estar adaptado a la madurez de cada alumno.
- » Proponer metodologías variadas para la impartición de la unidad.
- » Fomentar las competencias básicas e incluir los temas transversales.
- » Implementar el uso de todos los recursos posibles (TIC, actividades complementarias, experimentales...)
- » Planear actividades que fomenten tanto la participación activa de los alumnos, como el desarrollo de un pensamiento crítico.
- » Promover el reconocimiento de la Química como herramienta para la sociedad.

6. UNIDAD DIDÁCTICA

6.1. CONTEXTUALIZACIÓN

Los destinatarios de esta unidad didáctica, titulada reacciones químicas, son los alumnos de 4º de ESO de la asignatura Física y Química. Forma parte del bloque de cambios químicos, el cual se divide en tres unidades: una primera dedicada a las leyes ponderales, esta unidad para el estudio de los cambios químicos, y otra final de especialización en reacciones químicas de interés (ácido-base, combustión...). La unidad de reacciones químicas se llevará a cabo al comienzo del segundo trimestre.

En cuanto a los conocimientos previos que el alumnado deberá conocer se encuentran la formulación binaria y las leyes de los gases ideales estudiadas en 2º de ESO, la ley de conservación de la masa y la velocidad de reacción en 3º de ESO y la formulación de compuestos ternarios y el manejo de las leyes ponderales estudiadas en el primer trimestre de 4º de ESO. Cabe destacar la diferencia entre el primer ciclo de la enseñanza obligatoria y el segundo, dado que en ambos se estudian los mismos conceptos. Mientras que en el primero la asignatura es obligatoria y tiene un carácter fenomenalista (descripción de los fenómenos a través de su observación), en el segundo ciclo la asignatura de Física y Química pasa a ser optativa y adopta una aproximación más formal (descripción rigurosa de las causas y consecuencias).

Los contenidos estudiados en la unidad de reacciones químicas continuarán desarrollándose en la etapa de Bachillerato. En particular, en el 1º curso se incluirán reactivos limitantes y rendimiento de reacciones, más un tema dedicado a la termoquímica. En 2º de Bachillerato se estudiarán los equilibrios generales, de solubilidad, y de ácido-base.

6.2. COMPETENCIAS

En 1997, los países miembros de la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico) impulsaron el programa PISA (Programa para la Evaluación Internacional de Estudiantes) con el objetivo de comprobar los conocimientos y destrezas de los estudiantes que finalizaban la educación obligatoria. Aunque inicialmente los exámenes de PISA se centraron en las áreas de lectura y matemáticas, pronto se incluyeron un rango más amplio de competencias (Rychen D.S. & Salganik L.H., 2006). Nació así el proyecto DeSeCo (Definición y Selección de Competencias) con el fin de proporcionar un marco para la identificación de las competencias clave (Cantón Mayo, 2011).

En el caso particular de la competencia científica, el examen PISA centró su evaluación en la aplicación del pensamiento científico en situaciones cotidianas. En concreto, PISA define la competencia científica como *“la capacidad de usar el conocimiento científico, de identificar cuestiones y extraer conclusiones basadas en pruebas científicas que permitan comprender y tomar decisiones sobre el medio natural y los cambios*

que sufre en relación con la actividad humana” o lo que es lo mismo, la alfabetización científica (Ministerio de Educación, 2010).

Las recomendaciones europeas de una evaluación por competencias en lugar de por contenidos fueron recogidas por el Sistema Educativo Español y definidas en el Artículo 2 de la Orden ECD/65/2015. Se estipularon ocho competencias clave, entendiendo como competencia la combinación de habilidades prácticas, conocimientos, motivación, valores éticos, actitudes, emociones, y otros componentes sociales y de comportamiento, que se movilizan conjuntamente para lograr una acción eficaz (Ministerio de Educación y Formación Profesional, s.f.). Las ocho competencias clave de la educación española son:

- i. Comunicación lingüística (CCL)
- ii. Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología (CMCT)
- iii. Competencia digital (CD)
- iv. Aprender a aprender (CAA)
- v. Competencias sociales y cívicas (CSYC)
- vi. Sentido de la iniciativa y espíritu emprendedor (SIE)
- vii. Conciencia y expresiones culturales (CEC)

La asignatura de Física y Química debe contribuir al desarrollo de cada una de ellas. No obstante, esta aportación no es pareja, pues unas competencias tienen más peso que otras. Concretamente, la competencia en matemáticas, ciencia y tecnología es la principal de esta asignatura, por lo que se trabajará con más intensidad que el resto. Esta competencia implica aplicar un razonamiento científico para describir e interpretar fenómenos en un contexto. Hecho que lleva también asociado la competencia de aprender a aprender, puesto que el análisis que se realiza supone la identificación de causas y consecuencias, así como una estructuración del conocimiento. A su vez, el trabajo científico está ligado por sus implicaciones en el desarrollo científico-tecnológico al sentido de la iniciativa y espíritu emprendedor (ya que comporta un espíritu crítico y un gusto por resolver problemas) y a las competencias sociales y cívicas (alfabetización científica).

También serán importantes en esta asignatura la competencia lingüística y la digital. Se trabaja la comunicación lingüística mediante la transmisión de ideas tanto en comunicación oral como por medio de documentos científicos. Además, se debe tener en cuenta que la Física y la Química requieren de una especial precisión en el uso de términos. En cuanto a la competencia digital, las TIC podrán ser usadas de apoyo para la comunicación. Bien como soporte para la producción y presentación de trabajos, o como medio para recabar información o simular fenómenos.

Por último, cabría esperar que la competencia de conciencia y expresiones culturales no estuviese relacionada en gran parte con la asignatura, pues la habilidad principal a la que apela es el reconocimiento de manifestaciones culturales. Sin embargo, no debe olvidarse que la biosfera es parte del patrimonio natural y cultural, por lo que contenidos de índole medioambiental contribuirán a esta competencia.

6.3. ELEMENTOS TRANSVERSALES

Aparte de las competencias clave ya descritas, el currículo también considera unos temas transversales cruciales para la formación integral del alumnado. Estos abarcan diferentes aspectos sociales y se clasifican en tres grandes grupos:

- i. Comprensión lectora (CLE), expresión oral y escrita (EOE) y comunicación audiovisual (CAD)
- ii. Tecnologías de la información y la comunicación (TIC)
- iii. Emprendimiento (EMP) y educación cívica y constitucional (ECC).

En particular, la concreción práctica de estos elementos transversales se realizará por medio de: la utilización de textos y exposiciones, el trabajo en equipo (el cual conlleva convivencia y fomenta la igualdad), la búsqueda de una salud responsable, el análisis crítico de los hábitos de consumo y el cuidado del medio ambiente.

6.4. METODOLOGÍA

El marco metodológico que se seguirá es el constructivismo a fin de alcanzar un aprendizaje significativo (Ausubel, Novak, & Hanesian, 1991). Se pretende que, mediante el descubrimiento, los alumnos aumenten sus competencias de una manera autónoma. Para que este proceso de aprendizaje sea eficaz es indispensable la motivación del alumno, la cual se fomentará (como ya se ha apuntado anteriormente) con la utilización de un contexto atractivo para este: la resolución de un asesinato.

Dada la importancia de la resolución de problemas en Ciencia, se utilizará el aprendizaje basado en problemas (ABP) como piedra angular en esta propuesta. Esta estrategia permite incluir las consideraciones constructivistas anteriores, al requerir un análisis de la situación inicial, la selección de conocimientos necesarios, el establecimiento de un plan de resolución, y la evaluación de los resultados. En definitiva, la principal ventaja de esta metodología es el fomento de la experiencia y la reflexión, las cuales conducen a una comprensión más profunda de los contenidos (Navas Martínez, 2006). En particular, el desarrollo de la unidad didáctica se plantea como medio para responder a la pregunta de investigación *¿quién es el asesino?*. Por medio de la resolución de unos problemas ambientados en esta temática se llegará a la resolución del caso.

Un factor clave a considerar es que la metodología empleada debe adaptarse a las necesidades de todos los alumnos. Por ello, se utilizarán diferentes estrategias y recursos, como por ejemplo TIC, resolución de problemas, etc. (Sánchez Delgado, 2011). Entre todas, destaca especialmente el trabajo experimental. Y, en consecuencia, cuenta con un gran peso dentro de las actividades programadas para esta unidad. No obstante, no siempre resulta fácil la realización de prácticas en el laboratorio, bien por falta de recursos o

por material no apto para los alumnos (Junta de Castilla y León, 2019). En la unidad aquí presentada, estas dos dificultades han sido solventadas bien mediante el desarrollo de recursos propios o por el empleo de experiencias de cátedra (y así minimizar el contacto con reactivos), como se detalla en la secuencia de actividades (apartado 6.7). Cabe añadir que las prácticas experimentales además establecen un marco idóneo para el trabajo en equipo y la atención a la diversidad. Se optará por construir grupos heterogéneos, es decir, formados por miembros con distintas capacidades, de manera que cada uno aporte una habilidad y se ayuden entre todos a la hora de realizar la actividad.

En cuanto a la metodología en el aula, el desarrollo de la unidad se dividirá en cinco partes:

1. Una introducción donde se establecerá una conexión con los intereses del alumnado y se recordarán contenidos previos.
2. El estudio de los contenidos de la unidad.
3. La consolidación de los nuevos conocimientos.
4. Una etapa de refuerzo o repaso.
5. Y finalmente, la evaluación.

Durante las sesiones se buscará la participación activa de los alumnos. Se intentará que el profesor limite su actuación a una mera pedagogía dialógica. Es decir, mediante el planteamiento de cuestiones o la sugerencia de actividades, el profesor guiará a los alumnos sin interferir en la autonomía de los alumnos. Cabe mencionar también que en este diálogo será imprescindible utilizar siempre un lenguaje científico riguroso.

6.5. OBJETIVOS Y CONTENIDOS

A continuación, en la Tabla 1 se procederá a indicar los objetivos y contenidos que se tratarán en esta unidad, así como las competencias básicas y los elementos transversales que se trabajarán en cada estándar. Los contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje han sido sacados de la Orden EDU 362/2015, concretamente del bloque 5 tras realizar una organización y división en diferentes unidades.

Tabla 1. Objetivos, criterios de evaluación, estándares de aprendizaje, competencias y elementos transversales para la impartición de la unidad de reacciones químicas.

UNIDAD: REACCIONES QUÍMICAS		Criterios y estándares del BLOQUE 5 del currículo LOS CAMBIOS		
OBJETIVOS: » Comprender el significado de las ecuaciones químicas como expresiones de las reacciones químicas. » Saber escribir y ajustar ecuaciones químicas » Realizar cálculos estequiométricos utilizando el concepto de mol. » Razonar cómo se altera la velocidad de una reacción al modificar alguno de los factores que influyen en la misma				
CONTENIDOS	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE EVALUABLE	COMPE- TENCIAS	E. TRANS- VERSALES
Velocidad de una reacción química y factores que influyen.	2. Razonar cómo se altera la velocidad de una reacción al modificar alguno de los factores que influyen sobre la misma, utilizando el modelo cinético-molecular y la teoría de colisiones para justificar esta predicción.	2.1. Predice el efecto que sobre la velocidad de reacción tienen: la concentración de los reactivos, la temperatura, el grado de división de los reactivos sólidos y los catalizadores.	CCL, CMCT, CD, CAA.	CLE, EOE, CAV, TIC.
		2.2. Analiza el efecto de los distintos factores que afectan a la velocidad de una reacción química ya sea a través de experiencias de laboratorio o mediante aplicaciones virtuales interactivas en las que la manipulación de las distintas variables permita extraer conclusiones.	CCL, CMCT, CA A, SIE.	CLE, EOE, TIC, EMP.
Ecuaciones químicas y su ajuste. Concentración molar. Cálculos estequiométricos.	5. Realizar cálculos estequiométricos con reactivos puros suponiendo un rendimiento completo de la reacción, partiendo del ajuste de la ecuación química correspondiente.	5.1. Interpreta los coeficientes de una ecuación química en términos de partículas, moles y, en el caso de reacciones entre gases, en términos de volúmenes.	CCL, CMCT, CD, CAA, SIE.	CLE, EOE, CAV, TIC.
		5.2. Resuelve problemas, realizando cálculos estequiométricos con reactivos puros y suponiendo un rendimiento completo de la reacción, tanto si los reactivos están en estado sólido como en disolución.	CCL, CMCT, CSYC, CEC.	CLE, EOE, EMP, ECC.

⇒

6.6. RECURSOS DIDÁCTICOS

En esta unidad se utilizarán materiales de elaboración propia, como la colección de problemas, guiones de prácticas y actividades complementarias recogidas en los apéndices. No obstante, los alumnos podrán utilizar su libro de texto como material de consulta. Estas actividades se intercalarán con el uso de TIC, bien en forma de animaciones, simulaciones, o como herramienta de cálculo. Por último, y no por ello menos relevante, el alumnado también contará con los recursos personales que desempeñará el profesor, tanto en forma de explicaciones (clases magistrales, resolución de problemas, etc.) como en acción tutorial.

6.7. SECUENCIA DE ACTIVIDADES

» *SESIÓN 1*

Esta primera clase se realizará en el aula de informática.

Se estima que el inicio de esta unidad tendrá lugar el comienzo del segundo trimestre, por lo que será recomendable recordar las leyes ponderales estudiadas con anterioridad. Concretamente, se deberá hacer hincapié en el concepto de mol y en la ley de conservación de la masa, así como en las diferentes formas de expresar y operar con la concentración. Lo cual, aplicado a una reacción simple (se podría tomar como ejemplo la reacción de formación del agua o del amoníaco), llevará a deducir la importancia de los coeficientes estequiométricos.

Una vez que se haya llegado a esta conclusión, se utilizará la siguiente aplicación mostrada en la Figura 2 para ejercitar y afianzar este conocimiento. Como se puede ver en la figura, el interfaz muestra una reacción y permite modificar los coeficientes estequiométricos de todos los reactivos y productos con el objetivo de llevar a cabo el ajuste estequiométrico. Cuenta con cuatro niveles de dificultad, contando con el de introducción. Este primer nivel cobra gran importancia ya que aparecen unos contadores interactivos para cada átomo, lo cual hace que los primeros ajustes sean más guiados. Una vez que se pasa a los niveles superiores, la dificultad va en aumento, requiriendo ajustes con hasta cuatro coeficientes y de mayor valor. A partir de este momento, no aparecen pistas hasta que el alumno introduce una solución. Si esta no es correcta, tendrá la posibilidad de utilizar una pista. En el caso de que el primer intento sea correcto, el alumno ganará dos puntos, mientras que en el segundo intento se llevará solo uno.

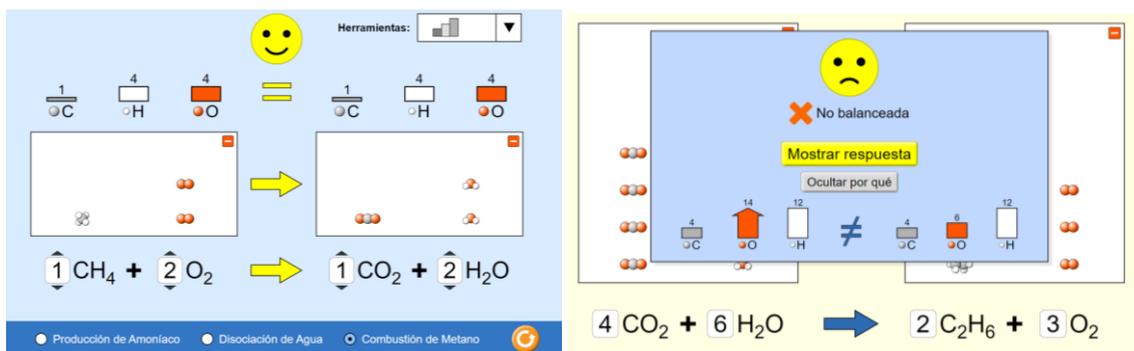


Figura 2. Animación TIC para el estudio del ajuste estequiométrico de reacciones. Disponible a través de https://phet.colorado.edu/sims/html/balancing-chemical-equations/latest/balancing-chemical-equations_es.html.

La primera parte de esta actividad (introducción) será realizada por el profesor combinándola con una explicación en la pizarra, donde se abordarán los conceptos de reacción química, reactivos y productos. Por otro lado, en la segunda parte, los alumnos en parejas realizarán los ejercicios propuestos en estos tres niveles, mientras que el profesor se dedicará a controlar cómo van realizando los ejercicios.

Una vez que se hayan completado todos los ejercicios propuestos, se pedirá a los alumnos que expliquen las estrategias que han seguido, especialmente en las ecuaciones de mayor dificultad. Sobre todo, aquellas en las que se han encontrado que era necesario utilizar fracciones como coeficientes. Finalmente, se explicará un método sistemático para el ajuste estequiométrico (método algebraico) así como la utilización de factores de conversión para establecer relaciones entre reactivos y productos.

En los últimos minutos de clase se procederá a introducir la importancia de las reacciones químicas en la sociedad y en particular para la Química forense, ya que se utilizará esta parte de la ciencia como marco para el desarrollo de estos contenidos. Se presentará también la metodología que se seguirá: en primer lugar, estudiarán en una “academia forense” qué factores tener en cuenta a la hora de estudiar las reacciones, conocimiento que posteriormente utilizarán para resolver un caso criminal: el asesinato de Mr Ratchett.

Con objetivo de afianzar lo estudiado en esta sesión, se pedirá a los alumnos que realicen los ejercicios 1 y 2. Con ellos entrenarán el ajuste de reacciones químicas.

» SESIÓN 2

La sesión se iniciará corrigiendo los ejercicios pendientes de la sesión anterior. La estrategia que se seguirá es preguntar primero a los alumnos qué dificultades han encontrado y cómo las resolvieron. Se optará por una resolución dinámica en la que los alumnos serán los que lean las reacciones ajustadas en voz alta.

Una vez finalizada la fase de introducción (dedicada al ajuste estequiométrico), se continuará con un nuevo bloque que se enmarcará dentro del contexto detectivesco de esta unidad como una “academia en Química forense”, para que aprendan qué se debe tener en cuenta a la hora de analizar las pruebas. Por ejemplo,

qué influencia tiene la temperatura en la escena de un crimen, o los principales métodos de análisis de pruebas. Este último punto dará pie a introducir el cálculo estequiométrico utilizando masas, volúmenes y disoluciones. Los ejercicios 3, 5 y 7 de la hoja de problemas servirán como base para explicar este contenido. Como ya se ha mencionado anteriormente, el método de resolución que se utilizará es el de factores de conversión. Se ha optado por este procedimiento ya que es el más visual a la hora de establecer las relaciones entre reactivos y productos. Además, puede ser empleado en los tres tipos de cálculos anteriores.

Tras la explicación, se dará tiempo en clase para que los alumnos se enfrenten por sí mismos a los ejercicios, pidiéndoles resolver los problemas 4 y 6.

Como tarea para casa deberán leer el texto recogido en el apéndice II y preparar una hoja con las respuestas que deberá ser entregada en la quinta sesión. El texto corresponde a un extracto del libro *El misterioso caso de Styles* de Agatha Christie. En él se detallan los aspectos químicos del crimen, en particular, la formación de un precipitado de estricnina con la adición de bromuro potásico. El hecho de fijar un margen más amplio para la entrega de este tipo de tareas viene justificado por el hecho de dar a los alumnos más libertad y así que aprendan a organizarse por sí mismos, priorizando las actividades más urgentes y poder disponer de tiempo libre.

» SESIÓN 3

La clase comenzará corrigiendo los ejercicios 4 y 6 pendientes de la sesión anterior.

En el tiempo restante de clase, se iniciará la explicación del concepto de velocidad de reacción, y de los factores que pueden afectar a su valor. Debe tenerse en cuenta que los alumnos estudiaron ya la velocidad de reacción en el curso anterior, por lo que la explicación tendrá como objetivo profundizar en este concepto mediante su conexión con el modelo cinético molecular y la teoría de las colisiones explicados en unidades anteriores. Se utilizarán para ello las animaciones mostradas a continuación en la Figura 3 y Figura 4. Estas ilustrarán el efecto de la temperatura y de la concentración. La metodología que se seguirá es proyectar en la pantalla del aula las situaciones iniciales, fijar unas condiciones e iniciar la animación. A medida que esta transcurre, se irán comentando los fenómenos observados. Posteriormente, se reiniciará la animación, pero se modificarán las condiciones iniciales. Se preguntará a los alumnos qué creen que sucederá en esta ocasión respecto a la anterior.

En cuanto a los aspectos más destacables y que han servido para seleccionar estas animaciones cabe resaltar la construcción de una gráfica de concentración tiempo a diferentes temperaturas, y la representación visual de la teoría de choques. Ambas visualizaciones permiten relacionar claramente la influencia del factor (temperatura o concentración) con la velocidad de reacción.

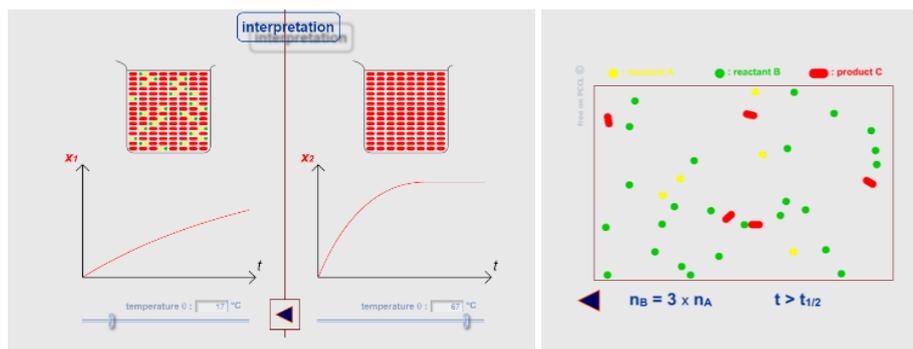


Figura 3. Animaciones para el estudio de la influencia de la temperatura y la concentración en la velocidad de reacción. Disponibles en http://www.physics-chemistry-interactive-flash-animation.com/chemistry_interactive/chemical_kinetics_factor_temperature.htm y http://www.physics-chemistry-interactive-flash-animation.com/chemistry_interactive/chemical_kinetics_factor_concentration.htm.

Es más, la animación de la temperatura permite además observar en detalle la teoría de choques y la reacción a diferentes temperaturas, como muestra la Figura 4. Esta parte servirá para revisar el concepto de energía de activación, estudiado en la unidad anterior.

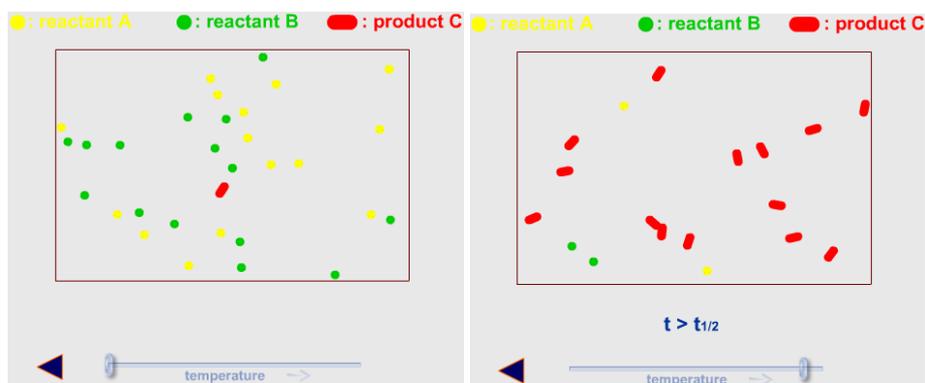


Figura 4. Simulación para repasar el concepto de energía de activación, y la influencia de la temperatura en la velocidad de reacción. Disponible a través de http://www.physics-chemistry-interactive-flash-animation.com/chemistry_interactive/chemical_kinetics_factor_temperature.htm.

Para analizar el efecto del resto de factores, influencia del estado de los reactivos y el uso de catalizadores, se llevarán a cabo conjuntamente en el aula las experiencias descritas en el apéndice IIIa y IIIb. Concretamente, el estudio del estado de los reactivos se llevará a cabo mediante la reacción en estado sólido y líquido del nitrato de plomo(II) y el yoduro de potasio. La intensidad del cambio de color de blanco a amarillo permitirá establecer una comparación entre las velocidades de reacción en los dos estados. Cabe mencionar que, aunque los reactivos no son peligrosos, si existe una toxicidad que hay que tener en cuenta. Es por ello que se realizará con ventilación y al ser una experiencia en común se minimizará la exposición a grandes cantidades. Por otra parte, la práctica de “Cómo pueden llegar a afectar pequeñas cantidades de ciertas sustancias” permitirá comparar el efecto de diferentes catalizadores. Dada la rapidez de alguna de las reacciones, se utilizará un teléfono móvil grabando a cámara lenta para determinar el orden. Los alumnos deberán tomar nota de los hechos que juzgen más significativos para presentarlos en un informe de prácticas que incluirá también la experimentación de la siguiente sesión.

» *SESIÓN 4*

Esta sesión se llevará a cabo en el laboratorio de Química, donde se realizará la práctica descrita en el apéndice IIIc "Produciendo luz con luminol". Con esta práctica se espera terminar con el apartado de velocidad de reacción, estudiando la influencia de la temperatura y la concentración. Para ello se ha diseñado una experiencia que combina ambos factores. Cada grupo de prácticas preparará la reacción del luminol con hipoclorito sódico (lejía) a unas determinadas condiciones de concentración y temperatura. Una vez que las disoluciones estén listas, se llevarán a cabo las reacciones simultáneamente para que los alumnos puedan comparar qué efecto tiene cada factor. El análisis se realizará de forma cuantitativa midiendo con la aplicación Phyphox (algunos dispositivos Android tienen disponible un sensor de luz) la intensidad de luz emitida. Esto proveerá los datos necesarios para que los alumnos dibujen la gráfica intensidad de luz y temperatura/concentración.

Cabe destacar la novedad de utilizar el luminol como reactivo, al ser un producto muy atractivo por aparecer en muchas películas y series policíacas. Tal y como se indica en su hoja de seguridad no es una sustancia peligrosa (en concreto no recoge ninguna indicación de peligro H). Tampoco su precio es muy excesivo. Se pueden adquirir 5 g en Cymit Química por 41,00 €. Teniendo en cuenta que en cada curso se utilizarán menos de 0,5 g, y que adoptando los cuidados oportunos para evitar su oxidación (cerrar bien el recipiente y no someterlo a altas temperaturas), la compra será ampliamente rentabilizada.

Al final de la clase, se explicará qué contenidos deben incluir en el informe de prácticas y se acordará un día de entrega. El informe deberá describir el procedimiento seguido, añadiendo cualquier mejora o dificultad que hayan encontrado, así como la respuesta a las preguntas formuladas.

» *SESIÓN 5*

Una vez adquiridos los conocimientos necesarios sobre ciencia forense, se presentará el caso de estudio que se analizará en esta unidad. Se trata del asesinato de Mr Ratchett. Se utilizarán las fichas mostradas en las Figura 5 y Figura 6, donde se presenta a la víctima y los principales sospechosos del caso. Se especificará además la urgencia del caso. De ahí que sea necesario haber estudiado todas las posibles causas de la muerte antes de que lleguen los resultados del laboratorio forense.



Mr Ratchett

Cansado de que su familia cuente con su fortuna sin intención alguna de trabajar, decidió desheredarles. Tres días después de informarles sobre su decisión, fue encontrado muerto en su estudio.

La policía sospecha de que ha sido un asesinato, pues el señor Ratchett presentaba una buena salud cuando la semana pasada pasó la revisión por su diabetes.

Las pruebas que se han recogido de la escena son:

- Material de fotografía, uno de sus hobbies
- Unas latas de refresco en la basura
- Una porción de tarta espolvoreada con un polvo blanco
- Testigos afirman haber oído un ruido seco y ensordecedor

Figura 5. Carta de presentación del señor Ratchett, la víctima en el caso de estudio propuesto.

Los sospechosos

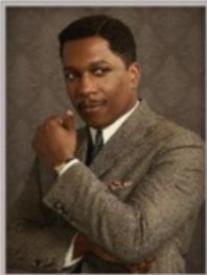
 <p>Mr John, su hijo</p> <p>Nunca ha conseguido nada por si mismo, sino todo gracias a su padre.</p> <p>Le acaban de expulsar de la facultad de Química</p>	 <p>Miss Mary, su sobrina</p> <p>Contaba con su herencia para poder vivir lujosamente en París.</p> <p>Odia trabajar en la farmacia de su padre.</p>	 <p>Ms Agnes, su hermana</p> <p>Ha dedicado su vida a cuidar a su hermano.</p> <p>Era la encargada de su medicación.</p>	 <p>Mr Conrad, su socio comercial</p> <p>Comenzaron hacer negocios juntos hace unos meses.</p> <p>Le encanta practicar tiro.</p>
---	--	---	--

Figura 6. Carta de presentación de los sospechosos en el caso de estudio propuesto.

Se comenzará analizando el material de fotografía de Mr Ratchett. Para ello se realizarán los ejercicios 9 y 8. Mientras que el primero sirve para afianzar lo visto hasta ahora, el segundo incluye la novedad de utilizar reactivos en disolución. Por lo que será necesario explicar detalladamente esta variante. Se ha optado por

realizar estos dos ejercicios seguidos para que los alumnos comprueben que el procedimiento es el mismo: a partir del dato proporcionado ir retrocediendo hasta el reactivo o producto que piden, siempre teniendo en cuenta las unidades, que sirven como guía. En el caso del problema con disoluciones, aun utilizando factores de conversión, se desglosará la resolución en cuatro partes:

- i. Escritura y ajuste estequiométrico de la reacción. Se escribirá debajo de cada reactivo o producto los datos del problema.
- ii. Expresar los datos en moles (unidad con la que se pueden relacionar los reactivos y productos). En este caso, se calcularán los moles de dióxido de sulfuro que se producirían.
- iii. Como lo que se busca es el volumen de ácido clorhídrico, es necesario conocer los moles que reaccionan para la cantidad anterior de dióxido de sulfuro. A través de una relación estequiométrica se puede conocer este valor.
- iv. Una vez que se saben los moles de ácido que reaccionan, se puede calcular el volumen necesario a través del dato de la molaridad.

Para completar los ejercicios con disoluciones se realizarán los problemas 13 y 14, centrados en el análisis de posibles causas de muerte natural. El problema 13 es similar al anterior, mientras que el problema 14 incluye más dificultades: en el primer apartado pregunta por una concentración y como prepararla, y en el segundo resultan datos tan pequeños que es necesario un cambio de unidades (en particular μL).

Una vez que ya se han visto los tres casos en los que se pueden pedir el resultado (gramos de una sustancia, volumen de un reactivo o producto gaseoso, y volumen de una disolución), se podrá construir con los alumnos el diagrama de flujo recogido en la Figura 7.

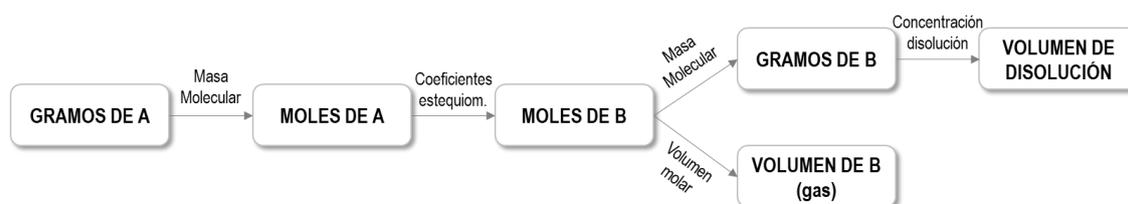


Figura 7. Procedimiento esquemático de cálculo para la resolución de los problemas de esta unidad.

Los ejercicios de esta sesión están relacionados con la salud, lo cual dará pie a presentar la actividad experimental que se realizará en la siguiente sesión. Esta consistirá en medir el azúcar de bebidas como zumos o refrescos. Se pedirá a los alumnos que traigan ellos los refrescos. Se puede insistir en que escojan sus favoritas, pero que también se pongan de acuerdo para que haya una amplia gama. Se incidirá en la importancia de que hayan leído el guion experimental antes de realizar la práctica.

Finalmente, se indicará a los alumnos que ya tienen todos los conocimientos necesarios para resolver los ejercicios propuestos, y que sería conveniente que los tuviesen hechos para la séptima sesión. Es aconsejable dedicar los últimos minutos de la sesión a comentar estos ejercicios, de manera que, describiendo los pasos para su resolución, se identifiquen las posibles dificultades y así que los alumnos

no se bloqueen a la hora de resolverlos. En particular, el ejercicio 11 es muy sencillo, pues el ajuste y los cálculos son evidentes. El ejercicio 10 cumpliría un grado más de dificultad: encadena dos reacciones fáciles de ajustar. Por otra parte, para profundizar en el ajuste estequiométrico se dispone de los problemas 12, 15 y 16. Entre estos destaca el ejercicio 15 por incluir también tanto cálculos de masas como de volúmenes. Se les hará saber que serán ellos los que saldrán a la pizarra a explicar el problema a sus compañeros. Actividad que formará parte de su evaluación.

» *SESIÓN 6*

La práctica descrita en el apéndice III d "Análisis del contenido en azúcares de bebidas carbonatadas" se engloba dentro de las celebraciones para conmemorar el centenario del descubrimiento de la insulina que se celebrarán en el año 2021 (año en el que esta propuesta podrá ser implantada en un centro). El objetivo de la práctica es concienciar sobre el abuso en el consumo de azúcares.

Se analizarán las bebidas que aporten los alumnos. Mediante el procedimiento descrito en el apéndice III d, se llegará a obtener unas muestras con distintas intensidades de azúcares, que se compararán con una línea de calibrado realizada con sacarosa (azúcar común). Lo deseable sería poder disponer de un espectrofotómetro para poder traducir las intensidades en valores numéricos con los que trabajar en gráficas y en tablas. Desafortunadamente, no es un equipo que se pueda esperar encontrar en un laboratorio de un centro de secundaria. Sin embargo, existe la posibilidad de construir uno gracias al prototipo descrito por Ferradas (2015).

Al igual que con las prácticas anteriores, se acordará un día de entrega del informe.

» *SESIÓN 7*

En la quinta sesión se pidió a los alumnos que completasen los ejercicios pendientes (10, 11, 12, 15, 16). Se seleccionará a tres alumnos para que salgan a la pizarra y expliquen el problema a sus compañeros. Dado el diferente grado de dificultad que ya se ha descrito anteriormente, se utilizarán como medida de atención a la diversidad, pues permite seleccionar la complejidad de acuerdo a las capacidades individuales del alumnado. La explicación se utilizará como una prueba oral en la que se evaluará no solo el contenido, sino también el vocabulario empleado, la soltura y el ritmo. No se interrumpirá la exposición a no ser que haya un error flagrante. Si es necesario realizar aclaraciones o preguntas (por parte del profesor o del alumnado) se realizarán al final.

Los dos ejercicios que hayan quedado sin corregir serán resueltos por el profesor en la pizarra.

En la última parte de la sesión, se resolverá el caso. Se indicará que los resultados del laboratorio forense han hallado un déficit de calcio (posiblemente sustituido por estroncio) y un altísimo nivel de azúcar en

sangre. Se dejará que los alumnos saquen sus propias conclusiones y discutan entre ellos. Deberán llegar por consenso a una recomendación final para que la policía continúe investigando. De los cuatro posibles sospechosos, Mr Conrad queda excluido por no corroborarse el ruido ensordecedor ni el consecuente ataque al corazón. Tanto Mr John como Miss Mary han podido tener acceso a estroncio. Pero el hecho de que se haya encontrado una combinación de envenenamiento y alto nivel de azúcar en sangre parece apuntar a que han sido Miss Mary y Ms Agnes las que han conspirado para asesinar a Mr Ratchett.

Al final de la clase se les repartirá la hoja de autoevaluación (apéndice IV) con problemas para que trabajen individualmente y afiancen los principales conceptos de la unidad.

» SESIÓN 8

Se facilitará a los alumnos la hoja de soluciones a los ejercicios de autoevaluación (también incluida en el apéndice IV) para que se autocorrijan y autoevalúen. Se hará especial hincapié en estos ejercicios, pues serán similares a los de evaluación

También se dedicará esta sesión a resolver las posibles dudas que los alumnos puedan tener. Cabe destacar que no se propondrán ejercicios nuevos, sino que se explicarán aquellos puntos en los que los alumnos tengan dudas. Si no hubiese una participación activa (es decir, no se propusiesen preguntas o no se señalasen dificultades en la resolución de problemas por parte de los alumnos), se comenzará con la siguiente unidad.

6.8. EVALUACIÓN

Se utilizarán tres tipos de pruebas para la evaluación: pruebas escritas, orales y la observación directa. Estas permitirán contar con una gran variedad de información. Las pruebas escritas contarán el 60% (siendo el examen la fuente con más peso debido a su objetividad), las pruebas orales un 30% y un 10% la observación.

En cuanto a las pruebas escritas, a parte del examen, se contabilizarán la actividad asociada al texto de Agatha Christie y los informes de laboratorio. Estas pruebas se realizarán de forma individual, y deben reflejar rigor científico (lenguaje científico y análisis crítico), esfuerzo y originalidad. Cabe mencionar que el examen propuesto (recogido en el apéndice V) difiere en el planteamiento del enunciado respecto a los demás ejercicios. Mientras que todos los problemas realizados hasta ahora incluían una breve descripción de la situación o utilidad, los ejercicios de evaluación plantean directamente la cuestión. El objetivo es doble: por una parte evitar que los alumnos puedan confundirse o deriven en el planteamiento; y por otra parte, se busca que se vayan acostumbrando a enunciados como los que se encontrarán en cursos superiores.

La prueba oral consistirá en la explicación de un problema. Dado que no es viable que todos los alumnos realicen esta prueba en todas las unidades, se seleccionará a tres alumnos en cada tema de manera que, al final de curso, todos hayan salido a la pizarra al menos dos veces. Durante esta exposición se valorará la consecución del objetivo, además de la claridad, el uso de vocabulario científico, y el ritmo de la comunicación.

Por último, las observaciones serán llevadas a cabo por el profesor en base al comportamiento del alumno. Se tendrá en cuenta el respeto al profesor y a los compañeros, el trabajo en equipo, la actitud, la iniciativa y la participación en el desarrollo de las clases.

6.9. ATENCIÓN A LA DIVERSIDAD

No todos los alumnos tienen las mismas capacidades, sino que estas están condicionadas tanto por sus características individuales como por el entorno que les rodea. Por tanto, cada alumno necesitará de una atención individualizada en función de sus motivaciones, intereses y capacidades para que progrese todo lo que le sea posible (Coll, Palacios, & Marchesi, 2004).

A nivel de programación, se han tenido en cuenta una serie de hitos para asegurar que la acción docente se adapta a las necesidades específicas en cada situación. La unidad comenzará con un diálogo en el que se comprobarán los conocimientos previos y los posibles errores conceptuales que los alumnos puedan arrastrar. El desarrollo de los contenidos se realizará de la forma más ordenada posible, además de combinarlos con abundantes actividades con diferentes grados de complejidad. Estas actividades se adaptarán tanto a los alumnos con dificultades en el aprendizaje (presentando los ejercicios de una manera más simplificada y fácil de entender) como a los que tengan altas capacidades. A estos últimos se les sugerirán ejercicios que requieren profundizar en el contenido. Estos han sido marcados con el símbolo de la Figura 8 para indicar que requieren un razonamiento más complejo.



Figura 8. Símbolo para denotar los ejercicios que requieren un razonamiento más complejo.

También se han incluido en la programación unas actividades de autoevaluación, que servirán como ejercicios de consolidación. El alumno podrá utilizar este material para comprobar sus conocimientos y como modelo en la resolución de actividades similares.

Finalmente, queda añadir que el diseño de esta unidad no es inmutable, sino que se modificará y adaptará a las necesidades que se detecten para así garantizar la eliminación de todos los obstáculos que puedan surgir en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

7. CONCLUSIONES Y REFLEXIONES FINALES

Este trabajo nace como consecuencia del actual viraje de la educación hacia la utilización de metodologías innovadoras, capaces de relacionar los contenidos a estudiar con la realidad del alumno, y, en consecuencia, fomentar su motivación. Concretamente, en esta monografía se ha escogido hacer uso de un contenido audiovisual recurrente en películas y series: la Química forense. La cual ha servido para enmarcar los contenidos correspondientes al estudio de las reacciones químicas en la asignatura de Física y Química de 4º de ESO.

El resultado ha sido la unidad didáctica aquí propuesta. Esta se caracteriza por la utilización de una metodología activa, basada en la autoconstrucción del conocimiento, concretamente mediante el aprendizaje basado en problemas, para así alcanzar un aprendizaje significativo. Hecho que se consigue a través de numerosas estrategias y recursos (TIC, trabajo cooperativo, experimental, etc.), de entre las que destaca el trabajo experimental. Se han propuesto prácticas altamente atractivas tanto por los contenidos (utilización del luminol mostrado en las películas policíacas o el análisis de refrescos), como por los métodos utilizados (desde aplicaciones móviles a espectrofotómetros caseros).

El principal punto fuerte de esta propuesta es la combinación del marco con los contenidos. Hecho en el que muchos de los trabajos en este ámbito presentan severas carencias. También destaca por cumplir con el fomento de las competencias básicas y temas transversales que el sistema de educación actual requiere. En especial, se han planteado actividades que cubren todos estos hitos, hasta los menos relacionados con esta disciplina.

En definitiva, se trata de una unidad fácilmente implantable en cualquier instituto, pues tan solo requiere de aulas, ordenadores y un laboratorio. No obstante, también es necesario analizar los posibles inconvenientes que se puedan encontrar. Uno de los principales problemas a la hora de llevar a cabo una programación es la temporalización. A pesar de que se ha tomado como referencia la práctica observada, el avance deberá adaptarse al ritmo de aprendizaje del alumnado, por lo que, en esta situación, el docente debe juzgar qué actividades eliminar de la programación.

En cuanto al trabajo futuro, sería deseable construir una programación anual cuyas unidades fuesen casos de estudio de este tipo. Estas podrían ser bien de otras temáticas (por ejemplo: deporte para Cinemática o Dinámica, las historietas detrás del descubrimiento de los elementos, las similitudes entre la química y la

cocina, etc.) o continuar con las ciencias forenses (persecuciones para Cinemática, análisis de pruebas atómicas, explosiones para el estudio de gases, etc.).

8. BIBLIOGRAFÍA

ARTÍCULOS

Caamaño, A. (2011a). Contextualización, indagación y modelización. Tres enfoques para el aprendizaje de la competencia científica en las clases de química. *Aula de innovación educativa*, 207, 17-21.

Caamaño, A., & Oñorbe, A. (2004). La enseñanza y el aprendizaje de la química: conceptos y teorías, dificultades de aprendizaje y replanteamientos curriculares. *Alambique: didáctica de las ciencias experimentales*, 51, 68-81.

Cresswell, S. L., & Loughlin, W. A. (2015). An Interdisciplinary Guided Inquiry Laboratory for First Year Undergraduate Forensic Science Students. *Journal of Chemical Education*, 92(10), 1730-1735. doi: 10.1021/acs.jchemed.5b00183.

Cresswell, S. L., & Loughlin, W. A. (2017). A Case-Based Scenario with Interdisciplinary Guided-Inquiry in Chemistry and Biology: Experiences of First Year Forensic Science Students. *Journal of Chemical Education*, 94(8), 1074-1082. doi: 10.1021/acs.jchemed.6b00827.

Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111(23), 8410-8415. doi: 10.1073/pnas.1319030111.

Furió Mas, C. (2006). La motivación de los estudiantes y la enseñanza de la Química una cuestión controvertida. *Educación Química* 17(1), 222-227.

Guerra Retamosa, C. (2005). Náufragos, amantes y aventureros en el aula. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(2), 173-182. doi: http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2005.v2.i2.05.

Last, A. M. (2012). Chemistry in Victorian Detective Fiction: "A Race with the Sun". *Journal of Chemical Education*, 89(5), 636-639. doi: 10.1021/ed200110z.

Méndez Coca, D. (2015). Estudio de las motivaciones de los estudiantes de secundaria de física y química y la influencia de las metodologías de enseñanza en su interés. *Educación XX1*, 18(2), 215-235. doi: 10.5944/educXX1.14602.

Meyer, A. F., Knutson, C. M., Finkenstaedt-Quinn, S. A., Gruba, S. M., Meyer, B. M., Thompson, J. W., . . . Haynes, C. L. (2014). Activities for Middle School Students To Sleuth a Chemistry “Whodunit” and Investigate the Scientific Method. *Journal of Chemical Education*, 91(3), 410-413. doi: 10.1021/ed4006562.

Parchmann, I. (2011). La enseñanza de la química y el año internacional de la química. Oportunidades para mejorar la comprensión y el interés de los estudiantes. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 69, 8-20.

Ravgiala, R. R., Weisburd, S., Sleeper, R., Martinez, A., Rozkiewicz, D., Whitesides, G. M., & Hollar, K. A. (2014). Using Paper-Based Diagnostics with High School Students To Model Forensic Investigation and Colorimetric Analysis. *Journal of Chemical Education*, 91(1), 107-111. doi: 10.1021/ed300261a

Reigosa, C. E. (2010). Una experiencia de resolución de problemas de física y química en el laboratorio de ESO. *Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales* 65, 110-116.

Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H., & V., H. (2008). Science education now: a new pedagogy for the future of Europe. Resumen en español: enseñanza de las ciencias ahora: una nueva pedagogía para el futuro de Europa *Alambique: didáctica de las ciencias experimentales*, 55, 104-117.

Southward, R. E., Hollis, W. G., & Thompson, D. W. (1992). Precipitation of a murder: A creative use of strychnine chemistry in Agatha Christie's *The Mysterious Affair at Styles*. *Journal of Chemical Education*, 69(7), 536. doi: 10.1021/ed069p536.

DOCUMENTOS ELECTRÓNICOS

Ferradas Hernando, A. (2015). Diseño y construcción de un espectrofotómetro y su aplicación a prácticas de Bachillerato. Máster en Profesor de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanzas en Idiomas, especialidad de Física y Química, Universidad de Valladolid.

Greenpeace International (2011). Hidden consequences: the costs of industrial water pollution on people, planet and profit. Accedido el 21/05/2019, en <https://www.greenpeace.org/archive-international/Global/international/publications/toxics/Water%202011/Hidden%20Consequences.pdf>

Ministerio de Educación (2010). Ciencias en PISA, pruebas liberadas. Accedido el 14/06/2019 en <https://www.mecd.gob.es/dctm/evaluacion/internacional/ciencias-en-pisa-para-web.pdf?documentId=0901e72b8072f577>.

Ministerio de Educación y Ciencia. (2001). Los desafíos de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en la Educación. Publicaciones del Ministerio de Educación y Ciencia.

Junta de Castilla y León, Conserjería de la Presidencia, & Viceconsejería de Función Pública y Gobierno Abierto. (2019). Manual de gestión del manejo de productos químicos en los laboratorios de centros docentes en la Administración de la Comunidad de Castilla y León y sus Organismos Autónomos.

ENLACES WEB

Ministerio de Educación y Formación profesional (2019). Anuario estadístico. Las cifras de la educación en España. Accedido el 04/06/2019 en <http://www.educacionyfp.gob.es/servicios-al-ciudadano-mecd/estadisticas/educacion/indicadores-publicaciones-sintesis/cifras-educacion-espana.html>.

Ministerio de Educación y Formación Profesional (s.f.). LOMCE. Competencias clave. Accedido el 23/05/2019 en <http://www.educacionyfp.gob.es/educacion/mc/lomce/el-curriculo/curriculo-primaria-eso-bachillerato/competencias-clave/competencias-clave.html>.

Phet Interactive Simulations, University of Colorado (2019) Balancing Chemical Equations. Accedido el 20/05/2019 en https://phet.colorado.edu/sims/html/balancing-chemical-equations/latest/balancing-chemical-equations_es.html.

Physics and Chemistry by Clear Learning (2019) Chemical kinetics: 14. Factor affecting a reaction rate: temperature. Accedido el 20/05/2019 en http://www.physics-chemistry-interactive-flash-animation.com/chemistry_interactive/chemical_kinetics_factor_temperature.htm.

Physics and Chemistry by Clear Learning (2019) Chemical kinetics: 15. Factor affecting a reaction rate: concentration. Accedido el 20/05/2019 en http://www.physics-chemistry-interactive-flash-animation.com/chemistry_interactive/chemical_kinetics_factor_concentration.htm.

LIBROS

Ausubel, D. P., Novak, J. D., & Hanesian, H. (1991). Psicología Educativa. Un punto de vista cognoscitivo (Segunda Edición ed.). México: Editorial Trilla.

Caamaño, A. (2011b). Los trabajos prácticos en Física y Química: interpretar e investigar Didáctica de la Física y la Química (Vol. 2). Barcelona Graó.

Cantón Mayo, I. (2011). Competencias básicas y objetivos del aprendizaje. En Cantón Mayo I. & Pino-Juste M. (Eds.), Diseño y desarrollo del currículo. Madrid: Alianza Editorial.

Carranza, J.A. (2010). Manual de prácticas de psicología del desarrollo. Murcia: Editum

Christie A. (1989). El misterioso caso de Styles. Barcelona: Editorial Molino.

Coll, C., Palacios, J., & Marchesi, A. (2004). Desarrollo psicológico y educación. Psicología de la educación escolar. Madrid: Alianza Editorial.

González Aguado, M. E., Artigue Alonso, M. B., Lozano Martínez, M. T., Markina Galindez, M. C., & Mendizabal Uliarte, A. (2013). 84 experimentos de química cotidiana en secundaria. Barcelona: Graó.

Johll, M. E. (2008). Química e investigación criminal. Una perspectiva de la ciencia forense. Barcelona Reverté.

Kakalios, J. (2006). La Física de los superhéroes Barcelona: Robinbook.

Lozano, O. R., & Solbes, J. (2014). 85 experimentos de física cotidiana. Barcelona Graó.

Martín-Bravo, c. y Navarro, J.I. (2011). Psicología para profesores de educación secundaria y bachillerato. Madrid: Pirámide.

Navas Martínez A. (2006). Diseño de una programación dinámica atendiendo a la diversidad. En Cano Vela A.G. y Nieto López E. (Ed), Programación didáctica y de aula : de la teoría a la práctica docente. Cuenca: Universidad de Castilla-La Mancha.

Pintó, R. (2011). Las tecnologías digitales en la enseñanza de la Física y la Química. En Caamaño A. (Ed.), Didáctica de la Física y la Química (Vol. 2). Barcelona Graó.

Rychen D.S., & Salganik L.H. (2006). Las competencias clave para el bienestar personal, social y económico. Aljibe.

Sánchez Delgado, P. (2011). Métodos, principios y estrategias didácticas. En Cantón Mayo I. & Pino-Juste, M. (Eds.), Diseño y desarrollo del currículum. Madrid Alianza Editorial.

Tomás Serrano, A., & García Molina, R. (2015). Experimentos de Física y Química en tiempos de crisis. Murcia: Universidad de Murcia, Servicio de Publicaciones.

NORMATIVAS

Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación, LOE. Boletín Oficial del Estado (04/05/2006), 106, 17158-17207. Disponible en: <https://www.boe.es/boe/dias/2006/05/04/pdfs/A17158-17207.pdf>.

Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa, LOMCE. Boletín Oficial del Estado (10/12/2013), 295, 12886-12950. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/pdf/2013/BOE-A-2013-12886-consolidado.pdf>.

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. BOE-A-2015-738

ORDEN EDU/362/2015, de 4 de mayo, por la que se establece el currículo y se regula la implantación, evaluación y desarrollo de la educación secundaria obligatoria en la Comunidad de Castilla y León. Boletín Oficial de Castilla y León (08/05/2015), 86, 32051-32480. Disponible en: <https://www.educa.jcyl.es/es/resumenbocyl/orden-edu-362-2015-4-mayo-establece-curriculo-regula-implan>.

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 (03/01/2015), 3, 169-546. Disponible en: <https://www.boe.es/boe/dias/2015/01/03/pdfs/BOE-A-2015-37.pdf>.

Real Decreto 83/1996, de 26 de enero, por el que se aprueba el Reglamento Orgánico de los Institutos de Educación Secundaria. BOE-A-1996-3834.