



Facultad de Educación

MÁSTER EN FORMACIÓN DEL PROFESORADO DE EDUCACIÓN SECUNDARIA

“QUÍMICA ELEMENTAL, QUERIDO WATSON”:

Una propuesta didáctica del uso de la literatura como herramienta en la enseñanza de la química

“ELEMENTAL CHEMISTRY, DEAR WATSON”:

A didactic proposal to use literature as a tool in teaching chemistry

Alumna: Lara Saiz Presmanes

Especialidad: Física, química y tecnología

Directora: María del Carmen García Alonso

Curso: 2015/2016

Fecha: Octubre 2016

Resumen

En este trabajo se hace una propuesta didáctica enfocada a enriquecer el proceso de enseñanza-aprendizaje de la química mediante el uso de la literatura, fomentando a su vez el hábito lector entre los alumnos del Bachillerato de ciencias. Para ello se propone la lectura de la novela “Estudio en escarlata” de Arthur Conan Doyle, protagonizada por el famoso detective Sherlock Holmes. Esta novela ayudará a los alumnos a comprender conceptos abstractos de la química, aportando un contexto a los contenidos estudiados en clase, y generando interés por esta ciencia experimental. Se ha diseñado un conjunto de actividades didácticas que incluyen tertulias científicas, proyectos de investigación e incluso prácticas de laboratorio.

Palabras clave: Propuesta didáctica, Química, Literatura, Fomento de la lectura

Abstract

This thesis presents a didactic proposal focused on enriching the teaching process in chemistry by using literature, while promoting the reading habit among students of pre-university courses. To that end is proposed the novel "A Study in Scarlet" by Arthur Conan Doyle, starring the famous detective Sherlock Holmes. This novel will help students understand abstract concepts of chemistry, providing a context to the contents studied in class, and generating interest for this experimental science. It has designed a set of educational activities including scientific discussions, research projects and even lab sessions.

Keywords: Didactic proposal, Chemistry, Literature Promotion of Reading

ÍNDICE

1. Introducción	1
2. Justificación e importancia del tema	3
3. Marco teórico	9
3.1 El uso de la literatura en las ciencias experimentales	9
3.2 Ejemplos de experiencias didácticas en este ámbito	13
3.3 La novela detectivesca: Un género literario con mucha química	18
4. La ciencia de Sherlock Holmes	22
4.1 La ciencia de la deducción	23
4.2 La presentación del personaje: “un químico de primera”	25
4.3 Rios de tinta acerca de la química holmesiana	31
5. Propuesta didáctica para el aula	34
5.1 Apuntes previos para el docente	34
5.1.1 Química forense como arma en la lucha contra el crimen	35
5.1.2 Las pruebas de detección de sangre en el siglo XIX	36
5.1.3 La prueba de detección de sangre de Sherlock Holmes	39
5.2 Desarrollo de la propuesta didáctica	43
5.2.1 Objetivos	44
5.2.2 Secuenciación de las actividades	46
5.2.3 Propuesta de calendario para las actividades	47
6. Conclusiones y posibles ampliaciones	49
BIBLIOGRAFÍA	52
ANEXOS	56

1. Introducción

Todo profesor¹ de ciencias siente una especial preocupación por el poco interés que muestran los alumnos de secundaria por las materias de ciencias, ya sea por la dificultad intrínseca de las mismas, o simplemente porque las consideran ajenas a su mundo y carentes de sentido. La materia de física y química en concreto, es una de las que más rechazo genera entre el alumnado de ESO, y no son muchos los alumnos que la escogen en el momento que pasa a ser optativa, a no ser que tengan claro que en el futuro seguirán estudios de alguna disciplina científico-técnica. Eso hace que la modalidad del Bachillerato de Ciencias acostumbre a tener significativamente menos alumnado que el de Humanidades, y por consiguiente, cada vez menos alumnos encaminen sus estudios superiores hacia las áreas científicas y tecnológicas.

Esta tendencia es muy preocupante en una sociedad como la nuestra, en la que la ciencia y la tecnología cada vez tienen más peso. De un siglo a esta parte, la humanidad ha adquirido más conocimientos científicos y tecnológicos que en el resto de su historia, y además esos avances tienen una repercusión directa en el desarrollo de los países y en la vida diaria de las personas. Sin embargo, la mayor parte de la población no tiene una cultura científica mínima suficiente como para comprender estos avances.

En este contexto una disminución de las vocaciones científicas entre el alumnado es un acuciante problema, ya que es de esperar que en las próximas décadas el ritmo de descubrimientos científicos y adelantos tecnológicos siga en vertiginoso ascenso. Es imprescindible preparar hoy a los adultos del mañana para que estén a la altura de ese futuro, alcanzando una alfabetización científica que les permita ser ciudadanos responsables, capaces de comprender, analizar y sopesar las informaciones que reciben, personas capaces de tomar decisiones de forma reflexiva y argumentada.

¹ A lo largo de este trabajo, y con el fin de facilitar la lectura del texto, se hará uso del masculino genérico así como de sustantivos colectivos para referirse a las personas de ambos sexos, sin que eso signifique la utilización del uso sexista del lenguaje ni de las connotaciones que él implica.

Pero aprender ciencias no es una tarea sencilla. La opinión de los alumnos es que es difícil y aburrida y los profesores de ciencias dedican gran parte de su tiempo a tratar de llevar a cabo metodologías innovadoras que consigan hacerle frente a esos preconceptos negativos, y faciliten y promuevan un incremento en la elección de estudios superiores en los campos científico y tecnológico.

En mi caso, como futura docente de física y química, reflexiono sobre los intereses que me llevaron a despertar la vocación científica, y llego a la conclusión de que sin duda, lo que más contribuyó fue mi primera gran pasión: la lectura. El hábito lector estaba afianzado en mí desde la infancia, pero fue en la adolescencia temprana cuando comencé a leer libros en los que de una manera u otra estaba presente la ciencia. Entre mis autores favoritos en mi etapa juvenil estaban Julio Verne, Conan Doyle y Edgard Allan Poe, todos ellos escritores de obras en las que la diversas ramas de la ciencia (física, química, medicina, astronomía, matemáticas...) son parte importante de la trama de la historia. La lectura de estos autores despertó en mí una precoz corriente de simpatía hacia el conocimiento científico, que con el tiempo se fue afianzando con la lectura de libros de divulgación científica. El mío no es un caso aislado, ya que muchos científicos y profesores de ciencias reconocen que en la elección de su actividad profesional pesó más la lectura de autores como Verne, Asimov, Doyle y otros, que la enseñanza escolar de las ciencias (Chapela, 2014; Solbes & Traver, 2014; Waddell & Rybolt, 2011). Esta fue la idea inspiradora que me animó a indagar sobre el uso de la narrativa en las clases de ciencias, encontrando multitud de casos en los que docentes de áreas científicas han utilizado textos literarios como una herramienta en la enseñanza de diferentes disciplinas científicas. En el marco teórico de este trabajo (apartado 3) se presenta una revisión sobre un gran número de experiencias docentes en este sentido, tanto en nuestro país como a nivel internacional. Los buenos resultados que estos docentes reportan, tanto desde el punto de vista del aprendizaje de la materia, como desde el punto de vista del fomento de la lectura en los alumnos, me decidieron a dedicar a este tema mi TFM.

La propuesta didáctica que se va a presentar consiste en el uso de la literatura como herramienta para el estudio de las ciencias experimentales, en concreto de la química. Para ello he escogido una figura literaria universalmente conocida, como es el detective victoriano Sherlock Holmes, personaje de ficción

creado por Arthur Conan Doyle. El apartado 4 de este trabajo está dedicado a las referencias a la ciencia en general, y a la química en particular, que podemos encontrar entre sus obras. Efectivamente, la química era una de las aficiones Sherlock Holmes, y podemos encontrar numerosas referencias a ella en sus aventuras. Pero no sólo aparecen referencias a la química, sino también a otras ramas de la ciencia, como la astronomía, medicina, matemáticas, física, biología, etc. Y sobre todo, y por encima de todas las cosas, Sherlock Holmes fue un precursor del uso del método científico en las investigaciones criminales. Podríamos decir que es el padre de todos los investigadores de las series de CSI que pueblan las parrillas televisivas y que tanto gustan a los adolescentes, y que por lo tanto puede ayudar en cierta forma a acercar la figura de Sherlock Holmes a nuestros alumnos.

El título escogido para este trabajo “Química Elemental, querido Watson”, no es más que un juego de palabras entre la mítica frase asociada al gran detective (“Elemental, querido Watson”) y los conocimientos químicos de Sherlock Holmes, descritos como “*profundos*” (STUD, 63)² por su gran cronista, compañero y amigo, el doctor Watson, en la novela “Estudio en Escarlata”. Precisamente esta novela es la que servirá de hilo conductor a la propuesta didáctica contenida en este trabajo y que se describe en profundidad en el apartado 5. Con la serie de actividades que se han diseñado para esta propuesta, no solo se fomenta el hábito lector, sino que además se le da un sentido a esa lectura, contextualizando conceptos incluidos en el currículo de la asignatura, dando pie a investigaciones y búsqueda de información e incluso desarrollando alguna experiencia de laboratorio inspirada en la novela.

2. Justificación e importancia del tema

Con este trabajo se pretende abordar dos cuestiones fundamentales en la labor de cualquier docente de ciencias: la utilización de recursos y metodologías

² Todas las novelas y relatos de Sherlock Holmes que se mencionarán en este trabajo han sido consultadas en el libro recopilatorio “Todo Sherlock Holmes” de la Editorial Cátedra, referenciado en la bibliografía como Doyle (2010). Para evitar continuas repeticiones de los títulos de los relatos se adoptará el código de abreviaturas de cuatro letras mayúsculas utilizado habitualmente por los estudiosos del “*canon holmesiano*” (O’Brien, 2013) que se puede consultar en el Anexo 1, seguido del número de la página en la que se puede encontrar la cita literal.

novedosos que ayuden a interesar y motivar al alumnado en el estudio de la materia, la química en este caso, y por otro lado el fomento del hábito lector entre los estudiantes de ciencias que cursen esta materia.

Si bien nadie discutiría la importancia de la primera de las cuestiones mencionadas, tal vez muchos podrían entender el fomento del hábito lector como algo ajeno al docente de las materias de las ciencias experimentales. Existe la tendencia a considerar que esa tarea tan relevante debe recaer en el profesorado de lengua y literatura, contribuyendo así a abrir aún más la brecha existente entre las dos culturas (científica y humanista) de la que hablaba el físico y novelista inglés Snow (1987:14, 24):

Son muchos los días que he pasado con científicos las horas de trabajo para salir luego de noche a reunirme con colegas literatos. Y, viviendo entre dichos grupos, se me fue planteando el problema que desde mucho antes de confiarlo al papel había bautizado en mi fuero interno con el nombre de "las dos culturas".

[Se trata de] dos grupos polarmente antitéticos: los intelectuales literarios en un polo, y en el otro los científicos. Entre ambos polos, un abismo de incompreensión mutua; algunas veces (especialmente entre los jóvenes) hostilidad y desagrado, pero más que nada falta de entendimiento recíproco. Los científicos creen que los intelectuales literarios carecen por completo de visión anticipadora, que viven singularmente desentendidos de sus hermanos los hombres, que son en un profundo sentido anti-intelectuales, anhelosos de reducir tanto el arte como el pensamiento al momento existencial.

Cuando los no científicos oyen hablar de científicos que no han leído nunca una obra importante de la literatura, sueltan una risita entre burlona y compasiva. Los desestiman como especialistas ignorantes. Una o dos veces me he visto provocado y he preguntado [a los no científicos] cuántos de ellos eran capaces de enunciar el segundo principio de la termodinámica. La respuesta fue glacial; fue también negativa. Y sin embargo lo que les preguntaba es más o menos el equivalente científico de "¿Ha leído usted alguna obra de Shakespeare?"

Este es un extracto del discurso que pronunció en 1959 en la Universidad de Cambridge, bajo el título "Las dos culturas y la revolución científica". Su acertada disertación abrió un debate que sigue activo hoy en día, la falta de entendimiento entre las dos culturas, la científica y la humanística. Para Snow esta brecha suponía una pérdida intelectual y un obstáculo para resolver los problemas mundiales. Además también apuntaba a que la incompreensión entre unos y otros se debía al declive de la calidad de la educación, así como a la falta de interés que tanto científicos como intelectuales humanistas demostraban por el campo del otro grupo.

Lo interesante de este discurso es que Snow abría este debate desde una posición que le otorgaba cierta imparcialidad, ya que él mismo se encontraba con un pie en cada bando. Se formó en la universidad como físico y dedicó gran parte de su carrera profesional a la espectroscopía, pero además su sueño siempre había sido ser escritor y felizmente consiguió escribir y publicar más de una docena de novelas (Durán, 2013).

La misma falta de entendimiento entre las dos partes podemos encontrarla en nuestro país. Hasta ahora siempre se había hablado de ciencia y de cultura como si de dos cosas diferentes se tratara. En los últimos años sí es cierto que hemos empezado a utilizar el término “cultura científica”, como un esfuerzo por reconocer la importancia de que el ciudadano medio maneje unos conocimientos mínimos en el terreno científico.

En los institutos españoles se suele clasificar, consciente o inconscientemente, a los alumnos como “de letras” o de ciencias”, de hecho en ocasiones se hace antes de que el alumno haya llegado al bachillerato, etapa en la que la clasificación se convierte en una división física de los grupos. Cada alumno presenta unas aptitudes, intereses y capacidades diferentes para cada una de las materias que estudian, y es normal que eso les encamine hacia una trayectoria concreta en el bachillerato, pero... ¿quiere eso decir que para el alumno del Bachillerato de Humanidades no es necesario tener una cultura científica suficiente para desenvolverse en la sociedad, o que para el alumno del Bachillerato de Ciencias veamos como algo accesorio el aprecio por la Literatura? La respuesta a estas preguntas es indudablemente negativa, y así lo recogía ya la Ley Orgánica de Educación (LOE, 2006), cuando en el artículo 33 de la misma en la que se enumeran los objetivos comunes para el bachillerato señala, entre otros, los siguientes:

d) Afianzar los hábitos de lectura, estudio y disciplina, como condiciones necesarias para el eficaz aprovechamiento del aprendizaje, y como medio de desarrollo personal.

i) Acceder a los conocimientos científicos y tecnológicos fundamentales (...)

j) Comprender los elementos y procedimientos fundamentales de la investigación y de los métodos científicos. Conocer y valorar de forma crítica la contribución de la ciencia y la tecnología en el cambio de las condiciones de vida (...)

l) Desarrollar la sensibilidad artística y literaria, así como el criterio estético, como fuentes de formación y enriquecimiento cultural.

La LOMCE (2013) mantiene los mismos objetivos generales para el Bachillerato, si bien introduce cambios en la concreción de las materias del currículo. Un ejemplo sería la polémica eliminación de la materia “Ciencias para el mundo contemporáneo”, que introdujo la LOE como materia obligatoria común en 1º para todas las modalidades de bachillerato, y su controvertida sustitución por la materia “Cultura científica”, optativa y de menor carga horaria semanal, que en la práctica de muchos centros escolares se imparte como alternativa a la Religión.

Mucho se ha hablado sobre las diferentes leyes de educación y sus inclinaciones a favorecer las materias de humanidades o las de ciencias. Eso hace que periódicamente se reabra el discurso de “las dos culturas” que hemos visto antes, y se alcen voces en defensa de las humanidades frente a las frías materias de ciencias y viceversa, dependiendo de la ley educativa que aplique y de la afinidad hacia unas u otras del orador en cada caso.

El diseño de los currículos, la introducción o eliminación de materias en los mismos y la carga horaria de cada una de las materias, no es algo que pueda decidir el docente ya que no tiene competencias para ello. Lo que sí puede decidir un docente, dentro de ciertos límites, son las programaciones didácticas y de aula de las materias que imparte, las metodologías que va a seguir y el espíritu que quiere darle a su modelo pedagógico. No es incompatible la enseñanza de las ciencias con una metodología multidisciplinar, transversal e integradora, en el que se puedan manejar textos literarios para la consecución de los objetivos didácticos de la materia.

Entre los principios pedagógicos que se establecen en la LOE para el Bachillerato, y que la LOMCE no modifica, encontramos que *“las Administraciones educativas promoverán las medidas necesarias para que en las distintas materias se desarrollen actividades que estimulen el interés y el hábito de la lectura”* (art. 35.2). Es decir, el interés y el hábito de la lectura deben ser estimulados en todas y cada una de las materias, no es algo que

pueda limitarse a una labor de los docentes del departamento de lengua y literatura. Fomentar la lectura desde materias de ciencias requiere posiblemente algo más de esfuerzo e inventiva, necesitándose metodologías innovadoras, pero que pueden convertirse en una potente herramienta para enseñar y aprender ciencias de una forma diferente (Franco, 2014).

Como consecuencia del artículo 35.2 de la LOE que se acaba de mencionar, las consejerías de educación de cada comunidad, incluida Cantabria, han desarrollado un documento marco en el que se establecen las líneas generales a seguir en los centros escolares para la mejora de la competencia lectora y el desarrollo del hábito lector, lo que se conoce como Plan Lector. En la introducción del Plan Lector de Cantabria (2007:7) se establecen unas líneas generales, que deben ser concretadas en cada centro educativo:

Las actuaciones que se planifiquen y desarrollen deben impregnar el funcionamiento del centro, incorporarse en la Programación General Anual, e integrarse, de forma explícita, tanto en el Proyecto Educativo, Proyecto Curricular, programaciones didácticas y programaciones de aula como en el propio proceso de enseñanza-aprendizaje de todas las áreas y materias del currículo.

Es decir, el Plan Lector de Cantabria, vuelve a repetir la idea de que el fomento de la lectura y el desarrollo del hábito lector implican a todo el equipo docente de un centro. Tanto el profesor de lengua, como el de matemáticas, como el de química, deben involucrarse en esta tarea, y además incluirlo en los documentos oficiales que están obligados a redactar.

La implicación de los docentes de ciencias con el Plan Lector de su centro puede presentar un amplio abanico de posibilidades: desde la lectura en voz alta del libro de texto por parte de los alumnos, trabajar con textos de diferentes formatos como noticias de periódicos, blogs, revistas científicas, libros de divulgación, etc., o incluso la utilización de novelas de ficción para diseñar actividades relacionadas con la materia que se está trabajando. Todas las mencionadas son positivas, pero no todas conllevan el mismo trabajo de planificación ni podrán obtener los mismos resultados.

En mi opinión limitarse a la lectura en voz alta del libro de texto no es suficiente y no cumple con las expectativas y el espíritu del Plan Lector.

Trabajar con la mayor variedad posible de textos es algo muy enriquecedor para los alumnos, y hoy en día ya podemos encontrar en la mayoría de libros de textos de ciencias actividades para trabajar la competencia lingüística de esa manera. Otra línea de actuación puede ser elaborar una lista de lecturas voluntarias para que el alumno escoja y lea a lo largo del curso. En este caso el profesor tendrá que dedicar su tiempo a elaborar el listado para incluir lecturas relacionadas con la materia y que además puedan interesar a los diferentes alumnos, ya que como sostiene Montesinos (2004:3):

Para promover la lectura en el ámbito educativo el profesor ha de ser el principal mediador. Y siempre ha de saber que el descubrimiento de la lectura es azaroso, circunstancial, y depende de encontrar el libro adecuado en el momento justo. Una de las labores del profesor será mostrarles variadas obras al alumnado: la libertad de elección es el camino para atender a la rica diversidad del aula. No habrá que desilusionarse si los resultados no se corresponden con los objetivos perseguidos: el entusiasmo es el camino para el aprendizaje del hábito lector.

Por último, la opción a mi juicio más ambiciosa sería la lectura e integración de una obra literaria en las actividades del aula, con objetivos didácticos definidos relacionados con la materia, en este caso de química. Dado además el carácter experimental de la química, sería altamente enriquecedor si el docente puede diseñar, basándose en la novela escogida, alguna propuesta para que los alumnos realicen una investigación sobre algún tema señalado en el libro, o incluso diseñar una práctica de laboratorio complementaria a la lectura.

Es importante recalcar que esta innovadora metodología en la enseñanza de las ciencias no busca simplemente fomentar el hábito lector de los alumnos, sino que se trata fundamentalmente de que los libros escogidos hagan que la propia lectura les anime a aprender ciencia, les contagie la curiosidad científica y lleguen a imaginarse en un futuro como científicos vocacionales.

Eso es lo que tratará de reflejarse en este trabajo, en el que se ha escogido el canon literario de Sherlock Holmes como una herramienta en la enseñanza y aprendizaje de la química. Sus relatos son un buen ejemplo de una literatura interdisciplinar, en la que encontramos muchas posibilidades de

enfoques diferentes, desde historia y geografía, hasta geología, física, química, anatomía, etc. Doyle tenía formación científica y eso se nota en sus obras. Era médico, y aunque no tuvo mucho éxito en el ejercicio de su profesión (O'Brien, 2013), hoy en día tenemos que agradecer que pocos clientes entraran en su consulta, ya que gracias a ello fue uno de los escritores más prolíficos de su época. La lectura de las aventuras de Sherlock Holmes ha entusiasmado durante generaciones a jóvenes, y no tan jóvenes, y entre los sherlockianos más renombrados se encuentran gran cantidad de científicos hoy en día (O'Brien, 2013). Parece, por tanto, una buena elección para utilizar la literatura como herramienta para la enseñanza de la química.

3. Marco teórico

3.1 El uso de la literatura en las ciencias experimentales

La falta de motivación e interés general de los alumnos por las materias de ciencias, incluida la química, que tanto preocupa a los docentes, ha sido corroborada por los propios estudiantes en diferentes trabajos de investigación (Furió y Vilches, 1997; Solbes, 2002; citados en Furió, 2006). Los alumnos señalan que se les enseña una ciencia descontextualizada, poco útil y con pocas prácticas, y que los métodos de enseñanza de los profesores son aburridos y poco participativos. Además se constata que el desinterés del alumno va aumentando al ascender de nivel e ir recibiendo un mayor número de cursos de física y química, a medida que se va elevando el nivel conceptual y de abstracción en los cursos superiores, especialmente en el Bachillerato.

En el caso concreto de la química, a los alumnos les cuesta sentirse atraídos por una sucesión de datos, leyes y teorías que se les presentan como un cuerpo de conocimientos terminado, que pueden llegar a considerar dogmáticos y arbitrarios. No comprenden cómo se ha llegado a esos descubrimientos, qué problemas originaron la construcción de esos conocimientos y qué dificultades encontraron los científicos hasta llegar a los resultados que se les enseña en las aulas. En esto, sin duda, la responsabilidad está en la visión aproblemática y ahistórica (Furió, 2006) que se suele adoptar en los cursos de química, que no permiten transmitir suficientemente la idea de

que la química, como cualquier ciencia, es una herramienta para explicar la realidad y resolver problemas, no un fin en sí mismo.

Todo ello contribuye a que la desmotivación vaya afianzándose en los alumnos, y cada vez sea más difícil romper el círculo vicioso que Furió (2006: p.222) describe con las siguientes palabras:

Los alumnos vienen a clase de Química desmotivados. Eso hace que no presten atención a las explicaciones y no aprenden. Como no aprenden, se aburren y con ello aumenta el desinterés por aprender. ¿Cómo romper esta espiral 'desmotivación-bajo rendimiento académico-mayor desmotivación' en la enseñanza de la Química?

Es tarea del docente esforzarse por conseguir que la química deje de ser aburrida y poco participativa, y para ello se debe hacer un cambio en la forma de enseñar los contenidos, cambiando los aspectos metodológicos necesarios para lograr una mayor integración del alumno en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

La investigación educativa ha demostrado que uno de los enfoques más eficaces para la enseñanza de las ciencias es la contextualización. Según Caamaño (2011: 17) *“por contextualizar la ciencia entendemos relacionarla con la vida cotidiana de los estudiantes y hacer ver su interés para sus futuras vidas en los aspectos personal, profesional y social”*.

Cualquier docente, pero especialmente los de áreas científicas, es conocedor de que los alumnos manifiestan un notable rechazo a las ideas abstractas fuera de contexto. No se muestran dispuestos a memorizar conceptos ni lenguajes que no significan nada para ellos, que no llegan a comprender ni les encuentran ninguna utilidad inmediata. Es por ello que se hace imprescindible utilizar metodologías y recursos didácticos diferentes a los que se viene utilizando en las aulas de ciencias. Algunos autores (Chapela, 2014; Hernández, Borel y Sanna, 2012; Franco Mariscal, 2014; Guerra, 2005; Carretero, 2005) reivindican el papel de la literatura en las clases de ciencias tales como física, biología y química, utilizando la lectura como una herramienta metodológica que aumente la motivación de los alumnos a la vez que se fomenta el hábito lector en los mismos. Los textos literarios pueden ser fragmentos de novelas reconocidas, o incluso textos creados específicamente con la intención de ser

utilizados en el aula con los alumnos, dependiendo de la etapa educativa en la que se encuentren.

La enseñanza de la química en concreto, debido a la alta abstracción de los conceptos que maneja y la dificultad del lenguaje propio que utiliza, es muy difícil de abordar en la Educación Primaria. Es por ello que resulta muy interesante la idea de utilizar la narrativa como medio de contextualización de los conceptos. Hernández, Borel y Sanna (2012) llevaron a cabo un proyecto para narrar la química cotidiana a los alumnos de escuelas primarias en Argentina a través de una serie de cuentos escritos para tal efecto, y que bautizaron como “Quimicuentos”. Estamos hablando de educar en química a través de las letras, pero no las letras arbitrarias y carentes de significado que representan los diferentes elementos químicos, sino las letras que se unen de forma mágica para atraer a los alumnos al mundo de la química, cual flautista de Hamelin.

Los autores podrían haber elegido alguna otra forma de contextualizar la química, de acercarla a los alumnos y darle un significado para ellos, como por ejemplo la química en la cocina, tan de moda actualmente, pero escogieron los cuentos, ya que:

Los cuentos promueven la curiosidad, desarrollan la creatividad, la inteligencia, las emociones, contribuyen a expandir la imaginación, estimulan el humor, el lenguaje, posibilitan al lector/a posicionarse en forma activa, procesando y atribuyéndole significado a lo que lee. A su vez, sabemos que la falta de lectura reduce la capacidad de escribir, de imaginar, limita el conocimiento y priva del desarrollo de un vocabulario enriquecido.

(Barberis, 2011, citado en Hernández, Borel y Sanna, 2012; p. 422)

Como vemos, la lectura ayuda a que el lector se meta en la historia, se posicione de forma activa dentro del contexto de la historia que lee, y esto le ayuda a dotar de significado aquello que está leyendo. Proponer a los alumnos que lean historias en las que aparezcan referencias a la química, más o menos explícitas, puede ayudar a que estos vean esta ciencia como algo más cercano, comiencen a modificar su predisposición negativa hacia la química e incluso puedan llegar a imaginarse a sí mismos como profesionales de esta rama en un futuro, visualizarse con bata blanca y experimentando con sustancias químicas en un laboratorio, y que lo vean como un posible futuro interesante y prometedor.

El uso de la literatura como recurso en las clases de ciencias puede tener un amplio abanico de funciones. Pueden proponerse lecturas simplemente para

fomentar el interés por la ciencia, pero también pueden utilizarse para obtener aprendizajes concretos, en cuyo caso es necesario que el docente diseñe actividades específicas a partir de fragmentos extraídos del libro que puedan relacionarse con los contenidos del currículo del curso con el que se quiera trabajar.

Sea cual sea el uso que se le pretenda dar al uso de la literatura, es interesante tener en mente varias consideraciones importantes a tener en cuenta, como explica Chapela (2014):

- La primera consideración tiene que ver con el papel del docente. Usar literatura como una herramienta didáctica necesita de un profesor que no solo muestre disposición y entusiasmo por su trabajo, sino que además debe estar familiarizado con el material que presenta a los alumnos. De esta forma podrá diseñar actividades valiosas desde el punto de vista didáctico y estará capacitado para guiar los comentarios, reflexiones y debates que surjan en el aula tras las lecturas, relacionando las ideas y conceptos con los temas estudiados en el curso.
- Una segunda consideración tiene que ver con la selección de las lecturas. El hecho de que una historia presente conceptos científicos inexactos o completamente errados no significa que no se pueda utilizar en el aula. En este caso se puede animar a los alumnos a detectar y explicar cuáles son los fallos, potenciando así el pensamiento crítico y la capacidad de comunicarse. Sin embargo, Czerneda (2006) nos advierte del peligro de abusar de este enfoque, ya que se corre el riesgo de que al final los alumnos tiendan a desconfiar de todo aquello que les suene a ciencia.
- La tercera y última consideración a la que apunta la autora es el hecho de que las historias con las que crecen las personas forman parte del andamiaje de su identidad. Presentar a los alumnos historias en las que aparece la ciencia de una forma más o menos directa, insertada en la trama o mediante personajes con actitudes científicas, hará que lo vean como algo natural, contrario al mito de que la ciencia está reservada para personas extraordinariamente listas y un tanto excéntricas.

3.2. Ejemplos de experiencias didácticas en este ámbito

Haciendo una revisión sobre las experiencias realizadas en nuestro país, encontramos el trabajo de Carmen Guerra Retamosa (2005), docente de secundaria que nos propone la novela “La isla misteriosa” para trabajar en el aula de una forma amena conceptos de física y química que resultan generalmente demasiado abstractos para los alumnos cuando se estudian sin un contexto. Esta obra en concreto es uno de los pocos ejemplos claros que podemos encontrar en el que el hilo conductor de la historia sea la química. De hecho, las palabras del propio Jules Verne dirigidas a su editor, que en un momento dado le apremia a incluir más ciencia en sus novelas, no dejan lugar a dudas (García Gómez 2006:19)

Estoy estudiando química. Paso mi tiempo con profesores de química, en fábricas de productos químicos en las que mis trajes han atrapado muchas manchas de las que pasaré la cuenta, así pues, la Isla Misteriosa será una novela química.

Es la clásica historia de naufragio en una isla desierta y las aventuras del grupo para salir adelante con lo que puede ofrecerles la madre naturaleza. En principio no cuentan con nada más que lo que llevan puesto, y lo que es más importante con sus conocimientos, sobre todo del héroe de la historia, Cyrus Smith, ingeniero que parece englobar en su persona la quintaesencia del espíritu del positivismo de su época. Sus conocimientos científicos y tecnológicos, especialmente en el campo de la química, les permiten construir a partir de las materias primas encontradas en la isla todo tipo de herramientas y utensilios para hacer más fácil su supervivencia. De hecho podemos encontrar en la novela incluso una especie de tutorial de cómo conseguir nitroglicerina a partir de minerales de azufre y hierro (piritas), algas y grasa animal, recursos naturales todos ellos abundantes en la isla. El relato de la obtención del explosivo es una lectura altamente recomendable para toda persona interesada por la química, y es utilizado por Guerra (2005) en la clase de química de 2º de Bachillerato. A partir de la lectura del texto se les propone a los alumnos actividades para identificar y formular todas las sustancias químicas que aparecen, identificar las reacciones químicas descritas e incluso ajustarlas. Adicionalmente se proponen trabajos de investigación relacionados con lo leído, como los procesos

industriales de obtención del ácido sulfúrico, del ácido nítrico, la glicerina y la nitroglicerina, tanto en la época del relato (la novela transcurre en el año 1865) como en la actualidad. Si bien la propuesta de Guerra a los alumnos se centraba en una serie de textos extraídos de la novela a partir de los cuales se realizaban las actividades, la autora cuenta que muchos de sus alumnos quedaron enganchados, y terminaron leyendo la novela completa.

Otros docentes también han utilizado la misma novela (García Gómez, 2006) aplicándola en este caso en los primeros cursos de la ESO e incluso Primaria y desde varias asignaturas. Queda demostrado que se puede trabajar con la novela desde las clases de Lengua para mejorar la comprensión lectora, la clase de matemáticas para poner en práctica la conversión de unas unidades en otras, el manejo de ángulos y los cálculos trigonométricos sencillos, o desde la materia de Ciencias de la Naturaleza para trabajar los reinos minerales, vegetales y animales presentes en la novela.

Otra de las novelas de Jules Verne que se han utilizado en experiencias didácticas en el aula para la enseñanza de las ciencias es la famosa “Viaje al centro de la Tierra”, novela muy indicada para trabajar en la asignatura de Biología y Geología con alumnos de 3º y 4º de la ESO (Carretero, 2008). En esta experiencia, la docente se marca como objetivo que los alumnos desarrollen la capacidad de relacionar conceptos que aparecen en la lectura con los conocimientos adquiridos previamente en clase, como una estrategia para conseguir aproximar la ciencia y mejorar a la vez la capacidad lectora de sus alumnos. Tras realizar la experiencia, Carretero reporta que su alumnado efectivamente mostró gran interés por dar respuesta a las cuestiones planteadas buscando la información en la lectura. Su conclusión es que la experiencia sirvió para afianzar contenidos ya vistos previamente en clase y sobre todo mantener el interés de los alumnos por la asignatura, como demuestran las palabras de uno de los alumnos que participaron en la actividad: *“Me ha gustado mucho, algunas cosas de las que habla [la novela] las habíamos visto ya en clase y me ha facilitado su comprensión”* (Carretero, 2008:308).

Para mencionar un último ejemplo de experiencia llevada a cabo utilizando una novela de Jules Verne, haríamos mención especial a “De la Tierra a la Luna”, que se utiliza frecuentemente para ilustrar conceptos de cinemática como el movimiento uniformemente acelerado. En la novela se dan los datos necesarios

para que un alumno de secundaria pueda calcular fácilmente que la aceleración que debería alcanzar el proyectil usado por los viajeros espaciales superaría en cuatro órdenes de magnitud la aceleración de la gravedad terrestre, concretamente unas 26.000 veces mayor (Navarro, 2005). Este sencillo cálculo suele entusiasmar a los alumnos (Palacios, 2007) y permite relacionarlo con las condiciones reales de los lanzamientos espaciales en la actualidad, con lo que los alumnos se ven motivados a la búsqueda de información sobre este tema. Tan inspiradora puede ser la lectura de esta novela que incluso Wernher von Braun, el ingeniero alemán que diseñó para los americanos el Saturno V, cohete con el que más de cien años después se hizo realidad el viaje de la Tierra a la Luna, decidió dedicarse a la ingeniería aeroespacial tras haber leído esta novela de Verne (Chapela, 2014)

Si bien Jules Verne da para mucho en este campo, ya que no en vano es considerado como el creador de la “novela de la ciencia” (Barceló, 2014), no son las suyas las únicas obras literarias que permiten llevar a cabo estas experiencias de fusión entre ciencia y literatura.

Ni más ni menos que un clásico de la literatura universal como el “Don Quijote de la Mancha” de Cervantes, ha sido objeto de estudio por un profesor de secundaria, Antonio Joaquín Franco Mariscal, para utilizarlo en sus clases de física y química. Su trabajo le llevó a ganar el 2º premio de los Premios Nacionales de Innovación Educativa en el año 2007 del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, y la edición del libro “Enseñando física y química con ideas quijotescas” (Franco Mariscal, 2007).

Según explica el propio Franco Mariscal (2009) su trabajo hace un recorrido por los 52 capítulos de la primera parte del Quijote, identificando situaciones que se pueden estudiar y analizar aplicando los conceptos y leyes de la física y química que se estudian en 4º de la ESO. Con una gran dosis de imaginación, identifica en cada capítulo al menos un problema científico relacionado con los contenidos del currículo del curso (movimientos, fuerzas, trabajo y energía, ondas, elementos y compuestos, reacciones químicas, etc.)

El autor va más allá, y decide hacer una investigación cuantitativa para determinar el efecto que ha producido en una muestra de alumnos con los que ha empleado esta metodología innovadora basada en la lectura del Quijote, comparándolo con otro grupo de alumnos de control, a los que también da clase

pero utilizando una metodología tradicional de nivel de 4º de la ESO. El estudio lo realiza utilizando la famosa aventura de los molinos de viento como herramienta para el aprendizaje de las leyes fundamentales de Newton de la dinámica (Franco, 2013). Los resultados de la investigación apuntan a avances significativos en el aprendizaje del concepto de fuerza y las leyes de Newton en los alumnos que han seguido la metodología basada en el uso del Quijote, en la cual se le da al alumno un papel mucho más activo y plantea y resuelve sus propios problemas de naturaleza científica, convirtiéndose en el protagonista de su propio aprendizaje.

Existen otros curiosos casos en los que se utiliza el uso de textos literarios no solo para enseñar ciencia, sino también añadiéndole algún otro ingrediente educativo más. Un ejemplo de esto lo llevan a cabo Ángel de Andrea González y Francisco Godoy Tena, profesores universitarios de Física y de Filología Inglesa respectivamente, que proponen utilizar textos clásicos de la literatura inglesa, alemana y española, para la enseñanza de conceptos fisicoquímicos en la ESO y Bachillerato, en el marco de la enseñanza bilingüe (De Andrea y Godoy, 2012). En este contexto los autores utilizan fragmentos de la novela “Lord Jim” de Joseph Conrad para introducir en las aulas bilingües en inglés numerosos términos anglosajones de carácter científico relacionados con fenómenos atmosféricos y astronómicos que se pueden incluir dentro del currículo de la física. En cuanto a la literatura española proponen extractos de las *Rimas* y *Leyendas* de Gustavo Adolfo Bécquer en las que aparecen referencias a conceptos fisicoquímicos. En este caso se trata de destacar ciertos errores conceptuales enmarcados dentro de la Termodinámica, la Óptica y la Acústica. Por último escogen poemas del literato y científico alemán Johann Wolfgang von Goethe, identificando términos, en este caso germanos, relacionados con las propiedades de la luz y la astronomía, que pueden ser utilizadas en las clases de física con los alumnos de centros bilingües en el idioma alemán.

Precisamente la obra literaria de Goethe puede ser utilizada también en la enseñanza de las ciencias para abordar otro tema al que no se le suele prestar la atención necesaria. El estudio de la historia de la ciencia suele quedar relegada a pequeños recuadros dentro de las páginas de los libros de texto en los que se dan algunos datos sobre la vida de los científicos o descubrimientos concretos, pero esto no le aporta al alumno una visión general de cómo avanza

la ciencia dentro de un contexto histórico. A comienzos del siglo XIX, Johann Wolfgang von Goethe, publica una novela con un curioso título: “Las afinidades electivas”. Se trata de una novela de corte romántico que narra la historia de un matrimonio formado por Eduard y Charlotte (elementos A y B) que entre en conflicto cuando aparecen otros dos personajes, El Capitán y Ottilie (elementos C y D), llegándose a la ruptura del matrimonio para formar dos nuevas parejas (AD y BC). La novela es una brillante metáfora sobre uno de los problemas que habían traído de cabeza a los químicos del siglo anterior: la afinidad entre sustancias químicas. La razón por la cual se forman unos compuestos químicos y no otros cuando se ponían en contacto varias sustancias, y que incluso hacían que se deshicieran algunos compuestos ya formados para rehacerse de un modo diferente era un problema que preocupaba a los investigadores en los tiempos de transición entre la alquimia y la química moderna (Duran, 2011). Incluso Newton trató de dar a explicación a esta haciendo extensivas las leyes de atracción gravitatoria y las de la electricidad y el magnetismo a la atracción que experimentaban las sustancias químicas. En el siglo XVIII los químicos llamaron a esa fuerza de atracción la “afinidad electiva”, publicándose un tratado científico en el año 1775 con el título “Las afinidades electivas”, tratado que Goethe conocía y que le sirvió de inspiración para escribir su novela, si bien para cuando la publicó, la teoría expuesta en el tratado científico del mismo nombre ya había sido ampliamente superado.

La novela está plagada de lenguaje químico, tratando Goethe de adoptar un papel de divulgador de la ciencia, acercando esa materia a sus lectores. En palabras de Duran (2014: 46): *“El hombre que quería pasar a la historia sobre todo como científico alcanzó una grandeza literaria que eclipsó su otra vertiente. Pero incluso así repartió ciencia por su obra narrativa y poética.”* Pero Goethe no se limitó a incluir esas referencias a las teorías químicas de la época, sino que toda la trama de la novela está imbuida en el concepto de la “afinidad electiva”. No en vano en muchas ocasiones se ha resumido la trama de la novela con una ecuación química: $AB + CD \rightarrow AD + BC$

La lectura de esta novela puede ser un buen ejercicio para que los alumnos profundicen precisamente en ese problema de la química con la afinidad de las sustancias desde un punto de vista histórico. Partiendo de las explicaciones de la novela, y haciendo un trabajo de investigación bibliográfica, se puede hacer

una línea temporal de cómo evolucionó ese concepto entre la comunidad científica llegando hasta la actualidad.

3.3. La novela detectivesca: Un género literario con mucha química

No podía faltar en esta revisión de la literatura como herramienta en la enseñanza de las ciencias el género de las novelas de detectives. A pesar de que el origen de la novela de detectives lo encontramos en EEUU, concretamente en “Los crímenes de la calle Morgue” de Edgar Allan Poe, es en Inglaterra donde el género ha brillado con luz propia, sobre todo con autores como G.K. Chesterton, Wilkie Collins, Sir Arthur Conan Doyle y Agatha Christie entre otros.

En palabras de Morales (2013): *“Los autores de este género mezclan magníficamente la creación literaria con la lógica de la investigación científica, logrando mediante la ficción acercarnos al modo racional del proceder científico pero haciéndolo de una manera artística”*. Es por ello que este tipo de obras literarias ha captado la atención de profesionales de la docencia de todos los niveles educativos que han decidido utilizarlas como un recurso para la enseñanza de las disciplinas científicas, especialmente la química, contribuyendo además a aumentar el bagaje intelectual de sus alumnos al acercarlos a la lectura de clásicos de la literatura universal. Entre estas novelas se pueden encontrar gran cantidad de ejemplos en los que se tratan conceptos de química analítica, en algunos casos sorprendentemente precisos y detallados (Lucy, 2000)

Así, Southward, Hollis y Thompson (1992) propusieron a sus alumnos universitarios de un curso de Química General la lectura de la primera novela escrita por Agatha Christie, “El misterioso caso de Styles” en la que se presenta al peculiar detective belga Hércules Poirot. La novela narra la historia de una muerte por envenenamiento por estricnina, sustancia letal en dosis altas pero que en pequeñas dosis se tomaba como un tónico por sus propiedades estimulantes, como es el caso de la víctima de esta historia. Esta fue la primera de muchas muertes por envenenamiento que podemos encontrar en las obras de Agatha Christie. En su prolífica carrera como escritora relató la muerte de cientos de personas, de muchas maneras diferentes, pero sin duda el

envenenamiento se lleva la palma. Esta predilección probablemente se debe a los conocimientos químicos que obtuvo durante la Primera Guerra Mundial, cuando se enroló como enfermera voluntaria en una unidad de farmacia de la Cruz Roja.

En la autopsia realizada en el “misterioso caso de Styles” se revela la cantidad de estricnina encontrada en el cuerpo de la víctima: exactamente 1 *grano* (otra de las peculiares unidades de medida anglosajonas) que equivale aproximadamente a 65 mg, cuando la dosis que tomaba cada noche era de unos 5 mg, la cantidad presente en dos cucharadas revitalizantes del tónico prescrito por su médico. La investigación de Hércules Poirot descarta el suicidio por sobredosis, y queda demostrado que nadie la forzó a tomarlo, encontrándose sola en el momento de la muerte. La clave del misterio finalmente la encuentra el detective belga en una pequeña cajita con restos de un polvo blanco, que resulta ser bromuro de potasio (KBr). Poirot lo explica así:

—La estricnina que mató a la señora Inglethorp fue la misma que recetó el doctor Wilkins. Para que lo entiendan mejor, les leeré un extracto de un recetario que encontré en el dispensario del Hospital de la Cruz Roja en Tarminster. Es una receta famosa en los libros de texto. — Poirot leyó la receta, a base de estricnina y bromuro de potasa, y luego continuó—:Y escuchen lo que dice el libro a continuación: «Esta solución precipita a las pocas horas la mayor parte de la sal de estricnina, en forma de un bromuro insoluble, en cristales transparentes. Una señora en Inglaterra perdió la vida tomando una mezcla similar: ¡la estricnina precipitada se acumuló en el fondo y con la última dosis la tomó casi toda!»

»Claro que en la receta del doctor Wilkins no había bromuro, pero recordarán que les hablé de una caja vacía de polvos de bromuro. Una pequeña cantidad de esos polvos, introducida en el frasco de la medicina precipitaría la estricnina, según dice el libro, acumulándola en la última dosis. Después verán ustedes que la persona que acostumbraba a darle a la señora Inglethorp su medicina ponía gran cuidado en no agitar la botella, para no mover el sedimento del fondo. »

Christie (1982:109)

A partir de esta novela Southward et al. (1992) diseñaron un conjunto de problemas, con sus respectivas soluciones, para que los alumnos trabajaran conceptos relacionados con los productos de solubilidad, la precipitación salina, la neutralización y las bases débiles.

Otra recomendación de una novela de detectives la hace Harold Hart (1975) a sus alumnos de Química Orgánica del primer curso de universidad, esta vez escogiendo a otra escritora británica, Dorothy L. Sayers. En el relato “The

documents in the case” publicado en el año 1930, aparece muerto un anciano en su cama, y en una primera inspección el motivo parece ser la ingesta de una seta que contiene muscarina, un alcaloide altamente tóxico. El caso presenta serias dudas, ya que el hombre era un experto en setas comestibles, por lo que surge la sospecha de que haya podido ser envenenado suministrándole muscarina sintética. En esta novela se tratan aspectos científicos de forma admirablemente sencilla, de tal forma que la mayoría de la gente los pueda entender sin tener apenas conocimientos de química. Sin embargo, serán aquellos que tengan conocimientos extra en química orgánica quienes puedan sacar mayor partido de la historia, de ahí la recomendación de Hart (1975) a sus alumnos. Por ejemplo, en la novela un personaje experto en química explica que la muscarina natural tiene una estructura molecular asimétrica y por lo tanto es ópticamente activa, lo que significa que cuando se hace pasar un haz de luz polarizada a través de ella el plano de polarización de la luz girará. Sin embargo, la muscarina sintética es una mezcla de las formas levógira y dextrógira, por lo que como resultado se tiene una sustancia ópticamente inactiva. Esto da la clave para que, mediante el uso de un polarímetro, se pueda analizar la muscarina hallada en el cadáver y al no detectarse cambio de polarización en la luz se descubre que realmente se trata de un asesinato.

Precisamente este es uno de esos ejemplos en los que se puede utilizar la lectura de una obra para que los alumnos traten de detectar posibles errores, o bien debidos a los deficientes conocimientos del autor en la materia, o bien porque en la época en la que se escribió esa era la realidad científica conocida. Marksteiner (2010) hace una revisión de los datos sobre la muscarina y los métodos químicos que se utilizan en la historia para resolver el crimen, corroborándolos en unos casos y desmintiéndolos en otros.

Pero sin duda, si algún detective destaca sobre todos los demás componentes del canon literario de la novela detectivesca se trata del ilustre residente del apartamento 221B de la calle Baker de Londres. Sherlock Holmes destaca sobre todos los demás detectives de la historia, tanto por su manera de razonar en la resolución de los crímenes, que nos recuerda inevitablemente al método científico, como a que en muchos de sus relatos aparecen referencias a

la química que han inspirado a muchos docentes para utilizarlo de una manera u otra en sus clases.

En el siguiente capítulo se tratará extensamente la relación de Sherlock Holmes con la química, que conocemos íntegramente por las narraciones de su biógrafo y amigo el Doctor Watson. Sin embargo, no podemos dejar de mencionar en este apartado la influencia e inspiración que ha ejercido sobre muchos docentes e investigadores en esta área de la ciencia. Un claro ejemplo es el de los profesores universitarios Wadell & Rybolt (2011), que decidieron aunar su pasión por enseñar y su otra pasión menos reconocida que eran las novelas de Sherlock Holmes. Juntos escribieron una serie de 15 relatos conocidas bajo el nombre de “Las aventuras químicas de Sherlock Holmes”. Cada historia, ambientada con maestría en las novelas del detective, narra una investigación en la que Holmes junto a su fiel compañero, el Doctor Watson, emplean los más variados conocimientos de química para resolver cada crimen. Cada uno de los relatos se centra en un aspecto diferente, abarcando desde la estequiometría, el balance de reacciones, el análisis inorgánico cuantitativo o los procesos de oxidación-reducción (Chapela, 2014). El formato de cada historia además está enfocado a su utilización en el aula con los alumnos, ya que en la primera parte de cada relato se presenta el crimen y los aspectos fundamentales de la investigación, aportando los datos necesarios para afrontar la resolución del misterio. La segunda parte del relato contiene la solución al enigma con las explicaciones y cálculos químicos pertinentes, redactados igualmente con el mismo estilo literario que la presentación de la historia.

Tras las 15 historias iniciales de estos dos autores, la colección se engrosó con otros dos relatos escritos esta vez por Ken Shaw, un profesor de química de secundaria de Estados Unidos que se sumó a esta iniciativa innovadora. Shaw (2011) explica que una de los motivos para embarcarse en esta aventura fue darse cuenta de que gran parte de la química que se enseña a los estudiantes preuniversitarios es la química del siglo XIX: las teorías atómica y electrónica, la estequiometría, la teoría cinética de las reacciones, la termodinámica, etc. Todos estos contenidos presentes en el currículo de la química en el Bachillerato tuvieron su origen en la era de la tecnología victoriana, por lo que no les debe resultar a los alumnos muy difícil de imaginar al ilustre Sherlock Holmes rodeado en sus habitaciones de tubos de ensayo, mechero Bunsen, retortas y buretas.

Los autores de estas “Aventuras Químicas de Sherlock Holmes” (Waddell & Rybolt, 2011) cuentan que desde que iniciaron su colección, allá por el año 1989, han sido contactados por multitud de docentes que querían utilizar sus historias en el aula, e incluso por algún alumno que les pedía la solución de la tarea que les había puesto el profesor. Les consta también que versiones cortas de sus historias han aparecido en libros de texto de química, e incluso alumnos de estudios de postgrado se han encontrado sus aventuras como problemas de examen.

Es por tanto innegable que la figura de Sherlock Holmes despierta un gran interés en la profesión docente de la rama de la química, y en el siguiente apartado trataremos de ver por qué.

4. La ciencia de Sherlock Holmes

A pesar de ser un personaje de ficción, la mente creativa de Conan Doyle, consiguió revestir a Sherlock Holmes de un carácter científico que lo ha acompañado durante todo este tiempo. La ciencia está presente en todas sus aventuras, utilizando métodos de investigación basados en el modo de proceder del método científico. Precisamente ese es uno de los secretos del éxito de este ilustre detective. El propio Conan Doyle refirió así su intención de crear un personaje diferente a los que él había encontrado en sus lecturas:

Yo había leído algunas historias de detectives y me chocaban las situaciones absurdas, por decirlo suavemente, que contenían, porque para llegar a la solución del misterio los autores siempre dependían de alguna casualidad.

[...] En lo que Holmes difería de Dupin³ era en que aquel tenía un inmenso bagaje de conocimientos exactos en que basarse como consecuencia de su previa educación científica.

Green (1983:346) citado en O'Brien (2014:14-15)

Dos son las influencias reconocidas por Conan Doyle que le ayudaron a crear a Holmes: una procedente del mundo literario, el Dupin de Poe; y otra, igual de importante, procedente del mundo de la ciencia, el Doctor Joseph Bell. Este último fue profesor de Doyle en la Facultad de Medicina de la Universidad de

³ Se refiere a C. Auguste Dupin, detective de ficción creado por Edgard Allan Poe, que aparece por primera vez en el relato “Los crímenes de la calle Morgue” en 1841. Conan Doyle reconoció abiertamente haberse inspirado en parte en este personaje para crear a Sherlock Holmes.

Edimburgo, y tuvo la oportunidad de trabajar con él como ayudante (O'Brien, 2014). El Doctor Bell era un reconocido profesional de la medicina con un carácter de lo más particular. Por lo que más se le conocía era por su capacidad de observación y las deducciones que llevaba a cabo a partir de los más mínimos detalles observados en sus pacientes. Conan Doyle reconoce que quedó deslumbrado por este profesor y sus razonamientos analíticos y deductivos, recreándolos de forma brillante en el *modus operandi* de su genial detective Sherlock Holmes.

4.1. La ciencia de la deducción

Ya en la primera novela, "Estudio en escarlata" podemos encontrar un capítulo titulado "La ciencia de la deducción", en el que se presenta la manera de trabajar del detective. Watson se entretiene leyendo una revista, que curiosamente ha encontrado sobre la mesa del comedor con un artículo remarcado:

Su título, algo ambicioso, era "El libro de la vida", e intentaba poner en evidencia lo mucho que un hombre observador podía aprender mediante un examen justo y sistemático de todo cuanto le rodeaba. [...] La ciencia de la educación y del análisis, al igual que todas las artes, puede adquirirse únicamente por medio del estudio prolongado y paciente [...] La profesión de una persona puede revelárenos con claridad ya por las uñas de los dedos de sus manos, ya por la manga de su chaqueta, ya por su calzado, ya por las rodilleras de sus pantalones, ya por las callosidades de sus dedos índices y pulgar, ya por su expresión o por los puños de su camisa. Resulta inconcebible que todas estas cosas reunidas no lleguen a mostrarle claro el problema a un observador competente". (STUD: 659)

Watson se apresura a calificar de charlatanerías las ideas del autor del artículo, que pronto se revela que es ni más ni menos que el propio Holmes. Vemos pues, cómo una observación aguda de hasta los más nimios detalles, es la clave del éxito según Holmes, que en la historia "Un caso de identidad" afirmaba: "*Siempre he sostenido el axioma de que los pequeños detalles son, con mucho, lo más importante*" (IDEN: 344). De hecho, una de las críticas más habituales que Holmes le hace a Watson es precisamente su falta de observación: "*Usted ve, pero no observa. La diferencia es evidente.*"

Comenzando pues, con una minuciosa observación, el proceso de pensamiento y actuación que sigue el detective para conseguir la resolución de

sus casos se puede concretar recurriendo a las propias palabras del personaje que encontramos repartidas entre todo el canon holmesiano:

“No, no; yo nunca hago conjeturas. Es un hábito nefasto. Destruye las facultades lógicas.”. (SIGN: 580)

“Uno se forma teorías provisionales, y aguarda a que el tiempo o los nuevos datos los echen abajo.” (SUSS:1181)

“[...] si eliminamos lo imposible, lo que queda, por improbable que parezca, tiene que ser la verdad. (SIGN: 604)

Más adelante, la tercera novela escrita por Doyle sobre Sherlock Holmes, “El signo de los cuatro” comienza también por un capítulo titulado “La ciencia del razonamiento deductivo” (SIGN: 575-580). En este capítulo Holmes concreta las tres facultades necesarias para ser un buen detective. Hablando de un colega francés que le ha pedido ayuda con un caso las menciona de la siguiente manera: *“Él mismo tiene unas dotes considerables. Posee dos de las tres facultades necesarias para el detective ideal: la capacidad de observación y la de deducción. Solo le faltan conocimientos, y eso se puede adquirir con el tiempo”*. (SIGN: 577).

Efectivamente, son muchos los conocimientos que Sherlock Holmes ha conseguido acumular, sobre todo en el campo de lo que podríamos llamar la ciencia forense. De hecho incluso llega incluso a publicar algunos trabajos, como hace cualquier científico con sus investigaciones:

—Pues sí, soy culpable de varias monografías. Todas ellas sobre temas técnicos. Aquí, por ejemplo, tengo una: “Sobre las diferencias entre las cenizas de los diversos tabacos.

[...]Aquí tiene mi monografía sobre las huellas de pisadas, con algunos comentarios acerca del empleo de la escayola para conservar las impresiones. Y aquí hay una curiosa obrita sobre la influencia de los oficios en la forma de las manos [...]. Es un tema de gran importancia práctica para el detective científico, sobre todo en los casos de cadáveres no identificados. (SIGN: 577-578)

Nótese que él mismo se califica como detective científico, lo cual tampoco es de extrañar viendo los métodos que emplea, y teniendo en cuenta la formación académica que Holmes recibió en su época universitaria, Aunque no se conoce especialidad ninguna plasmada en un título universitario a su nombre, sin duda se decantó por las ramas científicas del saber, como podemos deducir ya desde la primera aparición del ilustre investigador.

4.2. La presentación del personaje: “un químico de primera”

La primera vez que aparece publicado el nombre de Sherlock Holmes fue en el año 1897, en una de las cuatro novelas que finalmente verán la luz. Se trata de una novela corta titulada “Estudio en escarlata”, que Conan Doyle escribe durante los momentos ociosos que se le presentan en su no muy exitosa consulta médica. Tampoco con esta novela obtiene ningún éxito tras esta primera publicación, pero que con el tiempo será una de las más reconocidas de Conan Doyle.

Al principio de esta novela, John W. Watson, médico del ejército británico regresa a Londres tras haber sido herido en la contienda afgana y obtener el retiro del servicio. El doctor Watson es el narrador de esta novela, al igual que lo será en casi todas las 60 historias de Sherlock Holmes. Fortuitamente se encuentra con un antiguo compañero de carrera, al que le comenta que está buscando alguien con quien compartir los gastos asociados a una vivienda, ya que sus ingresos son muy modestos. El solícito amigo le facilita un encuentro con un conocido suyo, “*un señor que trabaja en el laboratorio de Química del hospital*” que se encuentra en la misma situación, pero antes le advierte de las peculiaridades de este curioso individuo:

Es hombre de ideas raras. Le entusiasman determinadas ramas de la ciencia. (...) Domina la anatomía y es un químico de primera; sin embargo, nunca acudió sistemáticamente, que yo sepa, a clases de Medicina. Es muy voluble y excéntrico en sus estudios; pero ha hecho un gran acopio de conocimientos poco corrientes que asombrarían a sus profesores.” (STUD: 55)

Vemos por tanto como Sherlock Holmes, es presentado como un químico de primera que se encuentra en esos momentos trabajando en el laboratorio de

química de un hospital, pero sin embargo sus estudios académicos no están del todo claros. Parece ser que no siguió una carrera universitaria en concreto sino que fue asistiendo a clases de diversas disciplinas, atendiendo tan sólo al criterio de sus propios intereses intelectuales. Estas peculiaridades avivan la curiosidad de Watson, que una vez comienza a convivir con Holmes trata de averiguar a qué se dedica su nuevo compañero:

No era Medicina lo que estudiaba. [...] Tampoco parecía haber seguido en sus lecturas ninguna norma que pudiera calificarlo para graduarse en una ciencia determinada o para entrar por uno de los pórticos que dan acceso al mundo de la sabiduría. Pero, con todo eso, era extraordinario su afán por ciertas materias de estudio. (STUD: 61)

Si bien Watson no especifica en este párrafo a qué materias se refiere, sin duda una de ellas tiene que ser la química. En la conversación que mantienen para ponerse de acuerdo en compartir piso, Holmes le advierte: *“Por lo general, yo suelo tener a mano sustancias químicas, y de cuando en cuando realizo experimentos. ¿Le serviría eso de molestia?”* (STUD: 59). No suele ser habitual que alguien haga experimentos de química en casa, y esa es una de las muchas excentricidades que mantendrá a lo largo de toda su vida este genial personaje. Watson tarda poco en poder comprobarlo por sí mismo y nos describe sus manos diciendo que siempre estaban manchadas de productos químicos, y que estaban dotadas de una delicadeza tremenda al manipular sus frágiles instrumentos de laboratorio (STUD: 61).

A cualquier lector de las historias de Sherlock Holmes no se le escapa que efectivamente la química es su gran pasión, ya que en muchos de los relatos aparecen referencias a su afición. En el relato titulado “La corbeta Gloria Scott”, Holmes le narra a Watson el que fuera el primer caso en el que se vio envuelto, cuando aún era un estudiante universitario: *“Todo esto sucedió durante el primer mes de las vacaciones de verano. Regresé a mis habitaciones en Londres, donde pasé siete semanas haciendo algunos experimentos de química orgánica.”* (GLOR, 157). Y después de esas palabras continúa con el relato de la historia sin dar más explicaciones, como si fuera algo trivial que un estudiante dedique las vacaciones de verano a encerrarse en su cuarto para experimentar con sustancias químicas sin mayor afán que el del puro conocimiento.

Es en esta misma historia en la que Holmes descubre su vocación profesional como detective, gracias a las alabanzas y el consejo del que será la víctima de esta primera investigación. El juez Trevor, padre del único amigo que Holmes hizo en sus dos años en la Universidad, queda deslumbrado ante uno de los habituales ejercicios de observación y deducción que hicieron famoso al gran Sherlock.

- No sé cómo lo consigue, señor Holmes, pero me da la impresión de que todos los detectives de hecho y de ficción son niños a su lado. Por aquí tiene que orientar su vida, y se lo dice un hombre que ha visto algo de mundo.”

Y ese consejo [...] fue, Watson, lo primero que me hizo pensar que podía convertir en profesión lo que hasta entonces solo había supuesto para mí un mero entretenimiento. (GLOR: 155-156)

Si bien abandona los estudios universitarios para establecerse como “detective consultor”, nunca deja de lado la química, como nos atestigua su fiel compañero Watson, que a lo largo de sus años de convivencia tuvo que sufrir esta inclinación de su amigo:

A mi regreso encontré a Holmes abatido y de bastante mal humor. Apenas se dignó a responder mis preguntas y estuvo toda la noche ocupado en un abstruso análisis químico que incluía mucho calentamiento de retortas y destilación de vapores, culminando en un olor tan desagradable que casi me expulsa del apartamento. Hasta las primeras horas de la madrugada estuve oyendo el tintineo de sus tubos de ensayo, que me indicaba que continuaba enfrascado en su maloliente experimento. (SIGN: 628-629)

Bien sea por el hermetismo de Holmes es estos temas, o porque Watson carece de los conocimientos, o el interés necesarios, el caso es que en ocasiones el lector se queda intrigado por la naturaleza de los experimentos químicos de Sherlock. En esta ocasión sin embargo, Holmes acaba confesando que en ocasiones simplemente se refugia en la química para evadirse y dar un descanso a su cerebro, y poder retomar después el caso criminal en el que está trabajando:

—Le voy a explicar cómo andan las cosas, Watson. ¿Recuerda lo mucho que me molestó verme frustrado por un obstáculo tan pequeño? [...] Pues bien, le concedí a mi cerebro un descanso completo, enfrascándome en un análisis

químico. Uno de nuestros más grandes estadistas ha dicho que el mejor descanso es un cambio de ocupación. Y es verdad. Cuando conseguí disolver el hidrocarburo con el que estaba trabajando, volví al problema de los Sholto y repasé una vez más todo el asunto. (SIGN: 635)

En otras ocasiones sucede lo contrario, y es la propia investigación criminal la que interrumpe los experimentos químicos que Holmes realiza, aparentemente, por puro amor a la ciencia. Al comienzo del relato “La aventura de los monigotes”, Watson nos describe lo que podría ser una mañana cualquiera en la vida de su compañero: *“Holmes llevaba varias horas sentado en silencio, con su larga y delgada espalda doblada sobre un recipiente químico en el que hervía un preparado particularmente maloliente.”* (DANC, 1253). La llegada de una misteriosa carta, y la posterior visita del hombre que se la había enviado, dieron por finalizada la tranquilidad de esa mañana, haciendo que Holmes tuviera que abandonar sus experimentos temporalmente para iniciar la investigación del caso. Sin embargo, una vez realizadas las pesquisas imprescindibles sobre el terreno, no duda en volver a sus quehaceres químicos:

—Creo, inspector — comentó Holmes—, que lo mejor será que telegrafíe pidiendo refuerzos, pues, si mis cálculos son correctos, puede usted tener que conducir a la cárcel del condado a un preso muy peligroso. [...] Si sale esta tarde algún tren para Londres, Watson, creo que haríamos bien en cogerlo, porque tengo que terminar un análisis químico bastante interesante y esta investigación está a punto de concluir. (DANC:1267)

Nuevamente el lector se queda sin conocer la naturaleza de ese análisis químico que el detective se trae entre manos, y que parece que interesa más a Holmes que el propio caso criminal en el que se ve envuelto casi por obligación.

En otras ocasiones queda claro que sus conocimientos químicos y su destreza experimental también le ayudan en la resolución efectiva de los casos, moviéndose en el campo de la química aplicada a la investigación forense. En el relato titulado “El tratado naval”, Watson llega a Baker Street para hacerle una visita a su antiguo compañero de piso:

Holmes, ataviado con un batín, estaba sentado en su mesa de trabajo, trabajando afanosamente en una investigación química. Una larga y curvada retorta estaba hirviendo furiosamente sobre la llama azulada del mechero de Bunsen y las gotas destiladas se iban condensando en una medida de dos litros.

[...] Introducía su pipeta de cristal en una botella y en otra, extrayendo de ellas unas cuantas gotas, y finalmente puso sobre la mesa un tubo de ensayo que contenía cierta solución. En la mano derecha tenía un trocito de papel de tornasol.

—Llega en un momento crítico, Watson—dijo—. Si el papel permanece azul, es que todo va bien. Si se pone rojo, significa la vida de un hombre.

(NAVA: 864-865)

De una manera o de otra, la química siempre está presente en la vida de Sherlock Holmes, y cuando no tiene tiempo para sus experimentos los añora. En “El problema final”, Holmes se enfrenta a uno de sus rivales más difíciles, un adversario temible y que estaba a la altura del propio detective, el misterioso Profesor Moriarty:

—La maldad de ese hombre impregna todo Londres y nadie ha oído hablar de él. Esto es lo que le coloca en la cumbre del crimen. Le digo, Watson, con toda seriedad, que si pudiera derrotar a ese hombre [...] me parecería haber alcanzado la cima de mi carrera y podría disponerme a llevar una vida más placida, [...] y poder concentrarme en mis investigaciones químicas.

(FINA: 1013)

Acabamos de ver, por tanto, cuáles serían los planes ideales de jubilación del gran maestro de los detectives: retirarse tranquilamente a una vida de relajación e investigaciones químicas. Lamentablemente, el relato termina con la muerte trágica de ambos, tanto Holmes como Moriarty, por lo que los planes de jubilación del detective no se cumplen. Conan Doyle, aburrido y celoso de la abrumadora popularidad que había conseguido su personaje entre el público, decidió escribir un gran final de despedida. En este relato Holmes se enfrenta cuerpo a cuerpo en los alpes suizos a su archienemigo el profesor Moriarty, cayendo finalmente ambos al abismo en las cataratas de Reichenbach. Nadie presenció el trágico desenlace, pero todas las evidencias encontradas en la zona no dejaban ninguna duda de lo sucedido. Así creyó desembarazarse Conan Doyle de su personaje estrella, pero fueron tantas las presiones recibidas por los admiradores del detective, por los editores, e incluso por la propia madre del escritor, que diez años después se ve obligado a hacerle resucitar. En el relato “La casa vacía”, publicado en 1903, Holmes reaparece frente a su fiel amigo Watson, que aún llora la tragedia sucedida tres años atrás. Lógicamente la reaparición del difunto deja boquiabierto al buen doctor, que necesita un tiempo para asimilar las explicaciones del detective. Holmes no cayó junto con Moriarty al abismo, pero decidió simularlo y desaparecer durante un tiempo para que los

esbirros criminales de Moriarty lo dieran por muerto y dejara de correr peligro su vida. Fueron tres años los que Holmes simuló estar muerto, y así le explicó a Watson en qué dedicó ese tiempo:

Así pues, me dediqué a viajar durante dos años por el Tíbet, y me entretuve visitando Lhasa y pasando unos días con el Gran Lama. [...] Después atravesé Persia, me detuve en La Meca y realicé una breve pero interesante visita al califa de Jartum. [...] De regreso en Francia, pasé varios meses investigando sobre los derivados del alquitrán de carbón en un laboratorio de Montpellier, en el sur de Francia. Habiendo concluido la investigación con resultados satisfactorios, y enterado de que solo quedaba en Londres uno de mis enemigos, me disponía a regresar [...]

(EMPT, 1036)

El alquitrán de hulla era uno de los subproductos derivados del proceso de destilación del carbón para obtener el gas utilizado en las farolas de las calles de Londres en la época de Holmes. Ese alquitrán en un principio era desechado, ya que no se conocía ninguna aplicación, pero poco a poco los químicos fueron capaces de extraer sustancias útiles para la industria (O'Brien, 2013). Como es habitual, Holmes no aporta más detalles de su investigación química realizada en este caso en Montpellier, pero el hecho de que dedicara tiempo al estudio de los derivados del alquitrán demuestra que se mantenía muy al tanto de los últimos conocimientos en materia de química de su época.

Todos estos ejemplos extraídos de las novelas y relatos de Sherlock Holmes explican por qué el detective fue considerado un “químico de primera”. Tanto es así, que en 2002 el personaje recibe un póstumo homenaje por parte de la “*Royal Society of Chemistry*”, convirtiéndole en miembro de honor de la misma. La institución decide darle la membresía por el amor a la química mostrado por Holmes y la forma en la que contribuyó a la utilización de las técnicas químicas en aras del bien común. Para esta prestigiosa sociedad académica británica, Sherlock Holmes, a pesar de no haber existido realmente, es considerado un personaje legendario que utilizaba sus conocimientos químicos para luchar contra el crimen de una forma desapasionada y analítica, como hacen hoy en día los agentes de la ley a través de los diversos métodos que constituyen la ciencia forense. (Royal Society of Chemistry, 2002).

4.3 Ríos de tinta acerca de la química holmesiana

Como acabamos de ver, no hay duda de que Holmes amaba la química. Sus palabras y sus acciones así nos lo indican, ya que “cualquiera que encuentre reparador un análisis químico está evidentemente dedicado a la ciencia” (O’Brien, 2013:182). Sin embargo, no todos los estudiosos de la obra de Sherlock Holmes han estado siempre de acuerdo en considerarlo efectivamente un “químico de primera”.

Aunque resulte increíble, durante casi un siglo han corrido ríos de tinta sobre el asunto de la química en las historias de Sherlock Holmes. Podemos encontrar desde artículos que abarcan todo el canon holmesiano desde el punto de vista químico (Coppola, 1995; Graham, 1945) hasta artículos dedicados específicamente a un asunto concreto. Como ejemplo de esto último encontramos el artículo de Caplan (1989) titulado “¿Por qué derivados del alquitrán de hulla en Montpellier?”, que apunta a que Holmes se implicó en un estudio científico para conseguir extraer tintes sintéticos a partir del alquitrán, importantísimos para la industria textil británica debido a que podrían abaratar mucho los costes comparado con los tintes naturales (O’Brien, 2013). Otro ejemplo lo encontramos en el artículo de Huber (1987), en el que se hace un estudio riguroso del test para revelar manchas de sangre, descubrimiento del que tanto se jactó Holmes en la novela “Estudio en escarlata”:

— ¡Ya di con ello! ¡Ya di con ello! — gritó a mi acompañante, y vino corriendo hacia nosotros con un tubo de ensayo en la mano—. He descubierto un reactivo que es precipitado por la hemoglobina y nada más que por la hemoglobina.

Los rasgos de su cara no habrían irradiado deleite más grande si hubiera descubierto una mina de oro. (STUD: 57)

La autora hace una revisión de las diferentes pruebas existentes en la época de Holmes, descartando que Conan Doyle se limitara a copiar alguna de ellas, y llega a la conclusión de que Holmes efectivamente había descubierto un nuevo método, eficaz y riguroso para la detección de las manchas de sangre.

Sin embargo, no todos los estudiosos del canon holmesiano están de acuerdo en resaltar las excelentes capacidades químicas del gran detective. Uno de los principales críticos en este aspecto fue el ya desaparecido Isaac Asimov. Este prolífico escritor, historiador, profesor de bioquímica y divulgador científico,

fue además un amante incondicional de las historias detectivescas de Sherlock Holmes. No obstante, su extensa formación científica en este ámbito le llevó a analizar los aspectos químicos del canon holmesiano desde un punto de vista objetivo, sin dejarse llevar por su pasión por el personaje. En 1980 escribió un artículo (Asimov, 1980) en el que criticaba pormenorizadamente los conocimientos reales de química de Sherlock Holmes, llegando a llamarle “el químico metepatas” (O’Brien, 2014: 167). Podemos encontrar también entre su extensa obra un ensayo (Asimov, 1987) dedicado al análisis de Sherlock Holmes como químico, destacando las imprecisiones sobre la materia cometidas por el detective, y que Asimov achacaba a la falta de rigurosidad científica de Conan Doyle a la hora de escribir sus relatos.

Una de las críticas de Asimov sobre los errores de bulto cometidos por el detective se refiere al relato titulado “El misterio de Cooper Beeches”. En un momento dado de la historia, Holmes recibe un telegrama que le hace abandonar su actividad en el laboratorio químico que el detective tiene en casa. “*Quizá sea mejor que aplaze mi análisis de las acetonas*” dice Holmes textualmente (COOP, 810). Asimov señala que tan solo existe una molécula que reciba el nombre químico de acetona, y que Holmes, o mejor dicho, su autor Conan Doyle, está confundiendo la parte con el todo, al considerar la acetona como una clase química, confundiéndola con el grupo de las cetonas a la que pertenece.

Otra de las críticas está dedicada a la primera novela, “Estudio en Escarlata”, precisamente al test de detección de sangre que Holmes descubre, y al que como hemos visto en el apartado anterior, Huber (1987) dedica un entusiasta artículo. En este caso, Asimov no entra a discutir ni la existencia ni la posible efectividad del test, sino que su crítica se centra en que pueda ser tan sensible como el detective alardea. Holmes, tratando de impresionar a un boquiabierto doctor Watson que acaba de conocer al excéntrico personaje, habla de la extraordinaria sensibilidad de su descubrimiento como sigue:

— Procurémonos un poco de sangre reciente —dijo clavándose en el dedo una larga aguja y vertiendo dentro de una probeta de laboratorio la gota de sangre que extrajo de un pinchazo—. Y ahora, voy a mezclar esta pequeña cantidad de sangre con un litro de agua. Fíjese en que la mezcla resultante presenta la apariencia del agua pura. La proporción en que está la sangre no excederá de uno a un millón. Pues, con todo y con ello, estoy seguro de que podremos obtener la reacción característica. (STUD, 57)

Es decir, Holmes prepara una disolución acuosa con una gota de sangre disuelta en un litro de agua, y afirma que la proporción de la mezcla resultante no excederá de uno entre un millón. Asimov hace sus propios cálculos y determina que la concentración en realidad sería mucho menor, alrededor de 1 entre 50.000. Por ello, Asimov considera que, o bien Holmes no sabía hacer los cálculos químicos más sencillos, o bien simplemente había exagerado para dar una mayor importancia a su descubrimiento, algo imperdonable entre la comunidad científica.

Otros autores como O'Brien (2013), acusan a Asimov de ser demasiado duro en estas críticas, y encuentra otras posibles explicaciones a lo que a primera vista pueden parecer errores. En el caso de las acetonas por ejemplo, O'Brien invoca referencias bibliográficas de la Inglaterra victoriana de finales del siglo XIX, en las que se acepta el término "acetona" para nombrar el conjunto de moléculas que hoy en día se conocen como "cetonas". Es decir, O'Brien sostiene que se trata de un problema de nomenclatura química antigua, y que ningún químico de la época lo hubiera considerado un error. Por otro lado, en el caso del test de sangre, O'Brien recuerda que las concentraciones se pueden calcular en términos de masa o volumen, y que precisamente en Europa, la tradición química es hacer el cálculo en términos de masa, a diferencia de los cálculos realizados por Asimov (químico estadounidense) que utilizó la proporción en volumen. Lamentablemente Asimov ya no puede dar la réplica a O'Brien, pero sin duda otros autores lo habrán hecho o lo harán en el futuro porque la química de Sherlock Holmes siempre ha sido un asunto que ha despertado pasiones entre sus seguidores.

5. Propuesta didáctica para el aula

La propuesta didáctica que aquí se presenta consiste en la utilización de la novela “Estudio en Escarlata” de Arthur Conan Doyle como una estrategia en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la materia de química para los alumnos de Bachillerato, fomentando a su vez el hábito lector entre los alumnos considerados “de ciencias”. A partir de la lectura de la obra y de las actividades que se proponen, se pretende darle un sentido al estudio de la química, haciendo ver a los alumnos que esta materia puede aplicarse a la vida real de muchas maneras diferentes, incluso en las investigaciones criminales.

Si bien los alumnos serán animados a leer la novela completa, las actividades didácticas que se realizarán en el aula están relacionadas con una pequeña parte de la misma, en concreto los dos primeros capítulos, que serán los únicos de obligada lectura. En el primer capítulo se describe el momento en el que Sherlock Holmes y Watson se conocen, precisamente en un laboratorio de química y en un momento de especial relevancia para la química forense: el descubrimiento de Holmes de una prueba química fiable para la detección de sangre. En el Anexo 2 de este trabajo se presenta el texto extraído de la novela con el que se va a trabajar con el alumnado. Por otro lado, en el segundo capítulo de la novela se tocan varios aspectos interesantes desde el punto de vista didáctico, en referencia al método científico, por lo que muchas de las cuestiones de las actividades de la propuesta son referentes a ese capítulo.

5.1 Apuntes previos para el docente

Como ya se ha señalado anteriormente, son muchos los alumnos que demuestran falta de interés por la materia de química y en ocasiones manifiestan que se debe a que no le encuentran aplicaciones prácticas a lo que están estudiando. De alguna manera, podemos ver reflejada esa situación en el diálogo que sostienen Watson y Holmes en el momento en el que el detective explica, visiblemente excitado, que acaba de encontrar *“un reactivo que es precipitado por la hemoglobina y nada más que por la hemoglobina.”* (STUD: 57):

— [Watson] No hay duda de que químicamente es una cosa interesante— contesté—. Ahora que prácticamente...

— [Holmes] Pero, hombre, ¡si es el descubrimiento de mayores consecuencias prácticas hecho en muchos años en la Medicina legal! Fíjese: nos proporciona una prueba infalible para descubrir las manchas de sangre. ¡Venga usted a verlo!

Una actividad como la que se presenta en esta propuesta didáctica puede ayudar al docente a cambiar las ideas preconcebidas de carácter negativo que en ocasiones presenta el alumno, a la vez que se tratan conceptos pertenecientes al currículo de química de una forma original y participativa.

5.1.1 Química forense como arma en la lucha contra el crimen

Acabamos de leer cómo Holmes creyó hacer un descubrimiento importantísimo para la Medicina legal realizando sus experimentos en un laboratorio de química. En el siglo XIX comenzaba a desarrollarse lo que hoy conocemos por Ciencia forense, es decir, la aplicación de los métodos científicos para el análisis de las evidencias relacionadas con un caso criminal (O'Brien, 2013). En los albores de esta ciencia aplicada generalmente se utilizaba el término de Medicina legal, debido a que eran principalmente médicos los que se involucraban en este ámbito, pero en la actualidad la ciencia forense abarca un gran abanico de áreas como la química, la física, la biología, etc.

La química forense es una de las ramas de la química aplicada que estudia las interacciones entre compuestos de naturaleza orgánica e inorgánica pertenecientes a muestras recogidas en el lugar en el que se ha cometido un crimen. Su objetivo es el de contribuir al esclarecimiento del hecho delictivo, aportando pruebas científicas obtenidas a partir de técnicas cualitativas y cuantitativas. Es decir, *“la química forense es la química analítica aplicada a la criminología”* (Valdebenito y Báez, s.f.).

Posiblemente al alumnado le resulte interesante conocer que la química forense es uno más de los posibles caminos que tiene un profesional químico en el desarrollo de su carrera profesional. En nuestro país este tipo de profesionales se encuadran dentro del grupo de Policía Científica del Cuerpo Nacional de Policía, o en su equivalente dentro del Cuerpo de la Guardia Civil; también como

personal del INTCF (Instituto Nacional de Toxicología y Ciencias Forenses), adscrito al Ministerio de Justicia.

Las funciones de un químico forense son fundamentalmente tres (Valdebenito y Báez, s.f.): el análisis de las muestras en el laboratorio, la interpretación de los resultados obtenidos y la elaboración de informes con los mismos, y finalmente, se puede llegar a tener que defender esos resultados en los juicios que se deriven de la investigación criminal correspondiente, testificando en calidad de perito en la materia.

En la actualidad, el campo de la química forense es muy amplio, pudiéndose realizar análisis de todo tipo: test de drogas, análisis de rastros de pintura, análisis de residuos de armas de fuego, análisis toxicológicos, detección de manchas de sangre, análisis de muestras biológicas, etc. (Valdebenito y Báez, s.f.) Hoy en día, la posibilidad de aislar el ADN procedente de una muestra biológica recogida en el escenario de un crimen es de vital importancia y puede facilitar mucho la resolución de un caso, pero las técnicas que lo permiten son relativamente nuevas, y desde luego no existían a finales del siglo XIX, época en la que se encontraba inmerso nuestro detective Sherlock Holmes.

5.1.2 Las pruebas de detección de sangre en el siglo XIX

Durante el siglo XIX, muchos presuntos criminales escaparon de la justicia porque no se podía demostrar que las manchas encontradas en sus ropas fueran manchas de sangre, al no existir métodos fiables de distinguirlas de otro tipo de manchas como óxido, pintura, etc. (Thompson, 2012; Sutherland, 1907). Incluso en los casos en los que se tenía la certeza de que se trataba de sangre, no se podía determinar a ciencia cierta si se trataba de sangre humana o de cualquier otra especie animal. Por ello, un gran número de científicos europeos realizaron grandes esfuerzos para encontrar alguna forma fiable de identificar la sangre, especialmente la humana, en sus diferentes estados, incluso en manchas secas producidas por transferencia durante la comisión del crimen. Así critica Holmes alguna de esas pruebas, a la vez que ensalza la suya propia:

— La tradicional prueba del guayacán resultaba muy tosca e insegura. Y lo mismo ocurre con la búsqueda microscópica de corpúsculos de la sangre. Esta

última demostración carece de valor si las manchas datan de algunas horas. Pues bien: esta mía actúa, según parece, con igual eficacia tanto si la sangre es vieja como si es reciente. De haber estado ya inventada, esta demostración, centenares de personas que hoy se pasean por las calles habrían pagado hace tiempo la pena debida a sus crímenes. (STUD: 57-58)

La prueba del guayacán de la que habla Holmes fue una de las más conocidas y utilizadas durante el siglo XIX para la detección de manchas de sangre. El guayacán es un árbol de crecimiento lento originario de climas tropicales, de cuya madera extraordinariamente dura se extrae una resina, que es la que se utiliza para realizar esta prueba. Surgieron unas cuantas variantes, pero tal vez la más relevante es la conocida como “prueba de van Deen” (Sutherland, 1907). Esta prueba consistía en verter unas gotas de tintura de guayacán sobre la mancha sospechosa de contener sangre, y a continuación añadir unas gotas de aguarrás (trementina). Si la mancha contenía sangre, a los pocos segundos aparecía un color azul característico. Otras versiones posteriores utilizaron peróxido de hidrógeno en lugar de aguarrás, obteniendo el mismo resultado. Sherlock calificó, con buen criterio, de insegura a esta prueba, ya que por un lado perdía efectividad rápidamente para manchas secas de varias semanas, y por otro lado, el color azul característico también aparecía ante la presencia de otras sustancias en la mancha, como sangre, pus, leche, etc. (Sutherland, 1907; McGowan, 1987). Es por ello que Holmes se vanagloria de que su reactivo reacciona con la hemoglobina de la sangre, y solo con la hemoglobina, refiriéndose con esto a los falsos positivos que se obtenían continuamente con la prueba del guayacán. Sin embargo, sí se consideraba una prueba fiable en cuanto a los resultados negativos, pudiéndose descartar entonces la presencia de sangre en la mancha. Huber (1987) nos explica cómo una versión moderna de esa prueba se utiliza para detectar presencia de sangre en muestras de heces humanas, utilizando tiras de papel impregnadas en extracto de guayacán y añadiendo peróxido de hidrógeno a la muestra. Si bien se pueden producir falsos positivos, es una prueba sencilla, rápida y de bajo coste.

La otra referencia que hace Holmes es a la “*búsqueda microscópica de corpúsculos de la sangre*” y dice que “*carece de valor si las manchas datan de algunas horas.*” (STUD: 57). Los corpúsculos de la sangre que menciona Holmes

se tratan de los glóbulos rojos de la sangre, y efectivamente, el uso del microscopio para detectarlos estaba muy extendido también en el campo de la medicina legal. Este método tenía como objetivo, no solo la observación de glóbulos rojos de la sangre, sino también distinguir si se trataba de sangre humana o de otra especie animal, cosa que la prueba de Holmes, si bien no lo menciona, sería incapaz de diferenciar. Lo cierto es que para sangre fresca, o manchas que tuvieran muy poco tiempo, un microscopista experto podía encontrar fácilmente esos “corpúsculos” de la sangre, pero para manchas muy secas la prueba se degradaba rápidamente. Mucho más polémica era la cuestión de si efectivamente se podían diferenciar los glóbulos rojos de la sangre humana del resto de especies con los medios de aquella época. Se publicaron numerosos artículos sobre las diferencias encontradas entre las apariencias de los glóbulos de diferentes especies, así como de la variedad de tamaños de los mismos. Parece que había un consenso bastante amplio en que era relativamente sencillo distinguir al microscopio los glóbulos rojos procedentes de mamíferos, de otras especies animales como reptiles, peces, aves, etc. Sin embargo, más allá de eso, parece que distinguir los glóbulos rojos de sangre humana de una especie animal tan lejana aparentemente a nosotros como una cobaya, era materialmente imposible en la época (Sutherland, 1907).

Aparte de estos métodos mencionados por Holmes, muchas otras pruebas se desarrollaron. McGowan(1987, citado en Rahn, 2014) recopila y evalúa hasta once pruebas publicadas entre los años 1800 y 1887, año en el que se publicó la novela “Estudio en escarlata”. Entre ellas hay algunas de lo más curiosas, como la llamada “Prueba de Barruel”, cuyo nombre se debe a su creador, J.P. Barruel. Este químico francés anunció en 1829 haber descubierto que al verter ácido sulfúrico sobre una preparación que contuviera sangre, se desprendía un olor característico, más bien un hedor, y que además un olfato entrenado podía llegar a discernir a qué especie animal correspondía la sangre (Sutherland, 1907). Ni que decir tiene que este método recibió un sinfín de críticas, todas ellas bastante merecidas, por la falta de rigor científico de su creador, que proponía confiar la vida de un acusado en un tribunal en una prueba tan poco científica como el olfato entrenado de un perito.

Otro método que utilizaba también una solución concentrada de ácido sulfúrico era la conocida como “prueba de Bryk”, que se basaba en la

observación bajo el microscopio del cambio de color que experimentaban las fibras procedentes de una prenda manchada de sangre al verse sometidas a la acción del ácido. El método era muy poco fiable, ya que su creador apuntaba a un amplio rango de colores definidos de una forma muy vaga y difíciles de distinguir entre sí, que abarcaban desde el verde pálido hasta el rosa, pasando por el marrón rojizo y el rojo ladrillo (Sutherland, 1907).

La observación con microscopio es también necesaria para la “prueba de Teichmann” de 1853, en la que se utilizaba como reactivo a añadir a la muestra el ácido acético glacial, en presencia de una minúscula cantidad de sal común. Tras calentar la mezcla, dejando que se evaporara el ácido acético, se observaba al microscopio en busca de unos pequeños cristallitos de color parduscos característicos, que se supone solo aparecían en caso de que hubiera sangre en la muestra original.

Otras pruebas propuestas eran de lo más simples, como la de Zahn en 1871, que consistía simplemente en verter peróxido de hidrógeno sobre una mancha, que en el caso de que contuviera rastros de sangre reaccionaría apareciendo numerosas burbujitas gaseosas. Tan solo un año después, apareció la prueba de Sonnenschein, que consistía en tratar la mancha sospechosa de sangre con una solución saturada de wolframato de sodio, añadiendo a continuación unas gotas de simple ácido acético. Si la mancha efectivamente contenía sangre tras la reacción se obtiene un precipitado de color marrón rojizo o chocolate.

Con este breve repaso de algunas de las pruebas desarrolladas para detectar de una forma fiable la presencia de sangre en el siglo XIX, se tiene un mejor contexto para comprender la importancia real del supuesto descubrimiento que Sherlock Holmes hace en su “Estudio en escarlata”.

5.1.3 La prueba de detección de sangre de Sherlock Holmes

Si bien Holmes no especifica los compuestos químicos que utiliza, el narrador de la historia y a la vez testigo presencial de ese momento clave, el doctor Watson, describe así lo que sucede:

— Procurémonos un poco de sangre reciente —dijo clavándose en el dedo una aguja larga y vertiendo dentro de una probeta del laboratorio la gota de sangre que extrajo del pinchazo—. Y ahora, voy a mezclar esta pequeña cantidad de sangre con un litro de agua. Fíjese en que la mezcla resultante presenta la

aparición del agua pura. La proporción en que está la sangre no excederá de uno a un millón. Pues, con todo y con ello, estoy seguro de que podremos obtener la reacción característica.

— Mientras hablaba, echó en la vasija unos pocos cristales blancos, agregando luego unas gotas de un líquido transparente. La mezcla tomó inmediatamente un color caoba apagado, y apareció en el fondo de la vasija de cristal un precipitado de polvo pardusco.

— ¡Ajá! — exclamó, palmoteando y tan encantado como un niño con un juguete nuevo—. ¿Qué me dice usted de eso?

— Parece una demostración muy sutil— le dije. (STUD:57)

En primer lugar prepara la disolución, simplemente añadiendo una gota de sangre a un litro de agua y removiendo. A continuación realiza una serie de pasos: añade unos pocos cristales blancos y después unas gotas de un líquido transparente. Inmediatamente se produce una reacción química cuyo resultado tiene dos efectos visibles: por un lado la mezcla cambia de color, pasando a un color caoba apagado, y por otro lado se produce un precipitado de polvo pardusco. Esto es todo lo que nos deja conocer Sherlock Holmes de su prueba, de la cual afirma ser totalmente fiable, de una alta sensibilidad, y por si fuera poco es válida tanto para sangre fresca como manchas antiguas. Nunca fue el fuerte de Holmes la modestia precisamente. Aunque lo cierto es que tampoco se sobrepasa, ya que en ningún momento habla de si es capaz de diferenciar la sangre humana de la animal. Simplemente afirma que el reactivo que ha descubierto *“es precipitado por la hemoglobina y nada más que por la hemoglobina”*, con lo cual descarta tanto los falsos positivos como los falsos negativos en su prueba, lo cual ya es todo un logro.

Por mucho que se indague en el resto de la novela, e incluso de todos los relatos de Sherlock Holmes escritos por Conan Doyle, no se encuentra una información más precisa sobre este experimento, por lo que aparentemente el personaje se habría llevado a la tumba, de ficción en este caso, la composición exacta del reactivo utilizado.

Ha pasado ya más de un siglo desde que se escribió la novela, y no han sido pocos reconocidos sherlockianos, amantes estudiosos de las obras del genial detective, los que han elucubrado sobre la posible naturaleza real del experimento de la prueba de sangre de Sherlock Holmes relatada en “Estudio en

escarlata”. La primera conclusión a la que McGowan llegó al publicar en 1987 su revisión de las once pruebas conocidas en el siglo XIX, fue que ninguna de ellas encajaba con la descripción del proceso realizado por Holmes. Por lo tanto, lo que se puede afirmar al menos es que Holmes, o mejor dicho Conan Doyle, no se limitó a tomar prestada para su historia una prueba ya existente, sino que se trataba de una prueba totalmente original. Además, según la opinión de McGowan, los conocimientos químicos de Sherlock Holmes excedían a la mayor parte de los creadores de las otras pruebas- El experimento en sí estaba basado en la composición química de la propia sangre, siendo Holmes conocedor de la reacción de oxidación-reducción, la cual utilizó para precipitar el hierro de la hemoglobina (Rahn, 2014).

Finalmente Huber va incluso más allá, atreviéndose a poner nombre y apellidos químicos a los reactivos de la reacción descrita por Holmes, publicando en 1957 un artículo cuyo título lo deja claro “La prueba de sangre de Sherlock Holmes: la solución a un misterio centenario”. Esta autora considera que el experimento que describe Holmes se parece asombrosamente a los primeros pasos de un método que se utiliza en la actualidad en la preparación de una muestra de sangre para la cuantificación de los diferentes tipos y concentraciones de hemoglobina utilizando la electroforesis. La sangre de un individuo adulto está compuesta por varios tipos de moléculas de hemoglobina ligeramente diferentes. Cuando se agrega la sangre al agua, los glóbulos rojos se rompen liberando su contenido. Si la solución se torna alcalina mediante una base química, la molécula de hemoglobina se desnaturaliza. Añadiendo otro químico, la mayor parte de los diferentes tipos de hemoglobina son precipitados (Huber, 1987). Huber está convencida de que el tipo de químicos que emplea Sherlock Holmes en su prueba, y el orden exacto en que los va añadiendo, coinciden perfectamente con la preparación de la hemoglobina para la electroforesis.

Los esquivos elementos químicos que Holmes evitó nombrar en su famosa prueba serían, según Huber, los siguientes: hidróxido sódico (los cristalitos blancos) y una solución saturada de sulfato de amonio (el líquido transparente). Si bien el hidróxido sódico, conocida comúnmente como sosa caustica, hoy se puede encontrar con facilidad en forma de bolitas blancas, en la época de Holmes parece que era habitual la preparación en forma de pequeños cristales

blancos, por lo que en principio, la propuesta de Huber encaja con la descripción de Holmes. En su artículo, Huber reproduce la prueba de Sherlock Holmes utilizando estos compuestos (ver Práctica 1 del anexo 5), indicando cantidades y tiempos para la preparación, afirmando que los resultados son totalmente satisfactorios y que se trata de una prueba fiable para la detección de sangre, aunque como era de esperar, no discrimina entre sangre humana o de cualquier otra especie animal.

Hay que resaltar sin embargo, y la misma autora lo hace en su artículo, que las cantidades que ella utiliza no son las mismas que utilizó Holmes, usando en este caso mucha menos cantidad de agua en la disolución inicial. De realizarse el experimento con las cantidades exactas (una gota de sangre en un litro de agua), los resultados no serían concluyentes en absoluto y la prueba no podría considerarse fiable, pero al menos es una muy buena aproximación y parece que Holmes tuvo una buena intuición de una prueba que se desarrollaría bastante tiempo después de la suya.

Otra prueba que, según Thompson (2012), guarda cierta similitud con el experimento de Sherlock Holmes es la conocida como prueba de Kastle-Meyer (ver práctica 2 del anexo 5). Esta prueba data del año 1901, y sigue usándose en la actualidad por ser una forma rápida, limpia y económica de hacer una primera inspección en búsqueda de sangre en una mancha. Una ventaja de la prueba es que no es destructiva, por lo que la muestra puede volver a ser analizada después de realizar la prueba. La semejanza con la prueba de Sherlock Holmes es bastante discutible en este caso, ya que se utilizan tres reactivos en lugar de dos, y todos en estado líquido, pero Thompson argumenta que se puede deber a que Conan Doyle prefirió camuflar ligeramente la descripción de la prueba al escribir la novela para que nadie le copiara la idea. En resumen, en esta prueba se toma una pequeña muestra de la mancha sospechosa de sangre en un bastoncillo de algodón humedecido con agua destilada, a continuación se añaden unas gotas de etanol para limpiar la muestra de impurezas. Tras unos segundos se añaden una o dos gotas de la solución de Kastle-Mayer (cuya preparación se describe en la práctica 3 del anexo 5) preparada con fenoftaleína, y finalmente se añade una o dos gotas de peróxido de hidrógeno. Inmediatamente aparecerá un color rosa intenso, indicando la presencia de sangre en la muestra.

Las dos propuestas, la de Huber y la de Thompson, son claramente diferentes, y aparentemente sencillas de realizar. Por ello pueden ser buenos candidatos a ser reproducidas en el laboratorio de química con nuestros alumnos, como una de las actividades relacionadas con la lectura de la novela.

5.2. Desarrollo de la propuesta didáctica

Como ya se ha indicado a lo largo de este trabajo en repetidas ocasiones, el diseño de esta propuesta didáctica está enfocada al alumnado que cursa la opción del Bachillerato de Ciencias, quedando a elección del docente su aplicación en la asignatura de Física y química de 1º, a la asignatura de química en 2º curso, o a ambas simultáneamente. Dentro de la programación didáctica del curso, estas actividades se encuadrarían dentro del Bloque 1 de contenidos especificados por la LOMCE para ambos cursos, dedicado a “La actividad científica”. Generalmente este es un bloque de contenidos que no se suele programar en forma de unidad didáctica separada del resto, sino que es más adecuado abordarlo a lo largo de todo el curso debido al carácter claramente transversal de sus contenidos.

A continuación se incluye las tablas correspondientes a los contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables del bloque de contenidos referido para los dos cursos:

Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
Bloque 1. La actividad científica		
El método científico: sus etapas. Medida de magnitudes. Sistema Internacional de Unidades. Notación científica. Utilización de las Tecnologías de la Información y la Comunicación. El trabajo en el laboratorio. Proyecto de investigación.	1. Reconocer e identificar las características del método científico. 2. Valorar la investigación científica y su impacto en la industria y en el desarrollo de la sociedad. 3. Conocer los procedimientos científicos para determinar magnitudes. 4. Reconocer los materiales, e instrumentos básicos presentes del laboratorio de Física y en de Química; conocer y respetar las normas de seguridad y de eliminación de residuos para la protección del medioambiente. 5. Interpretar la información sobre temas científicos de carácter divulgativo que aparece en publicaciones y medios de comunicación. 6. Desarrollar pequeños trabajos de investigación en los que se ponga en práctica la aplicación del método científico y la utilización de las TIC.	1.1. Formula hipótesis para explicar fenómenos cotidianos utilizando teorías y modelos científicos. 1.2. Registra observaciones, datos y resultados de manera organizada y rigurosa, y los comunica de forma oral y escrita utilizando esquemas, gráficos, tablas y expresiones matemáticas. 2.1. Relaciona la investigación científica con las aplicaciones tecnológicas en la vida cotidiana. 3.1. Establece relaciones entre magnitudes y unidades utilizando, preferentemente, el Sistema Internacional de Unidades y la notación científica para expresar los resultados. 4.1. Reconoce e identifica los símbolos más frecuentes utilizados en el etiquetado de productos químicos e instalaciones, interpretando su significado. 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. 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. 5.2. Identifica las principales características ligadas a la fiabilidad y objetividad del flujo de información existente en internet y otros medios digitales. 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. 6.2. Participa, valora, gestiona y respeta el trabajo individual y en equipo.

Tabla 1. Bloque 1 de contenidos de la asignatura de física y química de 1º de Bachillerato (RD 1105/2014)

Química. 2º Bachillerato

Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
Bloque 1. La actividad científica		
Utilización de estrategias básicas de la actividad científica. Investigación científica: documentación, elaboración de informes, comunicación y difusión de resultados. Importancia de la investigación científica en la industria y en la empresa.	1. Realizar interpretaciones, predicciones y representaciones de fenómenos químicos a partir de los datos de una investigación científica y obtener conclusiones. 2. Aplicar la prevención de riesgos en el laboratorio de química y conocer la importancia de los fenómenos químicos y sus aplicaciones a los individuos y a la sociedad. 3. Emplear adecuadamente las TIC para la búsqueda de información, manejo de aplicaciones de simulación de pruebas de laboratorio, obtención de datos y elaboración de informes. 4. Diseñar, elaborar, comunicar y defender informes de carácter científico realizando una investigación basada en la práctica experimental.	1.1. Aplica habilidades necesarias para la investigación científica: trabajando tanto individualmente como en grupo, planteando preguntas, identificando problemas, recogiendo datos mediante la observación o experimentación, analizando y comunicando los resultados y desarrollando explicaciones mediante la realización de un informe final. 2.1. Utiliza el material e instrumentos de laboratorio empleando las normas de seguridad adecuadas para la realización de diversas experiencias químicas. 3.1. Elabora información y relaciona los conocimientos químicos aprendidos con fenómenos de la naturaleza y las posibles aplicaciones y consecuencias en la sociedad actual. 4.1. Analiza la información obtenida principalmente a través de Internet identificando las principales características ligadas a la fiabilidad y objetividad del flujo de información científica. 4.2. Selecciona, comprende e interpreta información relevante en una fuente información de divulgación científica y transmite las conclusiones obtenidas utilizando el lenguaje oral y escrito con propiedad. 4.3. Localiza y utiliza aplicaciones y programas de simulación de prácticas de laboratorio. 4.4. Realiza y defiende un trabajo de investigación utilizando las TIC.

Tabla 2. Bloque 1 de contenidos de la asignatura de química de 2º de Bachillerato (RD 1105/2014)

Con esta propuesta se trabajarán ampliamente las estrategias relacionadas con la actividad científica, se asignarán pequeños proyectos de investigación a los alumnos y se llevarán a cabo prácticas de laboratorio, por lo que su encuadre dentro del bloque 1 de contenidos resulta especialmente adecuado. Se fomentará la participación activa, el trabajo en grupo y el aprendizaje autónomo, y se creará un entorno motivador que favorezca el estudio de la materia de química. Por otro lado, como se detallará en el apartado dedicado a la temporalización, las actividades programadas no se llevarán a cabo en sesiones de aula consecutivas, sino que se proponen actividades que irán repartidas a lo largo de todo el curso, manteniendo el eje vertebrador que supone utilizar el mismo texto de referencia, en este caso, “Estudio en escarlata” de Conan Doyle.

5.2.1. Objetivos

El principal objetivo que se quiere conseguir con esta propuesta didáctica es modificar la predisposición negativa que los alumnos tienen hacia la asignatura de química por encontrarla una disciplina carente de significado, difícil y aburrida. Para conseguir que el alumnado obtenga un aprendizaje significativo de la materia, fomentando la creatividad y la curiosidad científica, se ha escogido

como herramienta principal el uso de la literatura, usando una novela como eje vertebrador de todas las actividades propuestas. De esta manera se pretende conseguir el segundo objetivo general que sería el fomento de la lectura entre los alumnos del bachillerato de ciencias, desde las asignaturas de ciencias.

Por otro lado, los objetivos específicos relacionados con la materia de química son:

- Conocer y valorar los métodos y procedimientos utilizados en química en el pasado, concretamente en la época victoriana del siglo XIX en la que transcurre la novela.
- Valorar la importancia de la investigación científica en el campo de las ciencias forenses.
- Ampliar el conocimiento de las salidas profesionales en el ámbito de la química.
- Ser capaz de hacer una lectura crítica de cualquier texto en el que se haga referencia a conceptos científicos, incluso si se trata de un texto de ficción.
- Desarrollar la capacidad investigadora del alumnado y ser capaz de diseñar, documentar, redactar y defender oralmente un proyecto de investigación.
- Participar en los debates que surjan a partir de las cuestiones de carácter científico que aparecen en el texto, argumentando correctamente las ideas propias y refutando las ideas de los compañeros con respeto.
- Identificar las reacciones químicas involucradas, tanto las que puedan aparecer en el texto literario de referencia como en los proyectos de investigación que se realicen.
- Formular y nombrar de forma correcta todos los compuestos químicos con los que se trabaje.
- Realizar los cálculos necesarios para la preparación de disoluciones de una concentración dada y conocer las distintas formas de expresarla.
- Conocer, aplicar y respetar las normas de prevención de riesgos en el laboratorio de química.
- Desarrollar la capacidad de observación en el laboratorio, siendo minuciosos en la observación y anotación de todos los cambios

producidos en las reacciones químicas (color, precipitados, emanación de gases, etc).

5.2.2. Secuenciación de las actividades

Como ya se ha dicho, las actividades de esta propuesta didáctica van a estar repartidas a lo largo de todo el curso y podrían ser organizadas de la siguiente manera:

1- En la primera sesión del curso en la que se presentan los objetivos, contenidos, forma de trabajar en la asignatura, criterios de evaluación, etc. se dedican cinco minutos a presentar la novela. Se les indica los dos capítulos que son de obligada lectura y se explican brevemente las actividades que tendrán que ir haciendo a lo largo del curso basándose en la lectura.

2- Dejando tiempo suficiente para que todos los alumnos hayan leído la novela (al menos un mes), el docente utiliza la última parte de una sesión (no más de 15 minutos) a hacer una presentación de la obra, el autor, y sobre todo la contextualización histórica de la novela, ayudando así a los alumnos a comprender mejor el momento histórico, social, científico y tecnológico en el que se desarrollan los hechos narrados. El docente verifica que todos los alumnos han leído los dos primeros capítulos, en torno a los cuales se desarrollará la primera actividad.

3- Se dedica una sesión completa en la que se realizarán una serie de actividades basadas en la novela o en pasajes concretos de ella. Estas actividades serán descritas en profundidad en el anexo III, si bien a grandes rasgos consisten en:

- Actividad 1: “Tertulia científica sobre *Estudio en escarlata*” (15 minutos)
El docente plantea una serie de preguntas que permitan trabajar algunos conceptos científicos. Se llevará a cabo un debate, tratando de que todos los alumnos participen, de forma ordenada y argumentando siempre las ideas.

- Actividad 2. “Representación del gran descubrimiento” (10 minutos)

Lectura teatralizada llevada a cabo por los alumnos del texto del anexo II en el que se describe el momento en el que Sherlock Holmes cuenta el descubrimiento de una prueba de detección de sangre.

- Actividad 3: “Analizando el hallazgo científico” (15 minutos)

Se plantean una serie de cuestiones y ejercicios basándose en el texto leído en la actividad anterior.

Los últimos 10 minutos de la sesión se dedicarán a explicar el proyecto de investigación que tendrán que hacer los alumnos, en grupos de máximo 4 personas, y que tendrán que exponer oralmente y defender frente al docente y el resto de compañeros (ver Anexo IV).

4- Se realizarán tres prácticas de laboratorio (descritas en el anexo V), cada una en una sesión diferente. Los alumnos realizarán las prácticas organizados en los mismos grupos que se han formado para los proyectos de investigación.

5- Las presentaciones orales de los proyectos de investigación se realizarán una vez a la semana, en semanas consecutivas, usando para ello los 15 primeros minutos de la sesión. El resto del tiempo de cada sesión se continuará con el ritmo habitual de la clase.

6- Por último se pasará a los alumnos un cuestionario de evaluación de la propuesta didáctica, en la que valorarán las actividades que han realizado, los aprendizajes adquiridos y el papel del docente entre otros (ver anexo VI)

5.2.3. Propuesta de calendario para las actividades

A continuación se presenta un ejemplo de temporalización que podría ser adecuada para las actividades que componen esta propuesta. Para elaborar el calendario de la tabla 3 se ha tomado como referencia el calendario escolar en Cantabria para el curso 2016-2017, mostrando en sombreado gris los días que no son lectivos. En bachillerato, tanto en 1º (física y química), como en 2º (química) se imparten 4 horas semanales de la materia, y en este caso se ha

escogido que sea el martes el día de la semana en la que no se imparte la materia.

La elección de los días para cada actividad se ha hecho intentando alejarse lo más posible de las fechas susceptibles de ser cercanas a los exámenes de evaluación, y respetando los intervalos de tiempo que se consideran adecuados entre una actividad y otra.

Por otro lado, se ha escogido terminar la actividad a finales de marzo para dejar libres los meses de abril y mayo, tan críticos especialmente en el 2º de curso de Bachillerato, que no deja de ser, en la mayor parte de los casos, un curso preparatorio para la entrada a la Universidad de los alumnos. Por el mismo motivo, si bien lo ideal sería dedicar una sesión para cada práctica de laboratorio, de necesitarse reducir el número de sesiones empleados, podría realizarse las tres prácticas en el mismo día, distribuyéndolas por grupos.

Septiembre							Octubre						
Lun	Mar	Miér	Jue	Vie	Sáb	Dom	Lun	Mar	Miér	Jue	Vie	Sáb	Dom
			1	2	3	4						1	2
5	6	7	8	9	10	11	3	4	5	6	7	8	9
12	13	14	15	16	17	18	10	11	12	13	14	15	16
19	20	21	22	23	24	25	17	18	19	20	21	22	23
26	27	28	29	30			24	25	26	27	28	29	30
							31						
Noviembre							Diciembre						
Lun	Mar	Miér	Jue	Vie	Sáb	Dom	Lun	Mar	Miér	Jue	Vie	Sáb	Dom
	1	2	3	4	5	6				1	2	3	4
7	8	9	10	11	12	13	5	6	7	8	9	10	11
14	15	16	17	18	19	20	12	13	14	15	16	17	18
21	22	23	24	25	26	27	19	20	21	22	23	24	25
28	29	30					26	27	28	29	30	31	
Enero							Febrero						
Lun	Mar	Miér	Jue	Vie	Sáb	Dom	Lun	Mar	Miér	Jue	Vie	Sáb	Dom
						1			1	2	3	4	5
2	3	4	5	6	7	8	6	7	8	9	10	11	12
9	10	11	12	13	14	15	13	14	15	16	17	18	19
16	17	18	19	20	21	22	20	21	22	23	24	25	26
23	24	25	26	27	28	29	27	28					
30	31												
Marzo							Abril						
Lun	Mar	Miér	Jue	Vie	Sáb	Dom	Lun	Mar	Miér	Jue	Vie	Sáb	Dom
		1	2	3	4	5						1	2
6	7	8	9	10	11	12	3	4	5	6	7	8	9
13	14	15	16	17	18	19	10	11	12	13	14	15	16
20	21	22	23	24	25	26	17	18	19	20	21	22	23
27	28	29	30	31			24	25	26	27	28	29	30
Mayo							Junio						
Lun	Mar	Miér	Jue	Vie	Sáb	Dom	Lun	Mar	Miér	Jue	Vie	Sáb	Dom
1	2	3	4	5	6	7				1	2	3	4
8	9	10	11	12	13	14	5	6	7	8	9	10	11
15	16	17	18	19	20	21	12	13	14	15	16	17	18
22	23	24	25	26	27	28	19	20	21	22	23	24	25
29	30	31					26	27	28	29	30		

Información sobre la actividad (sesión parcial: 10 min)

Contextualización de la novela (sesión parcial: 15 min)Actividades en el aula (sesión completa: 50 min)Práctica de laboratorio (sesión completa: 50 min)Presentaciones orales (sesión parcial: 15 min)Cuestionario de evaluación de la actividad (sesión parcial: 15 min)

Tabla 3. Ejemplo de calendario para las actividades de la propuesta didáctica (tabla de elaboración propia a partir de los datos de la Consejería de Educación de Cantabria)

6. Conclusiones y posibles ampliaciones de la propuesta

La propuesta didáctica que se acaba de presentar ha sido diseñada con el objetivo de enriquecer el proceso de enseñanza-aprendizaje de la química mediante el uso de una obra literaria, con lo que a la vez también se pretende fomentar al hábito lector entre el alumnado que escoge la trayectoria científica en el Bachillerato. Estos dos objetivos están íntimamente entrelazados en el espíritu de esta propuesta, incidiendo en la formación científica de los alumnos, pero sin dejar de lado su necesaria formación humanística.

La elección concreta de la novela “Estudio en escarlata” de Arthur Conan Doyle permite de forma extraordinaria trabajar los elementos y procedimientos fundamentales de la investigación en el área de la química y el método científico en general. Se ha escogido esta y no otra por ser capaz de contextualizar de forma brillante la forma en que los científicos tratan de buscar soluciones a problemas existentes en la sociedad. En concreto a través de esta novela, y las investigaciones que realicen a partir de ella, pueden comprender cómo en el siglo XIX la ciencia trataba de encontrar un método químico fiable para detectar sangre en manchas de dudosa procedencia, hecho este de vital importancia en los casos criminales en los que estas pruebas científicas podían ser la diferencia entre llevar a una persona a la horca o dejarla libre. Algunos de los métodos que se encontrarán son fácilmente descartables por su escasa rigurosidad científica, y es precisamente ese el objetivo buscado: comprender la información de carácter científico que se les presente y ser capaces de analizarla críticamente, argumentando sus puntos de vista y discutiéndolos con sus compañeros.

La teatralización del pasaje del gran descubrimiento de Sherlock Holmes se ha incluido en la propuesta con la finalidad no solo de crear cierto ambiente lúdico en la actividad, sino que pretende poner el foco del aprendizaje en el propio alumno, haciéndole entrar en la historia y sentirse protagonista de la actividad que está realizando.

Por último, toda propuesta didáctica en el área de la química debería incluir sesiones de laboratorio, ya que la química es la ciencia experimental por excelencia, por lo que estas sesiones son imprescindibles para completar el aprendizaje de los contenidos. Las prácticas que se han incluido en esta propuesta están íntimamente ligadas tanto con la novela como con los proyectos

de investigación que tendrán que realizar, por lo que sin duda se sentirán más involucrados en la realización de las mismas.

El conjunto de actividades didácticas recogidas bajo el nombre “Química elemental, querido Watson” que da título a este trabajo, nunca ha sido llevado a la práctica en un centro escolar con alumnos reales, por lo que no se pueden aportar resultados de su eficacia en la tarea de enseñar química. Sin embargo, dada la investigación bibliográfica que se ha realizado para elaborar el marco teórico de este trabajo, en la que se relatan experiencias reales similares llevadas a cabo por docentes, es de esperar que actividades de este tipo puedan tener una muy buena acogida entre el alumnado de Bachillerato.

No obstante es posible intuir algunas de las dificultades que el docente podría encontrarse a la hora de implementar las actividades, como puede ser por ejemplo la subestimación de los tiempos. La temporalización de las actividades puede no ser demasiado realista, ya que después de mi breve experiencia como docente en los dos meses de prácticas me pude dar cuenta de que el tiempo vuela en el aula.

Por otro lado solo se ha tratado el tema de la evaluación de las actividades por parte del alumnado mediante el cuestionario del anexo VI, para que estos aporten su punto de vista en cuanto a la utilidad de la propuesta, la consecución de los objetivos y el papel del docente. Sin embargo es notorio que no se ha incluido en la propuesta la forma de evaluar a los propios alumnos en la realización de las actividades. El hecho de ser una propuesta transversal, que se realiza a lo largo de todo el curso siguiendo el mismo hilo conductor, hace que resulte complicado encontrar la forma más equilibrada de evaluarlo. Se deja, por tanto, abierto este aspecto, dejando libertad al docente para realizarlo de una forma coherente con la forma de evaluar en el resto del curso.

Como complemento a esta propuesta didáctica, podría ser interesante explorar la opción de involucrar a docentes de otras materias, formando un equipo multidisciplinar que trabaje conjuntamente en la consecución de los objetivos. Sería muy interesante combinar las sesiones de la materia de química con sesiones de la materia de biología, tratando más en profundidad la composición de la sangre e incluso realizando alguna sesión práctica de observación de glóbulos rojos de diferentes especies animales al microscopio. Incluir también a los docentes de historia y de lengua y literatura podría aportar

una contextualización histórica de la obra literaria mucho más eficiente. Y por último, el hecho de que la novela original esté escrita en inglés, al igual que la mayor parte de la bibliografía que los alumnos tendrán que manejar para documentarse en el proyecto de investigación, hace que el docente de esa materia encaje perfectamente en el equipo multidisciplinar. Esta idea ambiciosa, si bien necesitaría un gran esfuerzo de coordinación entre docentes de varios departamentos didácticos, estoy convencida de que supondría una experiencia única para el alumnado, aportándoles un verdadero aprendizaje significativo y ayudando a eliminar el concepto de las dos culturas, ciencias y humanidades, como dos mundos aislados.

BIBLIOGRAFÍA

- ASIMOV, I. (1980). "The problem of the blundering chemist". *Science Digest*, vol. 88(2), 8-17.
- (1987). "Sherlock Holmes como químico". En *"La mente errabunda"*. Madrid: Alianza Editorial. pp: 196-206
- BARCELÓ, M. (2014). Novelas de ciencia. La ciencia y la tecnología en la Literatura. *Mètode*, 4. [texto en línea] <http://metode.cat/es/Revistas/Monografics/Encuentros/Novelles-de-ciencia> (24/06/2016)
- CAPLAN, R. M. (1989). Why Coal-Tar derivatives in Montpellier?, *The Baker Street Journal*, 39(1), 29-33
- CAAMAÑO, A. (2011): Contextualización, indagación y modelización. Tres enfoques para el aprendizaje de la competencia científica en las clases de química. *Aula de innovación educativa*. Num.207, pp. 17-21
- CARRETERO, M.B. (2008). Un viaje al interior de la lectura con Julio Verne. *Revista Eureka para la Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. 5(3), pp.302-313
- CHAPELA, A. (2014). Entre ficción y ciencia: El uso de la narrativa en la enseñanza de la ciencia. *Educación química*, 25(1), pp. 2-6
- CHRISTIE, A. (1982): *El misterioso caso de Styles*. Barcelona: Editorial Molino
- COOPOLA, J.A. (1995). A chemist's view of canonical chemistry. *The Baker Street Journal*, 45(2), 106-113
- CZERNEDA, J.E. (2006): Science fiction & scientific literacy: Incorporating science fiction Reading in the science classroom. *The science teacher*, 73 (2), pp. 38-42.
- DE ANDREA, Á., y GODOY, F. (2012). La divulgación de conceptos físicoquímicos a través de textos literarios ingleses, alemanes y españoles. En G. Pinto Cañón y M. Martín Sánchez (eds). *Enseñanza y Divulgación de la Química y la Física*. Madrid: Garceta Grupo Editorial
- DOYLE, A.C. (2010): *Todo Sherlock Holmes*. Madrid: Cátedra
- DURAN, X. (2012): Goethe y la afinidad entre Química y Literatura. Moléculas y divorcios en una novela romántica. *Mètode*, 69. [en línea] <http://metode.cat/es/Revistas/Monografics/Afinidades-electivas/Goethe-i-l-afinitat-entre-quimica-i-literatura> (08/07/2016)

- (2013). Las dos culturas: un debate novelado. *Mètode* (79). [en línea] <http://metode.cat/es/Revistas/Articulo/Les-dues-cultures-un-debat-novellat> (16/06/2016)
- FRANCO MARISCAL, A.J. (2007): *Enseñando Física y Química con ideas quijotescas*. Centro de Investigación y Documentación Educativa (CIDE), Ministerio de Educación y Ciencia. Madrid
- (2009): Reseña de “Enseñando Física y Química con ideas Quijotescas”. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol.6, num. 1, pp.151-152
 - (2013): Enseñanza y aprendizaje de la Física a través de la lectura del Quijote en 4º de la ESO. Las leyes de Newton y la aventura de los molinos de viento. *Enseñanza de las Ciencias*. Núm.31.2, pp.31-53
 - (2014): ¡Leer ahora también sirve para aprender ciencias!, *Aula de Secundaria*, 6, pp.16-19
- FURIÓ, C. (2006): La motivación de los estudiantes y la enseñanza de la química. Una cuestión controvertida. *Educación Química*, 17(extra), pp.222-227
- GARCÍA GÓMEZ, M.A.(2006). La isla misteriosa: un libro para enseñar ciencias. Descubrir, investigar, experimentar: iniciación a las ciencias, pp. 11-35. Ministerio de Educación y Ciencia.
- GRAHAM, R. P. (1945): Sherlock Holmes: Analytical Chemist. *Journal of Chemical Education*, 22, pp. 508-510
- GUERRA, C. (2005). Náufragos, amantes y aventureros en el aula. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(2), 173-182.
- GUINNESS (2012): “Sherlock Holmes awarded title for most portrayed literary human carácter in film & TV.” Guinness World Record News, 14 de mayo de 2012. [en línea] <http://www.guinnessworldrecords.com/news/2012/5/sherlock-holmes-awarded-title-for-most-portrayed-literary-human-character-in-film-tv-41743/> (14/07/2016)
- HART, H (1975): Accident, suicide or murder? A question of stereochemistry. *Journal of Chemical Education*, 52(7), p.444
- HERNÁNDEZ, S.A., BOREL, M.A., SANNA, A.E. (2012): Quimicuentos. Narración de la química cotidiana para alumnos de escuelas primarias. Actas III Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo

- de las Ciencias Exactas y Naturales. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Universidad Nacional de La Plata, pp. 421-426 [en línea] <http://jornadasceyn.fahce.unlp.edu.ar/actas/Hernandez.pdf/view> (02/07/2016)
- HUBER, C.L. (1987). The Sherlock Holmes Blood Test: The solution of a century old mystery. *The Baker Street Journal*, 37(4), 215-220
- LUCY, C.A. (2000): Analytical Chemistry: A literary Approach. *Journal of Chemical Edutacion*, 77(4), pp.459-470
- MARKSTEINER, P (2010): The chemistry of muscarine according to Sayers. [en línea] <https://fedora.phaidra.univie.ac.at/fedora/get/o:57699/bdef:Content/get> (13/07/2016)
- MONTESINOS, J. (2004): "Razones por las que no se lee en el ámbito educativo". *La Razón*, 18 de diciembre de 2004 [en línea] http://www.almendron.com/politica/pdf/2004/spain/spain_1674.pdf (20/06/2016)
- MORALES, L.C. (2013): Sherlock Holmes y la enseñanza de la investigación socioeducativa. *Actualidades Investigativas de Educación*. 13(3), pp. 1-20
- NAVARRO, J. (2005). *Sueños de ciencia: un viaje al centro de Jules Verne*. Univesritat de València.
- O'BRIEN, J. (2013). *La ciencia de Sherlock Holmes*. Barcelona: Crítica.
- PALACIOS, S L; (2007). El cine y la literatura de ciencia ficción como herramientas didácticas en la enseñanza de la física: una experiencia en el aula. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4() 106-122. [en línea] <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92040107> (24/06/2016)
- ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY, (2002). Sherlock Holmes honorary fellowship. [en línea] <http://www.rsc.org/AboutUs/News/PressReleases/2005/Sherlock-holmes-rsc-fellowship.asp> (12/08/2016)
- SHAW, K. (2011): Sherlock Holmes in a Chemistry Class. *Journal of Chemical Education*. 88(4), pp. 372-374.
- SNOW, C.P. (1987): *Las dos culturas y un segundo enfoque*. Madrid: Alianza Editorial

- SOLBES, J.; TRAVER, M. (2014). Ciencia, científicos y literatura. *Mètode*(82). [en línea] [http://metode.cat/es/Revistas/Monografics/ Encuentros/Ciencia-cientifics-i-literatura](http://metode.cat/es/Revistas/Monografics/Encuentros/Ciencia-cientifics-i-literatura) (10/06/2016)
- SOUTHWARD, R.E.; HOLLIS, W.G. Jr.; THOMPSON, D.W. (1992): Precipitation of a murder. *Journal of Chemical Education* 69(7), p. 536
- SUTHERLAND, W.D. (1907): Blood-stains: their detection and the determination of their source [archivo PDF] Recuperado de <https://ia802705.us.archive.org/9/items/bloodstainstheir00suthuoft.pdf> en (08/09/2016)
- THOMPSON, R.B. (2012). *Illustrated guide to home experiments: all lab, no lecture*. O'Really Media, Inc.
- VALDEBENITO, G; BÁEZ, M.E. (sin fecha). Química forense: Química analítica aplicada a la criminología. [archivo PDF] Recuperado de <http://www.estudiocriminal.eu/media/Quimica%20Forense%20Quimica%20Analitica%20Aplicada%20a%20la%20Criminologia.pdf> en(07/09/2016)
- WADDELL, T.G.; RYBOLT, T.R. (2011): Prologue to The Chemical Adventures of Sherlock Holmes. *Journal of Chemical Education*. 88(4), pp. 370-371

REFERENCIAS LEGISLATIVAS

- LOE (2006). Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. BOE *núm. 106, de 4 de mayo de 2006*, pp. 17158-17207. <http://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2006-7899>
- LOMCE (2013). Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa. BOE num. 295 de 10 de diciembre de 2013, pp. 97858-97921. http://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2013-12886
- PLAN LECTOR DE CANTABRIA (2007): Gobierno de Cantabria. Consejería de Educación. [en línea] https://www.educantabria.es/docs/info_institucional/publicaciones/2007/PLAN_LECTOR.pdf?phpMyAdmin=DxoCAdbIc%2CANuNlkvc-WZcMiFvc (10/12/2015)
- REAL DECRETO 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato. BOE *núm. 3, de 3 de enero de 2015*, páginas 169 a 546. http://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2015-37

ANEXOS

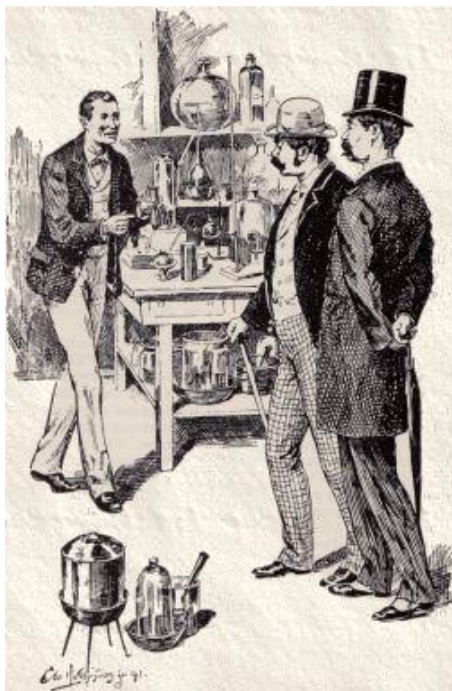
ANEXO I: Listado de abreviaturas para identificar las historias de Sherlock Holmes mencionadas en este trabajo.

Código	Título original	Título en castellano (Doyle, 2010)	Páginas (Doyle, 2010)
COOP	The Copper Beeches	El misterio de Copper Beeches	803-823
DANC	The Dancing Men	*Los monigotes	1253-1274
EMPT	The Empty House	*La casa vacía	1029-1046
FINA	The Final Problem	El problema final	1011-1027
GLOR	The Gloria Scott	La corbeta <i>Gloria Scott</i>	153-183
IDEN	A Case of Identity	Un caso de identidad	339-353
NAVA	The Naval Treaty	El tratado naval	863-891
SIGN	The Sign of Four	El signo de los cuatro	573-666
STUD	A Study in Scarlet	Estudio en escarlata	51-205
SUSS	The Sussex Vampire	*El vampiro de Sussex	1175-1189

Cuadro 1. De elaboración propia a partir de los datos de O'Brien (2013:17-21) y Doyle (2010)

(*) Los títulos marcados con asterisco han sido acortados eliminando las palabras “La aventura de” de delante.

ANEXO II: Pasaje de la novela “Estudio en Escarlata”: el gran descubrimiento de Sherlock Holmes



[El laboratorio de Química] consistía en una sala muy alta, llena por todas partes de botellas alineadas en las paredes y desperdigadas por el suelo. Aquí y allá, anchas mesas de poca altura, erizadas de retortas, tubos de ensayos y pequeños mecheros de Bunsen de llamas azules onduladas. Un solo estudiante había en la habitación, y estaba embebido en su trabajo, inclinado sobre una mesa apartada. Al ruido de nuestros pasos, se volvió a mirar y saltó en pie con una exclamación de placer:

— ¡Ya di con ello! ¡Ya di con ello! — gritó a mi acompañante, y vino corriendo hacia

nosotros con un tubo de ensayo en la mano—. He descubierto un reactivo que es precipitado por la hemoglobina y nada más que por la hemoglobina.

Los rasgos de su cara no habrían irradiado deleite más grande si hubiera descubierto una mina de oro.

— El doctor Watson; el señor Sherlock Holmes- dijo Stamford, haciendo las presentaciones.

— ¿Cómo está usted? — dijo cordialmente, estrechando mi mano con una fuerza que yo habría estado lejos de suponerle—. Por lo que veo ha estado usted en Afganistán.

— ¿Cómo diablos lo sabe usted? — pregunte asombrado.

— No se preocupe— dijo él riendo por lo bajo. De lo que ahora se trata es de la hemoglobina. Usted comprende, sin duda, todo el sentido de este hallazgo mío, ¿verdad?

— No hay duda de que químicamente es una cosa interesante—contesté—. Ahora que prácticamente...

— Pero, hombre, ¡si es el descubrimiento de mayores consecuencias prácticas hecho en muchos años en la Medicina legal! Fíjese: nos proporciona una prueba infalible para descubrir las manchas de sangre. ¡Venga usted a verlo!

Era tal su interés, que me agarró de la manga de mi americana y me llevó hasta la mesa en que había estado trabajando.

— Procurémonos un poco de sangre reciente —dijo clavándose en el dedo una aguja larga y vertiendo dentro de una probeta del laboratorio la gota de sangre que extrajo del pinchazo—. Y ahora, voy a mezclar esta pequeña cantidad de sangre con un litro de agua. Fíjese en que la mezcla resultante presenta la apariencia del agua pura. La proporción en que está la sangre no excederá de uno a un millón. Pues, con todo y con ello, estoy seguro de que podremos obtener la reacción característica.

Mientras hablaba, echó en la vasija unos pocos cristales blancos, agregando luego unas gotas de un líquido transparente. La mezcla tomó inmediatamente un color caoba apagado, y apareció en el fondo de la vasija de cristal un precipitado de polvo pardusco.

— ¡Ajá! — exclamó, palmoteando y tan encantado como un niño con un juguete nuevo—. ¿Qué me dice usted de eso?

— Parece una demostración muy sutil— le dije.

— ¡Magnífica! ¡Magnífica! La tradicional prueba del guayacán resultaba muy tosca e insegura. Y lo mismo ocurre con la búsqueda microscópica de corpúsculos de la sangre. Esta última demostración carece de valor si las manchas datan de algunas horas. Pues bien: esta mía actúa, según parece, con igual eficacia tanto si la sangre es vieja como si es reciente. De haber estado ya inventada, esta demostración, centenares de personas que hoy se pasean por las calles habrían pagado hace tiempo la pena debida a sus crímenes.

— ¿Ah, sí? —murmuré yo.

— Las causas criminales giran constantemente sobre este punto único. Meses después de haber cometido un crimen, recaen las sospechas sobre un individuo determinado. Se revisan sus trajes y sus prendas interiores, y se descubren en unos u otras algunas manchas parduscas. ¿Son manchas de sangre, de barro, de roña, de fruta o de qué? He ahí la pregunta que ha dejado sumido en el desconcierto a más de un técnico. ¿Por qué? Pues porque no se dispone de una segura prueba demostrativa. De hoy en adelante disponemos ya de la prueba de Sherlock Holmes, y no habrá ninguna dificultad.

(STUD: 56-58)

ANEXO III: Descripción de las actividades en el aula

➤ Actividad 1: “Tertulia científica sobre *Estudio en escarlata*” (15 minutos)

El docente plantea una serie de preguntas que permitan trabajar algunos conceptos científicos. Se llevará a cabo un debate, tratando de que todos los alumnos participen, de forma ordenada y argumentando siempre las ideas. Para mayor aprovechamiento de la actividad se les entregará a los alumnos el listado de preguntas en una sesión anterior para que hayan podido trabajarlas un poco.

El listado de preguntas sería el siguiente:

- ¿Qué opinión te has formado del personaje de Sherlock Holmes? ¿Dirías que se le puede considerar un científico?
- Recordemos lo que decía el joven Stamford de Sherlock al hablarle de él al doctor Watson:

“Holmes es un poco excesivamente científico. [...] Yo llego incluso a representármelo dando a un amigo suyo un pellizco del alcaloide vegetal más moderno [...] por puro espíritu de investigador que desea formarse una idea exacta de los efectos de la droga. Para ser justo, creo que él mismo lo tomaría con la misma naturalidad.”

- ¿Te parece una buena práctica probar en uno mismo los efectos de los que se trata de estudiar científicamente? ¿Conoces el caso de algún científico que lo haya hecho en algún momento de la historia?
- ¿Sabes lo que es un alcaloide? ¿Conoces alguno? ¿Sabrías indicar de las siguientes sustancias cuáles son alcaloides y cuáles no?: cafeína, aspirina, nicotina, morfina, anfetamina, quinina, bilirrubina, codeína.
- Holmes y Watson tratan de conocerse para ver si podrían ser compatibles como compañeros de piso. Holmes advierte:

“Por lo general, yo suelo tener a mano sustancias químicas, y de cuando en cuando realizo experimentos. ¿Le sería eso de molestia?”

Y en otra parte del texto dice:

“Es preciso que yo tenga cuidado, porque manipulo venenos con mucha frecuencia”. — Alargó la mano al mismo tiempo que hablaba y pude ver que la

tenía moteada de otros parchecitos parecidos, y descolorida por el efecto de ácidos fuertes.”

- ¿Te parece adecuado realizar experimentos de química en el interior de una vivienda? ¿Crees que Holmes cumpliría las normas básicas actuales de la prevención de riesgos en el laboratorio de química?

- Por lo visto Holmes ha tenido incidentes con ácidos fuertes ya que Watson observa que sus manos están descoloridas por el efecto de los mismos, pero ¿qué es un ácido fuerte? Pon ejemplos

- Watson se queda atónito cuando descubre por casualidad que Holmes desconoce la teoría de Copérnico y la composición del Sistema Solar. Holmes no se siente avergonzado por su ignorancia, muy al contrario:

“¿Y qué diablos supone eso para mí? —me interrumpió él con impaciencia. — Me asegura usted que giramos alrededor del Sol. Aunque girásemos alrededor de la Luna, ello no supondría para mí o para mi labor la más insignificante diferencia.”

- ¿Qué opinas de la actitud de Holmes en este caso? ¿Te sientes identificado con ese planteamiento?

- “Soy aficionado tanto a la observación como a la deducción” dice Sherlock Holmes, precisamente en el capítulo 2 de la novela, que lleva el título de “*La ciencia de la deducción*”.

- ¿Sabrías decir que es la ciencia de la deducción (según la novela)?
¿Existe realmente alguna disciplina científica como tal que lleve ese nombre?
¿Conoces alguna universidad en la que se pueda estudiar?

- Holmes da varios ejemplos en la novela de lo que entiende por ciencia de la deducción“, ¿recuerdas alguno?

➤ Actividad 2. “Representación del gran descubrimiento” (10 minutos)

Lectura teatralizada llevada a cabo por los alumnos del texto del anexo II.

Para esta actividad se van a pedir voluntarios para llevar a cabo una representación del momento clave de la novela, que es sin duda el primer encuentro entre Sherlock Holmes y el Doctor Watson, que sucede en el laboratorio de química de un hospital.

El texto que se va a leer es el que se ha señalado en el anexo II, en el que vamos a distinguir tres personajes:

- Sherlock Holmes
- Doctor Watson
- Narrador

En realidad en la novela es el Doctor Watson el que narra la historia, pero para efectos de la representación se ha preferido separarlo en dos personajes.

➤ Actividad 3: “Analizando el hallazgo científico” (15 minutos)

Se plantean una serie de cuestiones y ejercicios basándose en el texto representado en la actividad anterior.

El listado de cuestiones sería el siguiente:

- Sherlock Holmes y el Doctor Watson se conocen en un laboratorio de química. ¿Cómo se describe ese laboratorio? ¿Se parece en algo al laboratorio que tienes en el instituto? ¿Cómo te imaginas los laboratorios profesionales?
- ¿Por qué está tan excitado Holmes al contar su experimento? ¿Te parece a ti tan importante lo que ha descubierto?

- Fíjate en la siguiente frase de Sherlock *“He descubierto un reactivo que es precipitado por la hemoglobina y nada más que por la hemoglobina”*.

- ¿Qué es un reactivo?
- ¿Conoces alguna reacción química en la que se produzca el precipitado de algún reactivo? Pon algún ejemplo, formulando de forma correcta los compuestos químicos de la reacción.
- ¿Por qué especifica Holmes que el reactivo es precipitado nada más que por la hemoglobina? ¿Tendría la misma importancia la prueba si el reactivo precipitara por más sustancias? ¿Crees que Holmes puede descartar que esto ocurra, o es una afirmación difícil de comprobar?
- ¿Crees que con esta prueba se puede saber si la sangre es de una persona o de cualquier otro animal?

- Al ver Sherlock que no ha impresionado mucho a su interlocutor con la descripción de su gran descubrimiento, añade:

Pero, hombre, ¡si es el descubrimiento de mayores consecuencias prácticas hecho en muchos años en la Medicina legal! Fíjese nos proporciona una prueba infalible para descubrir las manchas de sangre.

- ¿Qué es la Medicina legal? ¿Conocías el término? ¿Se sigue empleando habitualmente hoy en día?
- Holmes explica la prueba mezclando una gota de su propia sangre en un litro de agua haciendo la siguiente afirmación: *“La proporción en que está la sangre no excederá de uno a un millón.”*
 - ¿Cómo crees que ha hecho ese cálculo?
 - ¿Con qué magnitud química lo relacionarías?
 - ¿Crees que Holmes ha sido exhaustivo en el cálculo? Demuéstralo usando tus propios cálculos.
- Una vez ha diluido la sangre en el agua, ¿qué más añade al recipiente? ¿Qué cambios se producen al añadirlo? ¿Crees que da la información suficiente como para poder reproducir el experimento? ¿Crees que alguna publicación u

organización científica aceptaría el hallazgo de Holmes tan solo con esa información?

- En otra parte del texto Holmes se muestra crítico con otras pruebas ya existentes en la época, la prueba del guayacán y la observación microscópica de corpúsculos de la sangre). ¿A qué corpúsculos crees que se refiere?
- Hablando de la eficacia de su prueba, Holmes afirma que la suya es capaz de detectar la sangre tanto si es fresca como si está seca. ¿Lo ha demostrado con su prueba? ¿Cómo tratarías de demostrarlo tú?

ANEXO IV: Proyectos de investigación

Los proyectos de investigación que tendrán que realizar los alumnos como parte de esta propuesta didáctica giran todos ellos en torno a la misma temática: las pruebas de detección de sangre en el siglo XIX, que han sido descritas de forma resumida en el apartado 5.1.2. de este trabajo.

Los proyectos se llevarán a cabo en grupos de máximo 4 personas, siendo la parte más importante del mismo la presentación oral que tendrán que hacer en el aula frente a todos los compañeros. Se tendrá un máximo de 15 minutos para hacer la defensa del proyecto, incluyendo en esos 15 un tiempo dedicado a la respuesta de las posibles preguntas de los compañeros. Para la presentación oral se podrá utilizar todos los recursos multimedia que se considere necesario para ayudar al grupo a explicar el tema.

No será obligatorio entregar por escrito el proyecto ya que se dará más importancia en este caso a la exposición oral, si bien cada grupo tendrá que entregar un listado de la lista de referencias bibliográficas que se han consultado.

Los proyectos entre que se pueden escoger, o bien el docente asignará a cada grupo, son los siguientes:

- La prueba del guayacán
- Búsqueda microscópica de corpúsculos de sangre
- La prueba de Barruel
- La prueba de Bryk
- La prueba de Teichmann
- La prueba de Zahn
- La prueba de Sonnenschein

El docente dejará libertad en la forma y estructura del proyecto de investigación, pero en todo caso debe contener como mínimo lo siguiente:

- Descripción clara de la prueba
- Enumeración de los reactivos (correctamente nombrados y formulados)
- Fiabilidad del método
- Diferencias y semejanzas con la prueba de Sherlock Holmes

ANEXO V: Prácticas de laboratorio

PRÁCTICA 1: Prueba de sangre de Sherlock Holmes (según Huber (1987))

- Reactivos:
 - Hidróxido de sodio (en perlas)
 - Solución concentrada de sulfato de amonio
- Equipo
 - Tubos de ensayo
 - Gradilla
 - Pipetas de 5 ml
 - Mortero
 - Varilla de vidrio
- Procedimiento
 1. Verter 7 ml. de agua destilada en un tubo de ensayo y añadir una gota de sangre. Mezclar bien.
 2. Machacar una perla de hidróxido sódico en el mortero hasta conseguir pequeños cristales. Añadir a la mezcla en el tubo de ensayo. Mezclar bien hasta la total disolución de los cristales. Observar y anotar cualquier cambio de color en la mezcla.
 3. Añadir rápidamente 2.5 ml de la solución saturada de sulfato de amonio. Mezclar bien. Añadir otros 2.5 ml y volver a mezclar. Observar y anotar si aparece algún precipitado en el fondo del tubo de ensayo.
 4. Repetir los pasos del 1 al 3 utilizando una gota de sangre de diferentes tipos (vacuno, aves, conejo, pescado, etc.) y de sustancias que puedan parecer sangre a primera vista (tinta, zumo de tomate, etc). Observar y anotar las diferencias encontradas.

PRÁCTICA 2: Prueba de sangre de Kastle- Meyer (Thompson (2012:386-388))

- Reactivos:
 - Solución de Kastle-Meyer (véase preparación en Práctica 3)
 - Peróxido de hidrógeno
 - Etanol

- Equipo
 - Tubos de ensayo
 - Gradilla
 - Cuentagotas
 - Bastoncillos de algodón
 - Agua destilada

- Procedimiento
 1. Humedecer el bastoncillo con agua destilada y frotarlo cuidadosamente sobre la mancha sospechosa de contener sangre hasta asegurarse que se ha conseguido transferir al algodón una parte de la muestra.
 2. Añadir una gota de etanol al algodón para limpiar la muestra (este paso no es imprescindible)
 3. Verter una o dos gotas de la solución de fenolftaleína (solución de Kastle-Meyer previamente preparada) sobre el bastoncillo de algodón que contiene la muestra. (El algodón debería permanecer sin color en este punto. Si apareciera un color rosa en este punto sería un indicativo de que la solución de fenolftaleína es antigua. En este caso rehacer la prueba preparando una nueva solución).
 4. A los pocos segundos, poner una gota o dos de peróxido de hidrógeno sobre el algodón. Inmediatamente aparecerá un color rosa intenso si la muestra contiene restos de sangre.
 5. Hacer una foto del resultado obtenido con el algodón de la muestra en los primeros segundos tras realizar el paso anterior (El cambio de color debe producirse en los primeros segundos para que la prueba se considere positiva. De otra forma, incluso en ausencia de sangre, puede aparecer un color rosáceo después de aproximadamente 30 segundos debido a la acción del peróxido sobre la fenolftalína)

6. Repetir los pasos 1-3 usando muestras de manchas diferentes (óxido, café, tinta roja, zumo de tomate, sangre de vacuno, etc) y anotar los resultados. No olvidar hacer la foto correspondiente a cada muestra en los primeros segundos.

PRÁCTICA 3: Preparación de la solución de Kastle-Meyer (Thompson (2012:387))

- Reactivos:
 - Fenolftaleína en polvo
 - Hidróxido sódico en solución al 10%
 - Polvo de zinc
- Equipo
 - Tubos de ensayo
 - Balanza
 - Pipeta
 - Mechero Bunsen
 - Agua destilada
 - Etanol 70%
 - Erlenmeyer
 - Botella de vidrio opaco
 - Embudo
- Procedimiento
 1. Añadir 0.1 g de fenolftaleína en polvo en 10 ml de hidróxido sódico en solución al 10% w/v en un tubo de ensayo y mezclar cuidadosamente hasta su completa disolución.
 2. Añadir al tubo de ensayo 0.1 g de polvo de zinc y mezclar.
 3. Llevar la mezcla a ebullición lenta hasta que la solución pierda el característico color rosa de la fenolftaleína y se vuelva transparente. Vigilar constantemente que el volumen de líquido se mantiene añadiendo agua destilada si fuera necesario.
 4. Retirar de la llama y esperar a que la solución enfríe.
 5. Diluir el resultado en un Erlenmeyer con 100 ml de etanol al 70%
 6. Traspasar con un embudo la solución a una botella de vidrio oscuro. Etiquetar con el nombre de la solución y la fecha de preparación.

ANEXO VI: Cuestionario de evaluación de la actividad

	Poco/Nada	Bastante	Mucho
¿Te ha parecido interesante el conjunto de actividades que hemos realizado sobre "Estudio en escarlata"?			
¿Consideras que has aprendido algo de química tras la lectura de la novela y la realización de las actividades?			
¿Te ha parecido adecuada la elección de la novela?			
¿Te ha parecido positiva la realización de las prácticas de laboratorio relacionadas con el tema de la lectura?			
¿Te ha aportado algo positivo realizar el proyecto de investigación sobre este tema?			
¿Te gustaría repetir la actividad escogiendo otra novela?			
¿Consideras que el profesor ha hecho un buen trabajo a la hora de seleccionar y guiar la puesta en práctica de las actividades?			

- ¿Tienes alguna propuesta para mejorar en lo posible esta actividad?

- Otros comentarios:
