



Universidad Internacional de La Rioja
Facultad de Educación

Trabajo Fin de Máster

Realización del congreso *Relevance of Physical and Chemical Sciences and Scientists from a Socio-Historical Perspective* por parte de los alumnos de la asignatura de Física y Química de 3º ESO del Colegio Privado Bilingüe Juan de Lanuza, en Zaragoza.

Presentado por: Matilde Teresa de las Rivas González de Garay.

Tipo de trabajo: Propuesta de intervención.

Director/a: Jorge Morales Vilanova.

Ciudad: Logroño.

Fecha: 17 de Abril de 2018.

Science alone of all the subjects contains within itself the lesson of the danger of belief in the infallibility of the greatest teachers of the preceding generation.

Feynman, Richard (1969).

Resumen

Este Trabajo de Fin de Máster (TFM) nace con objeto de paliar la desmotivación y falta de interés de los estudiantes de Secundaria por el estudio de las Ciencias y, más concretamente, la Física y la Química. Con el fin de comprender las causas de este alejamiento actitudinal, se ha realizado una revisión bibliográfica que ha evidenciado cómo la principal causante de esta desconexión es una enseñanza excesivamente conceptual y propedéutica, que no brinda a los alumnos suficientes relaciones entre Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS). Dentro de las mismas, el papel de la Historia de la Física y la Química, la participación contextualizada de científicos y, aunque a veces no lo parezca, científicas, así como la relevancia histórica y cultural de numerosos dilemas socio-científicos, ha sido reseñada como un eficaz recurso didáctico para despertar la motivación intrínseca entre el alumnado de la ESO. En este contexto, se plantean una serie de objetivos gracias a los cuales se persigue el fin último de incrementar el interés de los alumnos de la asignatura de Física y Química del curso de 3º de ESO del Colegio Juan de Lanuza, en Zaragoza, a través de la puesta en práctica de una propuesta de intervención didáctica en la que dichos alumnos tendrían que realizar una investigación sobre una científica de la Historia de la Física y la Química o una cuestión socio-científica relevante, que posteriormente presentarían en el contexto de un congreso científico formal. Se especifican la metodología y recursos y se diseñan también procedimientos para la evaluación de resultados. Finalmente, se llega a la conclusión de que, pese a la limitante falta de comprobación empírica, la propuesta de intervención diseñada cumplimenta sobradamente los objetivos iniciales, y se prevé cómo su puesta en práctica habría de ser capaz de atenuar la problemática descrita.

[Número de palabras: 298]

Palabras clave: Realización de un congreso, Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS), Colegio Juan de Lanuza, Física y Química, motivación.

Abstract

This Master's degree project aims at reducing Secondary students' demotivation and lack of interest regarding scientific subjects, with our main focus placed on Physics and Chemistry. Aiming to understand the origin and underlying causes of this attitudinal estrangement, a bibliographic revision has been carried out, revealing that the main trigger of such a estrangement is thought to be the excessively propedeutic and conceptual teaching to which the students are subjected to, and which doesn't allow them to establish enough links between Science, Technology and Society (STS). Among these, the History of Physics and Chemistry, the contextualized role and input of male scientists - as well as that of the, usually forgotten, women scientists -, and the cultural relevance of socio-scientific issues, have been singled out as effective strategies to stimulate intrinsic motivation among Secondary School (SS) students.

Taking this background into context and working within this framework, a series of objectives have been outlined, with the ultimate aim of increasing the interest in Physics and Chemistry of the 3rd grade Secondary School students from "Colegio Juan de Lanuza" in Zaragoza. In order to achieve that, a practical intervention proposal has been defined, by which said students would have to carry out a research project around some famous female scientist or relevant socio-scientific issue and proceed to its subsequent presentation in a sort of formal scientific-conference manner. Methodology, sources and evaluation tools are also specified.

Thus, we can say that, despite the limiting lack of empiric validation, the designed didactic proposal manages to achieve the desired effect and accomplish the established objectives in a more than satisfactory manner. And thus, one could speculate about how its proper implementation should be able to diminish the above-mentioned difficulties.

[Number of words: 285]

Keywords: Congress realization, Physics and Chemistry, Science-Technology-Society (STS), Colegio Juan de Lanuza, motivation.

1. Introducción.....	1
2. Justificación y planteamiento del problema.....	2
2.1. Justificación teórica.....	2
2.2. Justificación personal.....	5
3. Objetivos.....	6
4. Marco teórico.....	8
4.1. La <i>Alfabetización científica</i> y la importancia del enfoque CTS en la enseñanza de las ciencias.....	8
4.2. Utilización de la Historia de la Ciencia y las controversias socio-científicas en la enseñanza de la Física y la Química.....	11
4.2.1. Historia de la Ciencia	11
4.2.2. Controversias socio-científicas	13
4.3. Importancia del desarrollo de las competencias comunicativas en la enseñanza de las ciencias.....	15
5. Propuesta de intervención.....	17
5.1. Introducción.....	17
5.2. Contextualización y destinatarios.....	18
5.3. Marco legal.....	20
5.4. Contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables	20
5.5. Competencias clave.....	23
5.6. Metodología de la propuesta.....	24
5.7. Actividades de la propuesta de intervención práctica.....	26
5.8. Especificación de los recursos humanos, materiales y económicos de la propuesta.....	36
5.9. Instrumentos de evaluación de la propuesta.....	37
5.10. Procedimientos de evaluación de la propuesta.....	39
6. Resultados previstos.....	43
7. Conclusiones	44
8. Limitaciones y perspectivas.....	46
9. Referencias bibliográficas.....	48
Anexo I. Presentación PowerPoint de la Actividad 1. ¿Cómo se comunican los científicos?	55
Anexo II. Internet y el doble filo de las noticias sobre cuestiones de implicación socio-científica.....	60

Anexo III. Mail de invitación al congreso que recibirán los alumnos.....	61
Anexo IV. Visto Bueno del tutor del Colegio Juan de Lanuza.....	62

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1.....	37
-----------------	----

Índice de Figuras

Figura 1. Matriz DAFO para la evaluación de la propuesta (Fuente: elaboración propia).....	40
--	----

Índice de Tablas

Tabla 1a. Contenidos, criterios y estándares de la asignatura de Física y Química para 2º y 3º de la ESO según el Real Decreto 1105/2014 en los que se enmarca la propuesta planteada (Fuente: elaboración propia a partir del Real Decreto 1105/2014, p. 258).....	21
Tabla 1b. Contenidos, criterios y estándares de la asignatura de Física y Química para 4º de la ESO según el Real Decreto 1105/2014 en los que se enmarca la propuesta planteada (Fuente: elaboración propia a partir del Real Decreto 1105/2014, p. 263).....	22
Tabla 2. Temporalización y agrupaciones propuestas para las actividades planteadas en la intervención (Fuente: elaboración propia).....	27
Tabla 3. Descripción de agrupamientos y duración de las charlas del congreso (Fuente: elaboración propia).....	32
Tabla 4. Posible organigrama del congreso (Fuente: elaboración propia).....	35
Tabla 5. Rúbrica de evaluación de la actividad (Fuente: elaboración propia).....	38
Tabla 6. Encuesta de satisfacción del alumnado (Fuente: elaboración propia).....	41

1. Introducción

El trabajo que aquí se recoge es el Trabajo de Fin de Máster (TFM) realizado dentro del Máster de Educación Secundaria Obligatoria, Bachiller, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas, Especialidad en Física y Química, de la Universidad Internacional de La Rioja (UNIR).

En este trabajo se justifica y plantea un problema (capítulo 2) como es el del evidenciado declive entre los alumnos de Secundaria hacia el estudio de las Ciencias, y, en particular, la Física y la Química (Solbes *et al.*, 2007). Este problema, de causas multifactoriales y que parece afectar especialmente a las chicas (Balbuena *et al.*, 1993), conlleva disminuciones en los rendimientos de los estudiantes de 15 años en pruebas de rendimiento internacionales como PISA 2015 (OECD, 2016), lo que a su vez desencadena una notable pérdida de vocaciones científicas (Vázquez y Manassero, 2008). Expertos a nivel europeo coinciden en la necesidad de potenciar el acercamiento de los jóvenes —como representantes de la futura ciudadanía— a las materias científicas desde una perspectiva más contextualizada y holística, que les permita comprender cómo en la sociedad, y sobre todo en la actual, la ciencia va mucho más allá de una compilación de fórmulas y datos aislada: acuñan para ello el término de *Alfabetización científica* (González Weil *et al.*, 2009).

Ahora bien, para llegar a desarrollar en los estudiantes la motivación intrínseca necesaria para que se produzca este acercamiento a todos los campos de la competencia científica (Valdmann, 2012), numerosos estudios cuya revisión se lleva a cabo en el marco teórico (capítulo 4) de este TFM justifican la necesidad de implementar un enfoque didáctico de tipo CTS (Ciencia, Tecnología y Sociedad) donde los alumnos aprendan a relacionar los conceptos científicos y tecnológicos con sus aplicaciones en la vida cotidiana, su utilidad y su relevancia y contextualización a nivel social, cultural e histórico (Vilches y Furió, 1999).

Es dentro de este enfoque CTS donde se enmarca la propuesta de intervención práctica desarrollada en este TFM, diseñada para implementarse en la asignatura de Física y Química del curso de 3º de la ESO de un centro concreto como es el Colegio Privado Bilingüe Juan de Lanuza, en Zaragoza. Se elige este curso debido a su posible carácter terminal en lo que a las materias de ciencias se refiere (Real Decreto 1105/2014, p. 257), lo que a su vez potencia la necesidad de que los alumnos alcancen un mayor grado de implicación con el conocimiento científico. Se define,

así y con este fin último, una propuesta de intervención (capítulo 5) que tiene como objetivo final el que los estudiantes disminuyan su pérdida de interés por la asignatura y por la ciencia en general, lo que se pretende lograr a través de una serie de objetivos específicos (capítulo 3) entre los que destaca el diseño de una actividad didáctica en la que los alumnos han de elegir un representante histórico de la Física y la Química, preferiblemente femenino, o un evento socio-científico de relevancia histórica o cultural sobre el que, después de haber realizado la investigación pertinente, habrán de realizar una presentación oral simulando el contexto de un congreso científico formal. Desde el punto de vista metodológico, se definirán de forma detallada los componentes de la mencionada propuesta, así como herramientas para evaluar la validez de la misma y deducir si su implementación, ya sea en el contexto mencionado o en otro, podría llegar a la correcta consecución de los objetivos propuestos y del consiguiente aumento del interés del alumnado de Secundaria por la Ciencia, su contexto y sus mecanismos de comunicación.

2. Justificación y planteamiento del problema

2.1. Justificación teórica

El último Informe del Programa Internacional para la Evaluación de Estudiantes (o Informe PISA, de sus siglas en inglés: Programme for International Student Assessment), realizado en 2015, reflejó un empeoramiento de las habilidades científicas de los jóvenes de 15 años tanto a nivel de España como del resto de países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, la OCDE (OCDE, 2016). Esta tendencia, apreciable ya en informes precedentes (Eurydice, 2007), es particularmente preocupante si tenemos en cuenta el contexto de desarrollo en el que está inmersa nuestra sociedad, en la que resulta innegable la vinculación entre el crecimiento económico y los conocimientos científicos, imprescindibles a la hora de definir soluciones efectivas para los complejos problemas medioambientales y sociales con los que se ha de lidiar (OCDE, 2016). En este contexto, como el mismo informe sigue proponiendo, es menester que sean todos los ciudadanos, y no sólo los que se dedicarán profesionalmente al ejercicio de la ciencia o la tecnología, los que estén preparados para enfrentarse, participar y opinar sobre cualquier dilema científico que pueda surgir.

Este declive actitudinal de los estudiantes hacia la ciencia en nuestro país ha sido estudiado por numerosos autores que coinciden en señalar cómo, si bien durante la niñez se mantiene una predisposición favorable y una gran curiosidad hacia los temas relacionados con la ciencia y la tecnología, éstas van disminuyendo progresivamente con la edad de los estudiantes (Vázquez y Manassero, 2008), y más aún en el caso de las mujeres (Hoffmann, 1985). Este cambio actitudinal que, además, afecta especialmente a la Física y la Química de entre el resto de disciplinas científicas (Solbes *et al.*, 2007), puede llegar a tener una relevancia definitiva en lo que a la elección o rechazo de la ciencia como opción de carrera y profesión futura se refiere (Vázquez y Manassero, 2008), circunstancia que convierte el análisis del mismo en un tema de vital importancia para afrontar la pérdida de vocaciones científicas, problema acuciante en muchos países de la Unión Europea (OCDE, 2016).

El análisis de las posibles causas de este desinterés parece concluir que la naturaleza de las mismas es multifactorial (Solbes *et al.*, 2007). En concreto, estos mismos autores (2007) sugieren como principales responsables los siguientes:

- Una valoración social negativa de la ciencia, a la que se considera difícil y elitista, además de principalmente vinculada con sus repercusiones negativas, sobre todo en el caso de la Física y la Química (aplicaciones armamentísticas, contaminación, aditivos alimenticios...).

- La relación ciencia-género: la escasa visibilidad curricular del papel de las mujeres en la historia de la ciencia, fruto originalmente de una sociedad desigual, resulta todavía hoy en la “ocultación de las científicas en la enseñanza” (Como se cita en Solbes *et al.*, 2007, p. 95). Otros estudios, además, señalan que la enseñanza de una ciencia desvinculada de sus relaciones con la tecnología, la sociedad y el ambiente (a partir de ahora, relaciones CTSA o CTS), parece despertar menos el interés de las chicas (Balbuena *et al.*, 1993).

- El estatus de las ciencias en el sistema español: según los autores, las distintas leyes educativas que han ido rigiendo el currículo de la Educación Secundaria no valoran la enseñanza de las ciencias como debieran —y como sí lo hacen otros países de la Unión Europea (OECD, 2016)—, y consideran que su obligatoriedad sólo ha de extenderse hasta 3º de la ESO, donde además sólo se cursan 2 horas semanales de Física y Química y de Biología y Geología, frente a otras materias obligatorias a las que se destinan 3 ó 4 horas cada semana.

- La metodología de enseñanza usual de las ciencias, centrada en los aspectos más conceptuales y propedéuticos de las mismas y alejada de otros aspectos como las relaciones CTSA, el trabajo experimental y la historia de las ciencias, todas ellas opciones que, según la mayoría de las investigaciones actuales en didáctica de las ciencias, conllevarían una mayor motivación e interés por parte del alumnado (Solbes y Traver, 1996, Solbes y Sinarcas, 2009, Lin y Chen, 2002, Camacho y Quintanilla, 2008).

Pese a la alarmante perspectiva de este estudio de Solbes *et al.* (2007), donde los resultados obtenidos reflejan cómo para casi un 71% del alumnado encuestado las clases de Física y Química son aburridas y sin interés, los autores plantean también una serie de soluciones que están en consonancia con los resultados de muchos otros trabajos sobre Didáctica de las Ciencias, como son el de Vázquez y Manassero (2008), el de Aikenhead (2003), el de Lavonen *et al.* (2010) e incluso análisis previos y consistentes del propio Solbes (2001). Las líneas de actuación planteadas para la resolución de este problema por todos estos autores son, como digo, consistentes, y radican en abordar la enseñanza de la ciencia como una labor cuyo objetivo primero sea el alcanzar una alfabetización científica de los futuros integrantes de la sociedad. Esta alfabetización, así como la motivación intrínseca del

joven alumnado, habría de buscarse —según todos ellos— a través de la inclusión en la enseñanza habitual de la Física y la Química de más actividades de carácter experimental, de proyectos que permitan a los estudiantes ser conscientes de las implicaciones y relaciones CTSA y de un estudio menos anecdótico y más integrado de la historia de la ciencia y sus protagonistas.

2.2. Justificación personal

A nivel personal, y coincidiendo con la preocupación expresada por muchos de los ya mencionados autores (Solbes *et al.*, 2007, Vázquez y Manassero, 2008), he podido presenciar de forma directa y desde las dos principales perspectivas implicadas — como alumna de la ESO en su día primero y como profesora de prácticas de la misma etapa después— la falta de motivación de muchos de los estudiantes a la hora de enfrentarse a una materia para mí tan apasionante y fundamental como lo es la Física y la Química. En concreto, ha sido testigo de cómo esta desvinculación es palpable entre muchos de los alumnos de 3º de la ESO, que no hay que olvidar que, como recuerda el RD 1105/2014 que actualmente rige su currículum, es un curso en el que la asignatura de Física y Química puede ser terminal, por lo que el propio Real Decreto 1105/2014 incide en la importancia de que su fin sea el de propiciar “la cimentación de una cultura científica básica” (Como se cita en Real Decreto 1105/2014, p. 89). Es por ello, así como por los datos exhibidos en el apartado anterior, por lo que se ha escogido el curso de 3º de la ESO para la presente propuesta, en la que se busca mejorar la percepción y valoración de la ciencia por parte de los alumnos así como, particularmente, una mayor contextualización y toma de conciencia acerca de su relevancia a nivel sociocultural e histórico.

La actividad planteada buscaría, así, una forma de implicar a los estudiantes en el conocimiento de los eventos y figuras más relevantes de la historia de la ciencia, otorgando además una especial dedicación al papel de las mujeres científicas en la misma, un tema que con el que, personalmente, me siento muy vinculada. Esta búsqueda les permitiría familiarizarse con la enorme y, en ocasiones, controvertida repercusión de muchos de los descubrimientos de la historia de la Física y la Química, así como con la línea del pensamiento investigador seguido por los científicos y científicas de todas las épocas; ambas herramientas han demostrado elevado poder incentivador entre el alumnado adolescente (Solbes y Traves, 1996, Camacho y Quintanilla, 2008, Solbes, 2013a). El hecho, además, de que la presentación de las investigaciones realizadas tenga el aspecto formal que tendría en

un congreso científico real, posibilitaría a los alumnos el conocer más de cerca los entresijos del mundo investigador, contribuyendo a la desmitificación del mismo y a una mayor implicación y desarrollo de las competencias transversales comunicativas del alumnado (Aragón Méndez, 2006). Es por todo esto por lo que considero que el planteamiento de una actividad de este tipo podría ser muy atrayente y estimulante para los alumnos no sólo en lo que a su visión de la Física y la Química —así como de la importancia de la misma a nivel social y cultural— se refiere, sino también a la presencia de la mujer en la historia de la ciencia y a la familiarización con los mecanismos habituales de divulgación científica.

3. Objetivos

El objetivo general de este proyecto es el de definir una actividad a modo de propuesta de intervención práctica en la asignatura de Física y Química de un aula de 3º de la ESO bajo un enfoque CTSA concreto, que permita a los alumnos investigar sobre una figura relevante —preferiblemente femenina— de la historia de la ciencia o sobre un hecho o acontecimiento histórico o social en el que la Física o la Química hayan tenido una implicación directa. La presentación de sus investigaciones emularía la estructura formal de un congreso científico real, con lo que podrían desarrollar y fomentar competencias no sólo clave, sino también transversales de la asignatura. El fin último de esta actividad sería el de potenciar la implicación y el interés de los alumnos por la Física, la Química y la Ciencia en general, así como por sus implicaciones a nivel social y cultural y por la presencia de las mujeres en la misma. Teniendo en cuenta que puede ser una asignatura terminal para aquellos alumnos que no la elijan en cursos posteriores, proporcionar una contextualización de la misma es fundamental para garantizar un desarrollo equilibrado de su competencia científica (González Weil *et al.*, 2009).

Para la consecución de este objetivo general, se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Revisar y examinar la bibliografía existente en la que se estudia la problemática relacionada con el aprendizaje de la Ciencia —particularmente, de la Física y la Química— en la Educación Secundaria.
- Revisar y examinar la bibliografía existente sobre las contribuciones y beneficios del enfoque CTSA en el aprendizaje de la Ciencia y, particularmente, la Física y la Química.

- Llevar a cabo una búsqueda bibliográfica sobre la existencia y resultados de otros posibles proyectos que hayan empleado la Historia de la Física y la Química o/y las cuestiones socio-científicas como recurso didáctico en las aula de Secundaria.
- Definir una propuesta de intervención práctica concreta dentro de los contenidos de la asignatura de Física y Química de 3º de la ESO del Colegio Juan de Lanuza en la que los alumnos realicen una investigación sobre un personaje o evento que haya tenido un papel o repercusión relevante en el contexto histórico de esta rama de la ciencia y luego la expongan a sus compañeros siguiendo el proceso formal de un congreso científico real.
- Definir una propuesta para la evaluación de la actividad y de los resultados de la misma.

4. Marco teórico

4.1. La *Alfabetización científica* y la importancia del enfoque CTS en la enseñanza de las ciencias

Tal y como hemos introducido anteriormente, una de las causas principales de la imagen negativa y el desinterés que presentan los alumnos de Educación Secundaria hacia las ciencias y, más concretamente, hacia la Física y Química, tiene su base en lo exclusivo de su carácter propedéutico, esto es, “de estudios preliminares para la adquisición de nivel o base científica” (Como se cita en Furió *et al.*, 2001, p. 19), en el que se ha fundamentado durante años la enseñanza de las mismas, tanto en España como en muchos otros países (Hodson, 1993). Este tipo de enseñanza descontextualizada, que no tiene en cuenta las relaciones de tipo CTSA ni la contribución de la ciencia a las necesidades humanas se ha demostrado que, además, es menos interesante para las chicas (Solbes *et al.*, 2007), que ya de por sí cuentan con escasísimos representantes visibles de su género en los materiales didácticos sobre ciencia más comunes (Solbes y Traver, 1996).

Considerando el rol protagonista que tiene hoy en día la ciencia en nuestra sociedad, este distanciamiento por parte de la juventud hacia la ciencia puede tener consecuencias muy perjudiciales para el conjunto de los ciudadanos. A este respecto ya se pronunció la UNESCO en su Declaración Sobre la Ciencia y el Uso del Saber Científico (UNESCO-ICSU, 1999), donde hacía hincapié en la relevancia de la ciencia tanto para constituir el pilar básico de la realización plena del ser humano como para generar una capacidad científica intrínseca y un conjunto ciudadano informado y proactivo. A partir de esta declaración, y tal y como recogen González Weil *et al.* (2009), el Grupo de Expertos del área de Ciencias de PISA acuñan por primera vez en 2006 el término de *Alfabetización Científica*, refiriéndose con él a la capacidad de emplear el conocimiento científico para localizar preguntar y extraer conclusiones sustentadas en evidencias, con el objeto a su vez de comprender e involucrarse en la toma de decisiones acerca del mundo natural y los cambios que en él produce la actividad humana (Harlen, 2002). A partir de esta misma idea se definieron los cuatro aspectos que debía cumplimentar la *Competencia científica*, y que fueron expuestos por la OCDE en 2006 (OCDE, 2006). Básicamente, la alfabetización científica implicaba lo siguiente, tal y como recogen González Weil *et al.* (2009):

- Poseer el conocimiento científico necesario y emplearlo para identificar preguntas, analizar fenómenos y extraer conclusiones.
- Comprender los rasgos más significativos de la ciencia como forma conjunta de conocimiento e investigación.
- Ser consciente de cómo la ciencia y la tecnología moldean nuestro contexto social y cultural.
- Estar dispuesto a implicarse y comprometerse reflexivamente con aquellos aspectos que involucren a la ciencia con la ciudadanía.

Estas ideas se han seguido potenciando, cada vez con más fuerza, tras los siguientes análisis de posteriores estudios PISA, hasta llegar al último PISA 2015. En la introducción de éste, el propio Secretario General de la OCDE hace referencia a cómo la ciencia está presente en nuestras vidas de una forma mucho más ubicua de lo que a veces pueda parecer: desde tomarse un analgésico, hasta diseñar una dieta «equilibrada», pasando por la ingesta de leche pasteurizada o la decisión de si comprar o no un coche híbrido. La ciencia no sólo no se limita a las probetas y los tubos de ensayo, sino que se encuentra en la base de prácticamente todas y cada una de las herramientas que usamos, desde un simple sacacorchos hasta una estación espacial. Además, nos recuerda que la ciencia no es un ámbito destinado exclusivamente para los científicos. En la sociedad actual, caracterizada por una combinación de flujos de información de enormes proporciones y rápidos cambios, todo el mundo tiene que ser capaz de pensar según el método científico, sopesando datos y llegando a conclusiones efectivas. De igual modo, es necesario ser consciente de cómo la «verdad» científica es susceptible de cambio conforme avanza el tiempo, se hacen nuevos descubrimientos e incrementa el grado de comprensión de los humanos acerca de las leyes naturales, las posibilidades y las limitaciones de la tecnología (OCDE, 2016, p.2).

Ahora bien, el alcance de esta educación científica global a través de la enseñanza de las ciencias no puede, como ya se ha comentado que señalan todos los expertos en su didáctica, alcanzarse a través de la metodología propedéutica clásica, sino que ha de hacerse a través de otras herramientas didácticas entre las que destaca el movimiento CTS, que propone aproximaciones basadas en el tratamiento global de estos tres aspectos (Acevedo *et al.*, 2002). Como apunta Acevedo Díaz (2004), esta metodología proporciona “el andamiaje necesario para el desarrollo curricular de una ciencia para todas las personas” (p.8). En lugar de someterse a la exhibición de los aspectos conceptuales, el enfoque CTS tiene en cuenta los factores subjetivos —

relacionados con la toma de decisiones y posibles valoraciones críticas—, axiológicos —normas y valores sociales y culturales— y de contexto —aspectos históricos y controversias científicas, aplicaciones cotidianas y utilidades— que también forman parte de la creación del conocimiento (Acevedo Díaz *et al.*, 2003).

Considerando lo positivo de los resultados de estos y otros estudios relacionados, la conveniencia de la incorporación de este tipo de enfoque didáctico en el aula de secundaria es evidente. Ahora bien, el modo de hacerlo se convierte también en objeto de estudio, si bien las tres formas que distinguieron Vilches y Furió (1999) son todavía las más aceptadas:

- Incorporando temas relevantes y actividades de tipo CTS intercalados en torno al currículum habitual, a modo de contenido transversal.
- Estructurando todos los contenidos de la materia a través de un enfoque CTS.
- “CTS puros”, donde el contenido conceptual científico está subordinado a la enseñanza y al estudio de temas de ciencia y tecnología en sociedad.

Teniendo en cuenta todo lo apuntado hasta ahora, es claro que el abanico que existe para que el docente introduzca en clase satisfactoriamente este tipo de contenidos es muy amplio. La propuesta concreta de este trabajo se enmarca en la misma problemática de desinterés, si bien desde una perspectiva y situación más concreta, en la que el alumnado ya se enfrenta a una programación docente en la que se encuentran entremezclados muchos contenidos de tipo CTS relacionados principalmente con las aplicaciones cotidianas y posibles utilidades de los conceptos aprendidos, así como con numerosas actividades de carácter práctico y experimental que fomentan su participación (Aragón Méndez, 2004). Es por ello por lo que, sin olvidar además cómo muchos de los estudiantes que cursan 3º de la ESO es probable que no vuelvan a presenciar más clases relacionadas con la Física y la Química en el futuro, considero conveniente hacer especial hincapié en el ámbito CTS con el que menos relación han tenido, como es el de la Historia de la Física y la Química y el papel de la mujer en la ciencia, así como la relevancia de esta última en un gran número de eventos de carácter social y cultural a lo largo de la humanidad. Además, estos enfoques han demostrado, como ya se ha mencionado, ser especialmente relevantes a nivel didáctico a la hora de atraer la atención de las estudiantes, menos estimuladas en general por los aspectos más pragmáticos de la tecnología (Solbes *et al.*, 2007). De igual modo, la comunicación, defensa y

divulgación de sus propias investigaciones, así como la recepción de las de sus compañeros y el desarrollo de competencias transversales han sido reconocidos — como veremos en los siguientes apartados— como eficaces recursos didácticos para la estimulación del alumnado desinteresado y alejado de la enseñanza de las ciencias (Kølsto et al., 2006).

4.2. Utilización de la Historia de la Ciencia y las controversias socio-científicas en la enseñanza de la Física y la Química

4.2.1. Historia de la Ciencia

Dentro de los diversos aspectos que se pueden abordar en el aula desde el enfoque CTS, el estudio de la historia de las ciencias y de sus implicaciones en la enseñanza de éstas goza, como apuntan Solbes y Traver (1996) y Lin y Chen (2002), de una gran trayectoria, que se remonta a los trabajos realizados en la Universidad de Harvard en 1957 por Conant, donde los alumnos de humanidades iniciaron un complejo estudio de casos históricos en el que analizaban procesos determinantes para el progreso de la ciencia y sus implicaciones sociales, morales, etc (Solbes y Traver, 1996). Desde ese momento en adelante, han sido muchos los autores que han estudiado el empleo de la historia de la ciencia en la enseñanza de los conceptos clave de la misma y, particularmente, de la Física y la Química. Los resultados de la mayoría de sus trabajos apuntan a cómo la Historia de la Ciencia, considerada como una metaciencia, promueve la enseñanza y construcción de contenidos y conceptos científicos gracias a procesos de modelización que integran lenguaje, acción y pensamiento, y contribuyen a que la ciencia tenga una imagen más humana, menos elitista y más beneficiosa para la actividad política y cultural de las distintas comunidades científicas (Camacho y Quintanilla, 2008, p. 198). Por otro lado, los resultados de muchos de los estudios, como el de Solbes y Traver (2001) y el de Solbes y Sinarcas (2009), muestran también una correlación directa entre la mejora de la imagen de la ciencia y el desarrollo de actitudes positivas entre el alumnado de Secundaria y la introducción de contenidos de Historia de la Ciencia en las clases de Física y Química.

Según Solbes y Traver (2003), la introducción de la Historia de la Ciencia en las clases de Física y Química en la ESO permitiría luchar contra la imagen deformada que muchos estudiantes se forman sobre la ciencia a partir de las informaciones parciales de los medios de comunicación y otras fuentes mediáticas. Basándose en

sus propias investigaciones han llegado a determinar cómo, en efecto, el otorgar a los alumnos una perspectiva clara y exacta acerca de la construcción contextualizada del pensamiento y método científico a lo largo del tiempo les permite desarrollar una imagen más holística de la Ciencia, donde ésta no se entiende sólo como un conjunto de datos, teorías e instrumentos sino como un entramado del que también forman parte fundamental las personas que lo crean, tanto hombres como mujeres, y sus relaciones con el medio y el contexto socio-histórico. Esta nueva imagen que, sobre la ciencia y los científicos, se lograría desarrollar en los estudiantes de secundaria a través de la implementación de la Historia de la Física y la Química en el aula tendría para ellos, según Solbes y Traver (2001), las siguientes y positivas implicaciones, entre otras:

- Integrar la imagen de la Ciencia como una construcción sistemática de conocimientos construida a lo largo de la historia, y no como una consecución concatenada de descubrimientos casuales.

- Conocer mejor aspectos vinculados con la historia de la ciencia que, posiblemente, antes se ignoraban, y mostrar por tanto una imagen de la ciencia más contextualizada y completa. Aprender cómo los resultados de los experimentos científicos tienen un valor relativo, establecido por sus límites de validez, que no hay que asumir de manera irreflexiva.

- Conocer y reconocer que la construcción de los conocimientos científicos a nivel histórico no sigue las pautas de un proceso lineal, sino que han tenido lugar muchas crisis importantes en los denominados paradigmas científicos, de la misma forma en la que los conceptos de un paradigma dado no siempre han sido inamovibles, sino que se han generado dilemas y controversias que han conllevado importantes variaciones.

- Reconocer el carácter grupal y constructivo del trabajo cooperativo de los científicos e investigadores, donde el intercambio de ideas y opiniones divergentes que acaban dando lugar a resultados coherentes es constante.

- Reconocer algunas de las implicaciones sociales de las aportaciones más destacadas de la Ciencia al desarrollo de la humanidad, esto es, alcanzar una visión más humanizada y cercana de la ciencia.

- Valorar las contribuciones realizadas por científicos de nuestro propio país, así como de otros que también han quedado eclipsados por razones históricas.

- Valorar la contribución a la ciencia de las mujeres científicas a lo largo de la historia, así como ser conscientes del ocultismo y las desigualdades que han sufrido en este contexto durante numerosas épocas, incluida la actual.

Todas estas implicaciones habrían de conllevar a su vez una serie de cambios en la actitud de los alumnos, de entre los que cabe destacar los siguientes (Solbes y Traver, 2001):

- Los alumnos pasan a conocer mejor diversos aspectos de la historia de la ciencia, y con ello tienen una idea más integral y contextualizada de ésta.
- Aprenden a valorar los aspectos internos y pasos del trabajo científico: problemas, serendipia, experimentación, evolución de los conocimientos, etc.
- Valoran positivamente la importancia del trabajo colectivo en la investigación, así como el papel de la ciencia en países que no son referente mundial y, sobre todo, de las mujeres científicas.
- Se aleja la preconcepción tópica y negativa de los científicos.
- Mejora el clima del aula, la involucración del alumnado en el proceso de enseñanza-aprendizaje y el interés general del alumno por la ciencia.

Si bien esta lista podría parecer ambiciosa, los resultados de los estudios realizados por los autores en éste y en posteriores trabajos (Solbes, 2003 y Solbes y Sinarcas, 2009) avalan claramente las hipótesis planteadas, y refuerzan sin duda el beneficio de la introducción de la Historia de las Ciencias y, en concreto, de la Física y la Química, en el aula de Secundaria como un método para incentivar al alumnado desinteresado y mejorar su imagen de las Ciencias. Es éste, como vemos, uno de los encuadres clave en los que se enmarcaría mi propuesta de intervención, si bien los objetivos marcados son más humildes que los aquí expuestos. No obstante, el fin último de incentivar el interés de los alumnos de 3º de la ESO a través de un mayor conocimiento de eventos y figuras relevantes en el plano histórico de la Física y Química, está totalmente en la línea de lo argumentado por los mencionados autores.

4.2.2. Controversias socio-científicas

Respecto a las cuestiones socio-científicas que también podrían elegir los alumnos para la realización de la actividad que les plantearía en el contexto de mi intervención, son también un recurso habitual tanto a nivel de investigación didáctica y de clases de ciencia como en la divulgación científica más generalizada (Díaz Moreno y Jiménez-Liso, 2012). Según estos mismos autores (2012), hablamos de cuestiones socio-científicas para referirnos a aquellas disyuntivas y dualidades socioculturales que se generan y que están directamente relacionadas con la ciencia

debido a la compleja interrelación que existe entre ésta y la sociedad (p. 55). Se trataría, por tanto, de dilemas sociales cuya base radica en cuestiones científicas, pero que además están relacionados con otros campos tales como lo social, lo ético, lo político y lo ambiental (Jiménez Aleixandre *et al.*, 2010). Este tipo de cuestiones son a través de las que es posible fomentar, al plantearlas en el aula, el desarrollo del pensamiento crítico en los estudiantes, entendiendo éste como la capacidad de propiciar el desarrollo de un dictamen propio, adquiriendo la capacidad de reflexionar acerca de la sociedad y de formar parte activa de ella; tiene, además, componentes argumentativos tales como la demanda y el análisis de pruebas, así como otros que fomentan la emancipación y el pensamiento independiente, como el análisis razonado de discursos legitimadores (Solbes, 2013a).

Así, el abordaje de las cuestiones socio-científicas permite que los alumnos, como el resto de ciudadanos, analicen los diferentes argumentos y decisiones en función de las opciones planteadas, informándose sobre el problema sin limitar sólo su opinión al discurso mediático dominante (Sadler y Zeidler, 2009) y favoreciendo además su capacidad argumentativa (Díaz Moreno y Jiménez-Liso, 2012). En esta misma línea plantea Solbes (2013b) una interesante serie de cuestiones socio-científicas destinadas a su uso en aulas de Secundaria con objeto de involucrar al alumnado y fomentar el desarrollo de su pensamiento crítico desde un enfoque CTS: destacan entre ellas la astrología, la teoría de la evolución, las pseudo-ciencias curativas y las centrales nucleares. Este tipo de cuestiones, y otras relacionadas, son las que se espera que los alumnos, en el marco más concreto de la propuesta de intervención planteada en este estudio, puedan elegir como tema de investigación. El recibo y análisis crítico de información sobre temas científicos comprometidos a nivel social, la evaluación de las pruebas en función de la fiabilidad de sus fuentes, la valoración de posibles puntos de vista opuestos y la transmisión y defensa de los suyos propios (Acevedo, 2004) favorecerá el desarrollo en los estudiantes de la toma de conciencia sobre las controversias y parcialidades existentes en los medios de comunicación a la hora de difundir noticias con contenido científico (Díaz Moreno y Jiménez-Liso, 2012), así como sobre la necesidad de una ciudadanía actualizada, informada y alfabetizada científicamente, capaz de esgrimir una opinión crítica y fundamentada (Marco-Stiefel e Ibáñez, 2006 y OCDE, 2016).

4.3. Importancia del desarrollo de las competencias transversales en la enseñanza de las ciencias

Ya por último, me gustaría destacar cómo hay numerosos estudios que han demostrado y reivindicado la necesidad de fomentar las competencias transversales de tipo comunicativo y argumentativo en la didáctica de las ciencias (Blanco-López, 2004, González Weil et al., 2010, Osborne, 2010 y Cachapuz, 2006, entre otros).

Una de las principales causas de la visión negativa que buena parte de la sociedad tiene acerca de la Ciencia y la Tecnología radica en la falta de una comunicación científica efectiva y de calidad por parte de sus representantes (Blanco-López, 2004), lo que a su vez contribuye a dibujar el conocimiento en Ciencia y Tecnología como una especie de impenetrable secreto, propio de minorías elitistas e inaccesibles, y que fomenta el tópico del científico inabordable y secretista al que tanto se recurre, aún hoy en día, en algunos de los medios de comunicación más comunes (Vázquez-Alonso et al., 2005). Con vistas a un posible cambio axiomático que, desde la propia educación de las Ciencias, dote a los alumnos de los recursos necesarios para el desarrollo de estas competencias comunicativas tan necesarias, Aikenhead definió en 2003 por primera vez el concepto de educación CTS humanística, caracterizada por un enfoque centrado en los estudiantes y que busque y permita el desarrollo de su identidad personal y cultural, incentivando su participación en la sociedad como ciudadanos de la misma y su interés por dotar de sentido personal y social al conocimiento sobre Ciencia y Tecnología (Vázquez-Alonso et al., 2005).

A partir de esta aproximación didáctica, se ha defendido una educación en las ciencias que acabe con los angostos límites que separan actualmente las diferentes disciplinas, potenciando las articulaciones e interrelaciones entre áreas del conocimiento (Cachapuz, 2006, p. 287) como pueden ser el arte, la historia o el lenguaje. Dentro de este último, vale la pena hacer referencia concreta a los variados estudios que han avalado los beneficios de la introducción e interrelación de la enseñanza bilingüe con el aprendizaje científico (Aragón Méndez, 2006) y que han demostrado cómo el interés de los alumnos de secundaria se ve propiciado con la implementación de metodologías que interrelacionen competencias transversales como podría serlo la comunicación en una lengua extranjera (Camacho y Quintanilla, 2008 y Coca, 2015). Dado que, además, el lenguaje imperante de la ciencia a niveles superiores es el inglés (Hamel, 2013), y considerando que la

propuesta de intervención se plantearía en el contexto de un colegio bilingüe, los beneficios derivados de que la labor comunicativa y argumentativa del trabajo por parte de los alumnos se realizase en inglés serían evidentes y estarían plenamente contextualizados, pese a que la asignatura en sí no se desarrolle en idioma anglosajón.

Ya por último, hay pocos ejemplos en la bibliografía que puedan servir de clara referencia a la hora de proponer la realización de un congreso como el que se plantea en esta propuesta de intervención, si bien cabe destacar la iniciativa andaluza conocida como Proyecto Piiisa (Proyecto de Iniciación a la Investigación e Innovación Secundaria en Andalucía, u.d.). Este proyecto, nacido en Granada en 2010, consiste en la organización de un congreso anual en el que estudiantes de 4º de la ESO y 1º de Bachillerato de toda España pueden presentar y exponer sus investigaciones, iniciándose así en el entresijo del mundo investigador y de la divulgación científica. Si bien el alcance, temática y contexto de la actividad que se plantea en este trabajo son muy distintas, comparten el fin último de incentivar a los alumnos más jóvenes en su relación con la Física y la Química y con la labor comunicativa que ha de ir inherentemente ligada al estudio de la misma (Blanco-López, 2004, Osborne, 2010).

5. Propuesta de intervención

5.1. Introducción

El planteamiento de este TFM está centrado en la propuesta de una actividad concreta pensada para realizarse en un contexto determinado, como es el del grupo de 3º de la ESO que cursa la asignatura de Física y Química en el Colegio Privado Bilingüe Juan de Lanuza, en Zaragoza. Aunque dicha actividad se enmarcaría en un aula en la que la metodología habitual ya contempla el desarrollo de actividades prácticas experimentales (Coca, 2015) y algunos aspectos del enfoque CTS tales como el empleo de analogías (Pinto-cañón, 2004) y la relación con utilidades y aplicaciones de los conceptos estudiados (Vázquez et al., 2005), su extrapolación a otros centros en los que las condiciones de partida no fuesen las mismas sería perfectamente viable, siempre y cuando cada profesor investigase y adaptase la propuesta en función del contexto del centro y del aula y de sus particulares gustos y criterios pedagógicos.

Una vez expresada esta opinión personal, en esta parte del trabajo se definirán las características y componentes de la actividad propuesta, siempre enmarcadas dentro del objetivo planteado al inicio del mismo: diseñar, dentro de los contenidos de la asignatura de Física y Química de 3º de la ESO, una propuesta de intervención práctica concreta en la que los alumnos del Colegio Juan de Lanuza tengan que realizar una investigación sobre un científico o científica o sobre una cuestión o evento socio-científico con particular relevancia en la Historia de la Física y la Química, que luego presentarán a sus compañeros siguiendo el proceso formal de un congreso científico. Con este fin, se tendrán en cuenta tanto las consideraciones teóricas tratadas en los apartados precedentes como el objetivo último del trabajo, que no es sino el de incrementar el interés y la vinculación de los alumnos del curso con la asignatura de Física y Química, proporcionándoles para ello una contextualización de la misma que les permita alcanzar un desarrollo equilibrado de alfabetización y competencia científica (González Weil *et al.*, 2009) en un curso que, recordemos, resulta clave debido a su carácter terminal (Real Decreto 1105/2014).

Considerando, ya por último, que la propuesta de intervención didáctica diseñada ha de ser trasladable al aula, es necesario que ésta se enmarque dentro de los contenidos, competencias y estándares especificados en las leyes vigentes para el curso y materia implicados. Es por ello por lo que se definen a continuación el

contexto concreto a nivel circunstancial y legal en el que se enmarcaría la propuesta, así como las características detalladas de la actividad planteada y del procedimiento para la evaluación de la misma.

5.2. Contextualización y destinatarios

La presente propuesta de intervención se ha desarrollado con la idea de ser realizada en un curso de 3º ESO del Colegio Juan de Lanuza, donde la autora de este TFM realizó su estancia de prácticas. Es éste un centro educativo situado en las afueras de Zaragoza que fue fundado en 1978 por una serie de familias y profesores que formaron una cooperativa encargada de su gestión. Se trata de un centro privado, bilingüe inglés y laico, destinado a familias de nivel socioeconómico alto, y que desde su fundación hasta ahora ha recibido numerosos reconocimientos externos a nivel autonómico y nacional (véase “Reconocimientos externos” en Colegio Juan de Lanuza, 2013). En él se cubren los niveles educativos desde 2º de Infantil hasta 2º de Bachillerato, donde se ofertan dos de las modalidades propuestas por la LOMCE (Ley Orgánica, 2013), Humanidades y Ciencias Sociales y Ciencias. En la ESO no se imparte la asignatura de Religión, ni se oferta en 4º la vía aplicada; respecto a los Programas de Mejora del Aprendizaje y del Rendimiento, se aplican siempre de forma integrada en el aula ordinaria, sin grupos de diversificación.

En lo que atañe al proyecto educativo de este colegio, tiene como objetivo último la búsqueda de una educación personalizada integral, responsable, contextualizada y creativa del alumnado. Para ello, tal y como describen en su página web, se basan en la participación activa de toda la comunidad escolar en la gestión del propio centro, en una formación humana alejada de toda preferencia política y religiosa y en el respeto consciente de los individuos y la naturaleza (Colegio Juan de Lanuza, 2013). Cabe destacar también su filosofía bilingüe, totalmente enraizada dentro del día a día académico y extraacadémico, y su elevado grado de compromiso social (Juan de Lanuza, 2017).

Por otro lado, los recursos tanto humanos como materiales de los que dispone el centro son elevados: el amplio número de docentes posibilita una ratio profesor-alumno nunca superior a 20 alumnos por grupo, y todas las clases de Secundaria y Bachillerato disponen de ordenador, pizarra digital y *tablets* a disposición de los estudiantes. Existe, además, un nutrido laboratorio para las asignaturas

experimentales y una sala de impresión, grabación de radio y televisión, entre otras instalaciones.

En lo referente al departamento de Física y Química en el que se encuadraría la propuesta de intervención del trabajo, la programación del mismo es flexible y dinámica, en consonancia con el Proyecto Educativo del Centro. Tiene la particularidad, no obstante, de que en 3º de la ESO Física y Química y Biología y Geología se distribuyen de forma complementaria a lo largo del curso: el grupo A estudia la primera en el primer cuatrimestre y el B al revés, con seis periodos lectivos de cada asignatura por semana —cada periodo tiene una duración de 50 minutos—.

De esta forma, y aunque la propuesta de intervención se haya ideado en un primer lugar para llevarla a cabo en el contexto concreto de este centro, lo cierto es que las características y temática de la misma posibilitarían su posible extrapolación a cualquier centro del Estado Español o de cualquier otro estado, siempre y cuando se llevasen a cabo las adaptaciones metodológicas necesarias en función de los recursos del posible centro receptor. El profesor podría ajustar o reorientar la metodología de la actividad planteada y tratar los mismos contenidos ajustándose a los requerimientos y conocimientos (no sólo conceptuales, sino también actitudinales y procedimentales) del grupo-clase. Un punto importante es el hecho de la atención individualizada que sí puede prestar el docente a los alumnos en un curso con las características como las mencionadas para el Colegio escogido, y que habría de ser tenido en cuenta en la planificación y temporalización de la actividad si se diese ésta en un grupo más numeroso. Sería recomendable que, para ello, tanto el centro como el docente contemplasen posibles desdoblamientos de grupos y flexibilidad en los agrupamientos en el aula.

Ya por último, en lo referente a las medidas de atención a la diversidad, el profesor habría de considerar también las necesidades específicas o especiales particulares que pudiese presentar su alumnado y ajustar la dificultad de la actividad o el agrupamiento de la mismas en función de la situación concreta. Teniendo en cuenta el carácter flexible de la propuesta planteada, no debería suponer ningún problema el adaptar parte de la metodología de la misma —tanto en la parte de la realización como en la de la exposición de la misma por parte de los alumnos— a las necesidades del alumnado.

5.3. Marco legal

La presente propuesta de intervención didáctica se enmarca en el contexto de la legislación que rige el currículo impartido en el Colegio Juan de Lanuza y que no es otra sino la vigente en el territorio del Estado Español: el Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria, y que a su vez está encuadrado en la Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la Mejora de la Calidad Educativa. Los diversos contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluable de esta propuesta se diseñan a partir de los que el mencionado Real Decreto sugiere para el bloque de 2º y 3º de la ESO, así como de algunos de los sugeridos para 4º de la ESO.

5.4. Contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables

Mencionar en primer lugar cómo la Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la Mejora de la Calidad Educativa, establece los objetivos curriculares de forma general a nivel de materia y etapa. Dentro de los mismos, el Real Decreto 1005/2014 (p. 257) nos recuerda que el principal objetivo del primer ciclo de Física y Química en la ESO ha de ser el de favorecer el entramado base de una cultura científica general. De igual modo, remarca cómo el poder acceder a una gran cantidad y diversidad de información conlleva la necesidad de establecer criterios de relevancia que nos permitan clasificarla, objetivo general de etapa en el que claramente se enmarca la realización de esta propuesta, que también fomenta la ejecución y defensa de trabajos de investigación que versen sobre temas propuestos o de libre elección (Real Decreto 1005/2014, p. 257). Esto persigue, a su vez, el desarrollo del aprendizaje autónomo por parte de los alumnos, que pueden ampliar y profundizar en contenidos relacionados directa o transversalmente con el currículo y mejorar sus competencias comunicativas y tecnológicas (Real Decreto, 20015/2014).

Dentro de estos objetivos generales, los contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables de la intervención planteada tendrían como referente los planteados en el Real Decreto 1005/2014 (p.258 y 263) en los respectivos “Bloque 1. La actividad científica” especificados tanto para 2º y 3º como para 4º de la ESO. Dadas las características de particular excelencia educativa del centro en el que se sugiere originalmente la implementación de la propuesta, así como la transversalidad de los contenidos y competencias concretas que se tratan en la misma, no habría de suponer ningún problema, según opinión personal de la

autora de este TFM, el hecho de que algunos de los contenidos tratados perteneciesen a un curso superior. No obstante, y como ya hemos mencionado, el carácter flexible de la intervención permitiría cualquier posible adaptación, en caso de que así fuese necesario, si la misma fuese a implementarse en un grupo de diferentes características y requerimientos. En las siguientes tablas (véanse Tabla 1a y 1b) aparecen reflejados los contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables en los que, de entre todos los propuestos para 2º y 3º (Tabla 1a) y para 4º de la ESO (Tabla 1b) por el Real Decreto 1105/2014, se encuadraría la propuesta planteada.

Tabla 1a. Contenidos, criterios y estándares de la asignatura de Física y Química para 2º y 3º de la ESO según el Real Decreto 1105/2014 en los que se enmarca la propuesta planteada

Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
Bloque 1. La actividad científica		
Utilización de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC).	1. Valorar la investigación científica y su impacto en la industria y en el desarrollo de la sociedad. Interpretar la información sobre temas científicos de carácter divulgativo que aparece en publicaciones y medios de comunicación.	1.1. Relaciona la investigación científica con las aplicaciones tecnológicas en la vida cotidiana. 2.1. 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.
Tecnología de la Información y la Comunicación en el trabajo científico.	2. Interpretar la información sobre temas científicos de carácter divulgativo que aparece en publicaciones y medios de comunicación.	2.2. Identifica las principales características ligadas a la fiabilidad y objetividad del flujo de información existente en internet y otros medios digitales.
Proyecto de investigación.	3. Desarrollar pequeños trabajos de investigación en los que se ponga en práctica la aplicación del método científico y la	3.1. Realiza pequeños trabajos de investigación sobre algún tema objeto de

utilización de las TIC.	estudio aplicando el método científico, y utilizando las TIC para la búsqueda y selección de información y presentación de conclusiones. 3.2. Participa, valora, gestiona y respeta el trabajo individual y en equipo.
-------------------------	--

Fuente: elaboración propia a partir del Real Decreto 1105/2014 (p. 258).

Tabla 1b. Contenidos, criterios y estándares de la asignatura de Física y Química para 4º de la ESO según el Real Decreto 1105/2014 en los que se enmarca la propuesta planteada

Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
Bloque 1. La actividad científica		
La investigación científica.	1. Reconocer que la investigación en ciencia es una labor colectiva e interdisciplinar en constante evolución e influida por el contexto económico y político.	1.1. Describe hechos históricos relevantes en los que ha sido definitiva la colaboración de científicos y científicas de diferentes áreas de conocimiento.
Tecnología de la Información y la Comunicación en el trabajo científico.	2. Elaborar y defender un proyecto de investigación, aplicando las TIC.	1.2. Argumenta con espíritu crítico el grado de rigor científico de un artículo o noticia, analizando el método de trabajo e identificando las características del trabajo científico.
Proyecto de investigación.		2.1. Elabora y defiende un proyecto de investigación, sobre un tema de interés científico, utilizando las TIC.

Fuente: elaboración propia a partir del Real Decreto 1105/2014 (p. 263).

5.5. Competencias clave

Siguiendo las recomendaciones realizadas por el Parlamento y el Consejo Europeo en la Recomendación 2006/962/CE (2006), la legislación educativa de nuestro país está basada actualmente en el aprendizaje por competencias. Éstas se conceptualizan como un *savoir faire* aplicable a una gran diversidad de conceptos de carácter académico, profesional y social. Como apunta el Real Decreto 1105/2014 (p.170), del aprendizaje por competencias se espera un potenciamiento de los propios procesos del aprendizaje así como de la motivación intrínseca por alcanzar éste, gracias a la fuerte interrelación que existe entre sus componentes. Así, desde la implementación de la Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la Mejora de la Calidad Educativa, se distinguen en el currículo español las siguientes competencias clave:

- Competencia de comunicación lingüística. (CCL)
- Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología. (CMCyT)
- Competencia digital. (CD)
- Aprender a aprender. (AA)
- Competencias sociales y cívicas. (CSC)
- Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor. (SIEE)
- Conciencia y expresiones culturales. (CEC)

Como el propio Real Decreto 1105/2014 añade algo después de la enumeración de estas competencias clave, para una adquisición eficaz de las mismas y una integración verdaderamente efectiva a nivel curricular se deben diseñar actividades y propuestas de intervención integradas, que posibiliten el avance del alumno hacia la consecución conjunta de resultados de aprendizaje en varias competencias. En este sentido, la propuesta de intervención que se plantea busca fomentar en los alumnos el desarrollo no sólo transversal, sino directo, de prácticamente todas las competencias clave:

- Competencia lingüística: el desarrollo de la actividad planteada contribuiría a la adquisición de competencias comunicativas de los alumnos tanto a nivel lingüístico, como sociolingüístico y literario (Real Decreto 1105/2014). La lectura de textos y la búsqueda bibliográfica desarrollarían sus destrezas de comprensión lectora, y la exposición y defensa final contribuirían directamente a la

mejora de expresión oral, tanto en el idioma materno como en uno extranjero como es el inglés.

- Competencia matemática y competencias básicas en ciencia tecnología: tal y como abordamos en el capítulo 4 (Marco teórico), la OCDE expone claramente en 2006 (González Weil *et al.*, 2009) los cuatro componentes que integran una competencia científica holística. Entre ellos, esta propuesta fomentaría tanto la comprensión de los rasgos más significativos de la ciencia como forma conjunta de conocimiento e investigación, como el desarrollo en los alumnos de la conciencia acerca de cómo la ciencia y la tecnología moldean nuestro contexto social y cultural, como la disposición a implicarse y comprometerse de forma reflexiva e informada con aquellos aspectos que involucren a la ciencia con la ciudadanía.

- Competencia digital: si bien es cierto que los alumnos de 3º de la ESO entre los que se contextualiza la propuesta pueden considerarse “nativos digitales” (Real Decreto 1005/2014, p. 257) , esta actividad no deja de requerir un uso crítico de las TIC como fuente de información y medio principal para alcanzar los objetivos buscados.

- Aprender a aprender: tal y como se verá más adelante en el desarrollo de la actividad que se plantea en esta propuesta, se pretende fomentar con la misma la implicación del alumnado en el propio objeto de aprendizaje, así como la reflexión previa y posterior sobre las posibles ideas preconcebidas y su modificación. La exposición final requerirá, además, que el alumnado establezca estrategias de planificación y supervisión sobre su propio trabajo, lo que a su vez supone una toma de conciencia del propio proceso de aprendizaje.

- Competencias sociales y cívicas: el análisis de la posición de la mujer en la ciencia, así como de la toma de decisiones histórico-sociales en las que se han visto implicados importantes eventos de la física y la química a lo largo de las épocas, busca fomentar el desarrollo del pensamiento crítico y social de los alumnos.

- Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor: a través de la actividad planteada se espera que los alumnos desarrollen una actitud proactiva, manifiesten su criterio propio y elijan, planifiquen y gestionen sus propios conocimientos.

5.6. Metodología de la propuesta

Teniendo en cuenta las características de la propuesta planteada, la metodología que se emplearía conllevaría un modo general de enseñanza expositiva con el uso integrado de las TIC, que es uno de los métodos de mayor eficacia demostrada para el uso de estas últimas en la enseñanza de las ciencias (Delgado *et al.*, 2009). Este

tipo de metodología sería el empleado en aquellas sesiones que, como veremos en el siguiente apartado, conlleven una explicación teórica previa, como sucede sobre todo en las dos primeras (ver apartado 5.7. Actividades de la propuesta de intervención práctica).

Se recurrirá, asimismo, al sondeo de ideas previas entre el alumnado siempre que se introduzca un concepto nuevo, y se potenciará en todo momento, por la propia naturaleza de la actividad y su desarrollo, el enfoque CTSA. Se realizarán también preguntas abiertas que fomenten la generación de debate en clase, y finalmente se espera que los alumnos escojan y desarrollen un tema a su elección de forma prácticamente autónoma, si bien el docente siempre estará ejerciendo su papel de guía y orientador. No obstante, la naturaleza de la actividad busca fomentar el desarrollo del pensamiento crítico, la actitud proactiva y la involucración de los alumnos con la asignatura, por lo que una excesiva dependencia del discurso del docente no sería beneficiosa. Se busca una puesta en práctica pautada pero flexible, que se pueda adaptar al ritmo natural de los alumnos atendiendo a las posibles diversidades de estos y fomentando un aprendizaje significativo construido sobre la base de la reflexión consciente sobre sus conocimientos, así como un desarrollo de su capacidad de autogestión y su competencia metacognitiva.

Cabe destacar también cómo, al inicio de la sesión en la que se les explicará el tipo de trabajo que han de desarrollar para su presentación en el congreso, se les entregará también la rúbrica de evaluación con la que, tanto el profesor como el resto de alumnos, valorarán los distintos posters y presentaciones. Este hecho está pensado para fomentar su capacidad de gestión, dado que saben de antemano qué puntos son los que van a valorarse.

Ya por último, es necesario mencionar el tema del idioma inglés, que estará integrado de forma natural aunque no predominante a lo largo de toda la actividad. Se elige éste y no otro diseño porque es el que se emplea de forma habitual en todas las materias relacionadas con la Física y la Química que se imparten en el Colegio Juan de Lanuza. Dado que se espera —y, de hecho, se observa— por parte de los alumnos un dominio totalmente integrado de este segundo idioma, se hace uso del mismo sin que ello haya de suponer una barrera añadida para los estudiantes.

5.7. Actividades de la propuesta de intervención práctica

La propuesta de intervención que se diseña en este TFM está referida a una sola actividad conjunta, como sería la realización de un congreso sobre “Figuras y Eventos de Relevancia Socio-cultural en la Historia de la Física y la Química”, que llevarían a cabo los alumnos de 3º de la ESO del mencionado Colegio Juan de Lanuza, en Zaragoza, pero que podría extrapolarse, como se ha comentado, a cualquier otro centro una vez realizadas las adaptaciones correspondientes. Esta actividad global implicaría, no obstante, una secuenciación y planificación previa de diversas actividades a nivel de aula; en la siguiente tabla (véase Tabla 2) se esquematiza la distribución temporal que tendrían las actividades, así como el agrupamiento recomendado para cada una de ellas. Tal y como se plantea la actividad en esta propuesta de intervención, está pensada para ocupar un total de 12 sesiones, incluyendo la final de evaluación. A criterio personal de la autora de este TFM, y teniendo en cuenta las características de la propuesta, el momento ideal para realizar la misma sería en las dos semanas previas a algún final de trimestre, preferiblemente el último, donde las asignaturas son ya algo más distendidas y se ha cubierto todo el resto del temario del currículo.

Dada, por otro lado, la particularidad en la impartición de la asignatura de Física y Química en 3º de la ESO en el Colegio Juan de Lanuza, que como ya he comentado se da de forma condensada en un solo cuatrimestre, hay dos días a la semana en los que los alumnos tienen dos periodos lectivos seguidos de la materia, y el total de 12 sesiones conllevaría dos semanas lectivas completas. Si bien esta condensación lectiva facilita la planificación de sesiones más largas de lo habitual, la temporalización de las actividades asumiendo sesiones más cortas y espaciadas no debería suponer un problema, aunque afectaría a la continuidad de las mismas. Sea como fuere, en el mencionado contexto la planificación sería la siguiente:

Tabla 2. Temporalización y agrupaciones propuestas para las actividades planteadas en la intervención

Actividad	Sesiones	Espacio/Agrupamiento
1. Presentación: ¿cuál es la forma más habitual de comunicar el conocimiento científico?	Una sesión (50 minutos)	Aula de 3º de la ESO / Individual – Dinámica de aula
2. ¿Qué sabemos de la Historia de la Física y la Química y sus representantes? ¿Existen las mujeres científicas?	Una sesión (50 minutos)	Aula de 3º de la ESO / Individual – Dinámica de aula
3: Eventos y dilemas socio-culturales relacionados con la Física y la Química. Análisis de noticias científicas.	Una sesión (50 minutos)	Aula de 3º de la ESO / Individual – Dinámica de aula
4: Estás invitado a participar en el congreso: “<i>Relevance of physical and chemical sciences and scientists from a socio-historical perspective</i>”. Elige tu tema y modalidad.	Una sesión y media (75 minutos)	Aula de 3º de la ESO y aula de informática / Parejas y tríos
5: Elabora tu participación en el congreso.	Cuatro sesiones y media (225 minutos)	Aula de 3º de la ESO y aula de informática / Parejas y tríos
6: Congresistas por un día: defiende tu proyecto, intervén en los debates, analiza los posters, aprende de tus compañeros. Comunica ciencia.	Mínimo de dos sesiones (120 minutos), ampliable en función del número de alumnos.	Sala de conferencias / Pasillo de Secundaria y Bachillerato
Sesión de evaluación	Una sesión (50 minutos)	Aula de 3º de la ESO

Fuente: elaboración propia.

Una vez establecida esta planificación temporal de las actividades que contendría la propuesta, pasamos a desarrollar las características de cada una de forma más extensa y detallada.

Actividad 1: Presentación: ¿cuál es la forma más habitual de comunicar el conocimiento científico?

La primera actividad que se plantea en esta propuesta, y que tendría lugar en la primera sesión (véase Tabla 2), estaría relacionada con los siguientes contenidos específicos, dentro de los mencionados en las Tablas 1a y 1b:

- Tecnología de la Información y la Comunicación en el trabajo científico: formas principales de comunicación científica académica y divulgativa.

En ella, se propone un sondeo de las ideas previas de los alumnos por parte del profesor, con preguntas abiertas del tipo:

- ¿Cómo se comunican los científicos sus avances los unos a los otros?
- ¿Qué es la divulgación científica?
- ¿Conoces alguna revista científica?
- ¿En qué consiste un congreso científico?

A partir de sus respuestas se procedería a introducir de forma teórica las principales formas de comunicación académica y científica: en el Anexo I se adjunta una presentación con este fin, de elaboración propia. Si bien muchos de los conceptos que se reflejan en dicha presentación no son necesarios para la realización del resto de la actividad, permitirían a los alumnos establecer una visión más global sobre las diferentes formas de comunicación académica en el mundo de la ciencia. El docente al cargo de la asignatura podría adaptar dicho contenidos en función de su criterio, si bien en el caso concreto del centro escogido y recordando el efecto Pigmalión (Vega Rodríguez e Isidro de Pedro, 1996), la elección personal de la autora de este TFM es la de otorgar a los alumnos la posibilidad de acceder a más información de la estrictamente necesaria, para que puedan así construir un aprendizaje significativo que constituya un reflejo relativamente preciso y contextualizado de la realidad.

Una vez explicados los distintos tipos de comunicación académica y científica con la profundidad que el docente estime adecuada, se les hace partícipes a los alumnos de

que van a realizar su propio congreso, elaborado en torno a sus propias comunicaciones, posters y mesas redondas —todos estos son conceptos que se les acaban de explicar—, sobre un tema relacionado con la Física y la Química que conocerán en las próximas sesiones. El hecho de que vean cómo la actividad que se les propone tiene las mismas características, aunque a escala reducida, de aquéllas que se realizan en las esferas más punteras de la investigación científica, y que el peso de su elaboración recaerá sobre ellos, es fácil que fomente su involucración y estímulo (Clavel y Martínez, 2011).

A nivel competencial, por último, esta actividad permitiría fomentar fundamentalmente sus CCL y CMCyT.

Actividad 2: ¿Qué sabemos de la Historia de la Física y la Química y sus representantes? ¿Existen las mujeres científicas?

En esta segunda actividad, que se correspondería con la segunda sesión (véase Tabla 2), se les presenta a los alumnos el primero de los dos campos sobre los que podrá versar su intervención en el congreso: figuras destacadas de la Historia de la Física y la Química. Como sondeo inicial de ideas previas, se propone comenzar la clase proponiendo a los alumnos el uso del siguiente juego de la plataforma de aprendizaje Kahoot! (Kahoot!, 2017), al que podrán acceder con las *tablets* de las que disponen: <https://play.kahoot.it/#/?quizId=67b87344-bf04-4593-9eb4-f3afo6882fed>. En él hay una pequeña encuesta sobre científicos famosos y sus descubrimientos donde podrán comprobar si sus nombres y principales descubrimientos les suenan o no. A partir de sus resultados se les plantean una serie de preguntas abiertas para generar debate en el aula, como pueden ser las siguientes:

- ¿Conocías a los científicos que han aparecido en la encuesta?
- ¿Hay, o ha habido a lo largo de la historia, científicos españoles relevantes?
- ¿Han hecho o hacen ciencia las mujeres? ¿Por qué? ¿El nombre de cuántas científicas conoces?

A partir de este primer acercamiento y sondeo, se propone la lectura conjunta de parte de la introducción del libro publicado por Rachel Ignotofsky en 2018, donde recoge de forma muy visual y atractiva la biografía de 50 mujeres científicas. Para

contextualizar al lector de este TFM, se cita a continuación un fragmento de dicha introducción:

Desde que la humanidad se empezó a hacer preguntas sobre nuestro mundo, hombres y mujeres han observado las estrellas, mirado bajo las rocas y a través de microscopios para encontrar las respuestas. Aunque tanto hombres como mujeres tienen la misma sed de conocimientos, las mujeres no siempre han gozado de las mismas oportunidades para investigar en busca de respuestas. (...) Marie Curie es un nombre familiar, pero a lo largo de la historia ha habido otras grandes e importantes mujeres en los campos de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas. Muchas de ellas no recibieron en su época el reconocimiento que merecían y cayeron en el olvido. (...)

A lo largo de la historia, muchas mujeres lo han arriesgado todo en nombre de la ciencia. Este libro cuenta la historia de algunas de estas científicas, desde la antigua Grecia hasta hoy en día, que cuando se topaban con un <no> respondían: <Intenta detenerme>. (Ignatofsky, 2018, pp. 6-7)

Como puede verse, un texto de estas características puede resultar particularmente motivador para las chicas de clase, que no hay que olvidar cómo, tal y como mencionábamos en el capítulo 2, se ha comprobado que son, a estas edades, las más afectadas por el desinterés y el alejamiento hacia las asignaturas de ciencias que sufren los alumnos de Secundaria (Balbuena, 1993, Solbes *et al.*, 2007, y Vázquez y Manassero, 2008, entre otros). Por otro lado, a nivel competencial esta actividad permitiría estimular las CSC del conjunto de la clase, así como la CCL y la CMCyT, y se ajustaría a los contenidos y estándares de aprendizaje descritos en la Tabla 1b.

En el caso de que el profesor a cargo de la actividad no dispusiese de este libro en concreto, sugeriría realizar una búsqueda bibliográfica previa que le dotase de material de similares características, a partir del cual pudiese establecer en el aula un debate acerca de las desigualdades de género históricas y sus implicaciones.

Otra alternativa sería la de sugerir a los alumnos, una vez se hubiese introducido el tema de las mujeres en la ciencia y dado que probablemente el nombre de Marie Curie habría sido uno de los pocos en salir a colación, la búsqueda en internet de posters científicos que reflejasen parte de su biografía y descubrimientos, enlazando

así con la clase anterior y familiarizándose con uno de los posibles formatos de su cercana intervención.

Actividad 3: Eventos y dilemas socio-culturales relacionados con la Física y la Química. Análisis de noticias científicas.

La tercera actividad de esta propuesta de intervención, que coincidiría con la tercera sesión de la misma, busca cubrir los contenidos y criterios de evaluación reflejados en la Tabla 1a. Para ello, y tomando como base los estudios y sugerencias de Solbes (2013b) y Duso y Bialvo Hoffmann (2016), se sugiere un sondeo previo que permita conocer algunas de las cuestiones de este tipo que resultan familiares al alumnado, a partir de lo que se plantea un debate abierto sobre los aspectos más controvertidos de las mismas en el que el profesor hace las veces de mediador.

Para, por otro lado, fomentar la toma de conciencia de los estudiantes acerca de la cantidad de información contradictoria y sin fundamentar a la que se puede llegar a través de internet, se les planteará en la segunda mitad de la sesión una actividad sencilla, basada en un anuncio de reciente aparición de una marca conocida de cerveza (véase Anexo II). A partir de su visualización, tendrán que buscar información en internet que corrobore o desmienta la crítica explícita que se hace en el mismo sobre los alimentos transgénicos, y que se pondrá en común en clase durante los últimos 10 minutos de la sesión. Aunque los conocimientos de los alumnos no les permitan alcanzar a entender del todo los argumentos que vayan a encontrar, es importante que aprendan a distinguir las características ligadas a la fiabilidad de la información que encuentran en los medios, así como a ser conscientes de la ingente cantidad de información sesgada a la que pueden acceder. En el mencionado Anexo II se les plantean, además, otra serie de preguntas abiertas con las que pueden establecer debates en sus casas o entre compañeros fuera de clase, estimulando así su implicación en temas relacionados con el contexto del congreso que se definirá en las siguientes sesiones. De esta forma se busca fomentar de forma transversal sus CSC, CMCyT y CCL, además de su capacidad metacognitiva, esto es, su competencia AA.

Actividad 4: Estás invitado a participar en el congreso: “*Relevance of physical and chemical sciences and scientists from a socio-historical perspective*”. Elige tu tema y modalidad.

Llegados a este punto de la actividad, en la cuarta sesión, después de dedicar 15 minutos a la compartición de las principales ideas recabadas en sus casas con relación a las cuestiones socio-científicas planteadas en la sesión previa, comenzará el proceso de preparación del congreso como tal. En primer lugar, el docente enviará antes de la sesión un correo electrónico a todos los alumnos a través de la plataforma virtual ClickEdu, implantada desde hace dos cursos en éste y otros muchos centros educativos de referencia a nivel nacional e internacional (ClickEdu, 2018), donde se les invitará formalmente a participar en el mismo (véase Anexo III). El objeto de este correo no es sino el de fomentar la implicación y motivación de los alumnos con el proyecto, al verlo dotado de un componente formal al que no están acostumbrados.

De esta forma, se dedicará el resto del tiempo destinado a esta actividad (algo más de una sesión) a, en un primer lugar, establecer los grupos en los que los alumnos participarán en el congreso y, en un segundo, los temas sobre los que cada uno hablará. Para evitar más pérdida de tiempo de la que habitualmente suelen conllevar este tipo de distribuciones en el aula, los posibles agrupamientos que se podrán llevar a cabo y el tiempo de la intervención que cada grupo habrá de preparar viene anotado en la siguiente tabla (véase Tabla 3):

Tabla 3. Descripción de agrupamientos y duración de las charlas del congreso

Tema	Participantes	Intervención en el congreso	
		Duración de la charla	Duración de las preguntas / debate
Women in Science	2	5 minutos	2 minutos
Socio-Scientific issue	3	6 minutos	4 minutos

Fuente: elaboración propia.

Una vez establecidos los grupos, se les entregará la rúbrica con la que, tanto el docente como el resto de compañeros, evaluarán las distintas participaciones, y en la

que también se incluye un apartado destinado a la calidad del trabajo grupal (véase Tabla 5 en la p. 38).

Por otro lado, en esta misma sesión los alumnos podrán, en el aula de informática o en el aula normal con sus *tablets* y los recursos bibliográficos que les haya llevado el docente a clase, hacer una primera elección sobre el tema sobre el que versará su intervención en el congreso. Dado que en el contexto del centro en el que se plantea la propuesta son varias las ocasiones en las que, hasta llegar a 3º de la ESO, los alumnos han tenido que enfrentarse a la preparación de presentaciones PowerPoint en inglés o en español —aunque de menor duración que éstas—, el docente en principio sólo tendría que verificar que hay un reparto equilibrado en el tipo de tema entre estudiantes y que el enfoque o las fuentes utilizadas son adecuadas. De forma general, no obstante, y dado que no hay que olvidar cómo el fin último de la actividad no es sino el de fomentar el interés de los alumnos por la ciencia desde un enfoque CTSA, así como su capacidad de autogestión y su autonomía (competencia SIEE) de forma transversal, el trabajo que se espera que los alumnos desarrollen tanto en la elección del tema como en el posterior desarrollo de los contenidos a exponer y de la presentación, es marcadamente independiente. El profesor sólo hará, así, las veces de guía, ejerciendo un liderazgo distribuido en el que se encargaría de gestionar la dinámica de las interacciones sociales, la dirección del flujo de conocimiento, información y comunicación, y la configuración reticular del trabajo entre los alumnos (Bernal e Ibarra, 2015, p. 59).

Actividad 5: Elabora tu participación en el congreso.

El planteamiento de esta actividad se hace de forma muy similar a la última parte de la anterior. Una vez el docente ha recibido los distintos resúmenes de los estudiantes y ha verificado que el contenido y las fuentes empleadas son fiables, estos tienen dos sesiones de dos horas (esto es, un total de cuatro sesiones), además del posible tiempo que requiriesen en sus casas, para recabar la información necesaria y preparar su intervención, tanto el póster como la presentación PowerPoint. El docente les brindará toda la ayuda y orientación que considere necesaria a lo largo de estas sesiones, proveyéndoles entre otras cosas de los recursos necesarios para editar un poster con el formato adecuado (<https://templates.office.com>), e imprimiéndolos una vez que lo tuviesen hecho. No obstante, de nuevo se espera que el trabajo de los estudiantes tenga lugar de forma autónoma e independiente, favoreciendo sus competencias CSC, SIEE, CCL, CMCyT, CD y AA, y enmarcando su

trabajo en el contexto de los contenidos y criterios de evaluación relacionados con la realización de un proyecto de investigación (véanse Tabla 1a y 1b).

Actividad 6: Congresistas por un día: defiende tu proyecto, intervén en los debates, analiza los posters, aprende de tus compañeros. Comunica ciencia.

Ya por último, esta actividad implicaría la realización del congreso en sí en el aula de conferencias, al que —siempre que se hubiese llegado a ese acuerdo previamente entre los distintos docentes— podrían asistir alumnos y profesores de otros cursos y asignaturas. No hay que olvidar cómo, tal y como discutíamos en los capítulos 2 y 4, la *Alfabetización científica* es una competencia que afecta a todos los ciudadanos, y más aún si es abordada desde una perspectiva tan contextualizada como la que se pretende plantear en esta propuesta de intervención didáctica.

De esta forma, la organización práctica del congreso habría de ser sencilla para el docente, aunque tendría que adaptarse en función del número de estudiantes del grupo y de las elecciones temáticas que hubiesen realizado. Los posters se habrían colocado con anterioridad en una zona de exposición pública del colegio —en el caso del Colegio Juan de Lanuza, los alumnos de Secundaria y Bachillerato disponen de un largo pasillo en el que exponen periódicamente diferentes trabajos, ya sean colgados de las paredes o sobre la plataforma intermedia; se ha demostrado en numerosos estudios cómo este tipo de participación e interacción del alumnado con el espacio físico y arquitectónico del colegio puede conllevar numerosos beneficios actitudinales relacionados con la apropiación y vinculación con el centro por parte del alumnado (López y Gutiérrez, 2002)—. Así, suponiendo que el curso de 3º de la ESO en el que se enmarca la propuesta de intervención planteada tuviese el máximo número de alumnos que permite el Proyecto Educativo del Centro, esto es, 20, una posible distribución del congreso según los tiempos previamente estipulados para cada charla sería la siguiente (véase Tabla 4).

Tabla 4. Posible organigrama del congreso.

	Time schedule	Subject	Speakers
Congress Session A (Conference Room)	9.00 h	Talk 1: Scientist	A & B
	9.08 h	Talk 2: Socio- scientific Issue	C, D & E
	9.20 h	Talk 3: Scientist	F & G
	9.28 h	Talk 4: Socio- scientific Issue	H, I & J
	POSTER SESSION (Hall)		
Congress Session B (Conference Room)	10.00 h	Talk 1: Scientist	K & L
	10.08 h	Talk 2: Socio- scientific Issue	M, N & O
	10.20 h	Talk 3: Scientist	P & Q
	10.28	Talk 4: Socio- scientific Issue	R, S & T
	POSTER SESSION & CLAUSURE (Hall)		

Fuente: elaboración propia.

Como puede verse en la Tabla 4, para un total de 20 alumnos y suponiendo una elección equitativa de los temas del congreso, la duración del mismo no habría de superar las dos sesiones naturales de la asignatura. No obstante, y en función de la flexibilidad del horario de la clase, podría alargarse la última sesión de posters y clausura con algún evento de tipo lúdico en el que, por ejemplo, la cocina del centro organizase un pequeño ágape en torno a los posters, donde los alumnos podrían por fin relajarse. De cualquier modo, estos detalles entran dentro de la implementación concreta de la propuesta, y estarían totalmente sujetos al criterio y disponibilidad del docente encargado.

Acabarían, con esto, las actividades destinadas al desarrollo y realización del congreso en sí, si bien en esta propuesta práctica se plantea una última sesión, realizada en el aula ordinaria de 3º de la ESO, en la que tanto los alumnos como el docente podrían realizar una evaluación cualitativa y cuantitativa de la misma.

5.8. Especificación de los recursos humanos, materiales y económicos de la propuesta.

Los recursos humanos necesarios para implementar la propuesta descrita no son sino los propios participantes del acto educativo en sí:

- Los alumnos del curso de 3º de la ESO del Colegio Juan de Lanuza, o del centro al que se extrapola la implementación de esta propuesta de intervención.
- El docente encargado de la asignatura, que, probablemente en conjunto con el resto de profesores del departamento de Física y Química, se encargaría de adaptarla en función de las necesidades y requerimientos particulares del grupo y centro en el que se implementase.
- En el caso de que los docentes llegasen a un acuerdo, se verían implicados otros profesores y alumnos de distintas clases de la ESO, que podrían acudir al congreso en calidad de oyentes.
- La participación de las cocineras del centro —o de las familias de los alumnos—, en caso de que se llevase a cabo un pequeño ágape de clausura después de la mañana de congreso.

Con relación a los recursos materiales y económicos, se ha ido especificando en las descripciones de cada actividad todo aquello que se consideraría necesario. Si bien es cierto que, como se ha comentado en el apartado de contextualización, el Colegio Juan de Lanuza para el que se ha diseñado la propuesta de intervención práctica es un centro particularmente bien dotado de recursos materiales, esta propuesta podría adaptarse a otros centros de forma relativamente asequible, y siempre y cuando se sustituyese la impresión de los posters tamaño grande por una composición de tipo más manual realizada, por ejemplo, en cartulinas. Sí que se requiere de un aula informática con acceso a internet, pero no es necesario el que todos los alumnos dispongan de su propia *tablet*, como sí lo hacen en el Juan de Lanuza. Si las instalaciones del colegio de acogida de la propuesta no fuesen como las descritas, sería posible realizar las sesiones de presentación en el aula ordinaria y las sesiones de póster en las paredes de la propia clase.

Es importante considerar cómo la consecución de los objetivos de esta propuesta no viene mediada por la forma de presentación de los mismos, si bien es innegable el hecho de que contar con gran disponibilidad de recursos siempre es un punto a favor. No obstante, el acercamiento e implicación de los alumnos con la Física y la

Química a través de un conocimiento más contextualizado y alejado de las desigualdades sociales y prejuicios puede intentar fomentarse con esta actividad partiendo de unos recursos informáticos mínimos y de, ante todo, la disposición favorable del docente.

5.9. Instrumentos de evaluación de la propuesta

Como se ha mencionado en apartados anteriores, al inicio de la Actividad 4 se les repartirá a los alumnos la rúbrica con la que se evaluará la calidad de su participación en el congreso y su trabajo en equipo. La nota obtenida para la comunicación y el póster será la misma para todos los integrantes del equipo, si bien se tendrá en cuenta la aportación individual en función de los comentarios que los otros miembros del grupo puedan hacer en su rúbrica. Buscando el fomento del análisis crítico, objetivo y constructivo, así como su competencia metacognitiva, cada equipo (supongamos 8 según la distribución hipotética que se ha realizado para un grupo de 20 alumnos en la Tabla 4) evaluará de forma consensuada la actuación de los 7 restantes, rellenando para tal efecto la misma rúbrica que el docente; en ésta habría que puntuar con una nota de 1 (muy desfavorable) a 5 (muy favorable) los distintos aspectos sujetos a evaluación (véase Tabla 5 en la página siguiente). La nota final de la actividad vendrá dada por la siguiente ecuación:

$$\text{Nota final} = 0,7* [\text{Nota profesor}] + 0,3*[\text{Nota media compañeros}] \quad (\text{Ec. 1})$$

Una posible valoración negativa del trabajo en equipo, ya sea por apunte directo de los compañeros del grupo o por observación del profesor, podría suponer la disminución de hasta dos puntos respecto a la nota obtenida según la Ec. 1.

Con referencia, ya por último, al peso global de la actividad en el conjunto de la asignatura de Física y Química de 3º de la ESO, dependerá éste del proyecto curricular del departamento en el caso y curso concreto. Teniendo en cuenta el peso relativo de los diferentes contenidos abordados respecto al conjunto de los mismos (Real Decreto 1105/2014, pp. 258-262), no obstante, mi propuesta personal sería la de otorgarle un peso del 10% en la nota final de la asignatura.

Tabla 5. Rúbrica de evaluación de la actividad.

		1	2	3	4	5
Charla sobre personaje histórico	Demuestran conocimiento sobre el personaje elegido y su relación con la ciencia					
	Integran y analizan los aspectos biográficos del científico/a en el contexto social de su época					
	Comprenden y describen la trascendencia que tienen actualmente las aportaciones científicas del personaje elegido					
Charla sobre evento sociocientífico	Demuestran conocimiento sobre los orígenes y causas científicas del hecho elegido					
	Entienden las implicaciones y repercusiones a nivel social, cultural e histórico del hecho elegido					
	Presentan y analizan justificadamente las formas de posicionamiento social respecto al hecho elegido					
Póster	Reflejan de forma precisa y estética los aspectos más relevantes de su comunicación oral					
Argumentan razonadamente sus opiniones personales al final de la presentación						
Formulan preguntas interesantes al público y continúan el debate argumentadamente						
Realizan una exposición y una defensa del póster clara, con un adecuado lenguaje verbal y no verbal						
Muestran una actitud abierta, respetuosa y cercana al público durante la presentación y defensa						
Se ajustan al tiempo pautado para charla y preguntas						
Intervienen en los debates del resto de						

¿Cómo ha sido el trabajo en equipo en tu grupo y por qué? Valora la aportación individual de todos los miembros, incluyéndote a ti mismo:

Fuente: elaboración propia.

5.10. Procedimientos de evaluación de la propuesta

Dado que el objetivo final de esta propuesta es el de incrementar el interés, motivación e implicación de los estudiantes de 3º de la ESO en la asignatura de Física y Química, así como el favorecer una adquisición más contextualizada de la misma por su parte, la evaluación del rendimiento de los mismos a lo largo del desarrollo de la actividad será un indicador directo del grado de involucración que estos hayan mostrado y, por tanto, del grado de éxito de ésta.

No obstante, es necesario considerar cómo la implementación de esta propuesta se ha realizado considerando un contexto concreto, como es el Colegio Juan de Lanuza. Su extrapolación a otros posibles centros podría conllevar problemas derivados del cambio metodológico que supone respecto al transcurrir habitual de un aula de Secundaria. Con el fin de evaluar objetivamente algunos de estos y otros posibles aspectos, tanto positivos como negativos, sobre la actividad diseñada, se recurre al uso de una matriz DAFO (véase Figura 1):

Figura 1. Matriz DAFO para la evaluación de la propuesta.

	Análisis interno	Análisis externo
Aspectos negativos	<p>DEBILIDADES</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Posible necesidad de recursos materiales no disponibles en cualquier Centro de nivel medio. 2. Dificultad para llevarla a cabo en grupos grandes y muy heterogéneos. 3. En grupos grandes sería difícil atender a la diversidad en caso de alumnos con Necesidades Específicas de Apoyo Educativo. 4. Posible falta de base conceptual para abordar con profundidad algunos de los temas. 	<p>AMENAZAS</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Reticencia por parte del departamento de Física y Química a destinar tanto tiempo a una actividad que puede ser considerada como transversal. 2. Escasez de dominio del inglés por parte del alumnado. 3. Falta de implicación por parte del alumnado. 4. Perjudicaría a alumnos con pánico escénico.
	<p>FORTALEZAS</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Enfoque CTSA humanístico e integrador: puede atraer a alumnos que no se sientan naturalmente involucrados con la ciencia más conceptual. 2. Amplio abanico de temas para que el alumno elija en función de sus intereses. 3. El trabajo en grupo fomenta la cooperación y una mejor gestión del tiempo. 4. Debates abiertos que permiten la expresión no coaccionada de opiniones. 5. Desarrollo de numerosas competencias transversales, con especial hincapié en la comunicativa. 6. Sensación de respeto y reconocimiento tras la realización de un esfuerzo. 	<p>OPORTUNIDADES</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Escasez de prejuicios científicos adquiridos, predisposición a aprender. 2. Oportunidad de familiarizarse a una edad temprana con mecanismos de divulgación científica. 3. El dominio de internet de los jóvenes permite un uso razonado del mismo. 4. La defensa de la posición de la mujer en la ciencia puede despertar especialmente la motivación de las chicas. 5. <i>Alfabetización científica</i> integrada de alumnos que no vayan a estudiar más Física y Química. 6. Erradicación del estigma científico.
Aspectos positivos		

Fuente: elaboración propia.

Del análisis de la Figura 1 podemos ver cómo algunos de los aspectos negativos de la propuesta son importantes y habrían de considerarse seriamente antes de intentar ponerla en práctica. No obstante, las posibilidades que brinda su planteamiento, junto a la principal oportunidad de despertar el interés por la Física y la Química en alumnos desmotivados, podrían suponer motivos de peso para decidirse. No obstante, a continuación se plantea también, como último elemento de evaluación de la propuesta, una encuesta de satisfacción pensada para que los alumnos la rellenen en la última sesión, después del congreso, a la hora de cumplimentar las rúbricas y poner en común las sensaciones experimentadas. A partir de los resultados de dicha encuesta, donde los alumnos valorarían del 1 (muy deficiente) al 5 (muy satisfactorio) los diferentes puntos planteados (véase Tabla 6), el docente encargado de la asignatura podría decidir si vale o no la pena ponerla en práctica en años sucesivos.

Tabla 6. Encuesta de satisfacción del alumnado

ENCUESTA DE SATISFACCIÓN					
	1	2	3	4	5
Te ha resultado provechosa la realización del Congreso					
Has aprendido cómo se comunican las investigaciones científicas habitualmente					
Has aprendido a valorar la aportación de mujeres científicas que no conocías					
Has comprendido la importancia de elegir fuentes fiables como origen de la información					
Comprendes la necesidad de estar bien informado antes de posicionarse en un aspecto controvertido					
Entiendes la importancia de la contextualización social e histórica de la Ciencia					
Has tenido suficiente tiempo para preparar la charla durante las sesiones en clase					
Habrías preferido realizar el trabajo individualmente					
Te ha parecido prescindible la comunicación en forma de congreso					

Volverías a repetir la actividad				
---	--	--	--	--

Comentarios:

Fuente: elaboración propia.

6. Resultados previstos

La propuesta de intervención práctica que se ha presentado en este Trabajo de Fin de Máster se ha diseñado con la finalidad de responder ante la problemática descrita y justificada en el capítulo 2. Tras la revisión bibliográfica reflejada en el capítulo 4, en la que se ha indagado acerca de la adecuación del enfoque metodológico y didáctico escogido, y considerando el contexto descrito en el que se ha encuadrado originariamente esta propuesta, se prevé que la implementación de la misma, pese a no haber tenido lugar de forma empírica, conllevaría la consecución general de los objetivos planteados en el capítulo 3, lo que implicaría los siguientes resultados:

- Integrar los contenidos definidos por el Real Decreto 1105/2014 y la OCDE (2016) en lo que al concepto de *Competencia Científica* se refiere en un curso de 3º de la ESO, que puede ser terminal en lo que a la elección de asignaturas científicas compete, a través de la realización de una sola actividad de carácter multicompetencial. Ésta permitiría a los alumnos, sin demasiado esfuerzo material ni temporal ni para ellos ni para los docentes, alcanzar un conocimiento contextualizado de la ciencia, los científicos, las relaciones CTSA y los principales procesos de comunicación científica.
- Potenciar el desarrollo de la capacidad de análisis crítico de los alumnos respecto al recabo de información por parte de las Tecnologías de Información y Comunicación.
- Incrementar el interés de los estudiantes de 3º de la ESO por la asignatura de Física y Química, en particular en el caso de las chicas. La existencia o no de este incremento puede evaluarse a partir de los resultados que se obtengan de la encuesta de satisfacción del alumnado diseñada (Tabla 6).
- Favorecer el desarrollo de competencias transversales como la Competencia Lingüística y la capacidad de Aprender a aprender, así como su Sentido de la Iniciativa y Espíritu Emprendedor, al plantear actividades en las que han de gestionarse el tiempo de forma independiente y en las que pueden elegir el tema concreto de investigación.
- Como consecución lógica de los puntos mencionados, evitar el declive actitudinal de los estudiantes hacia la ciencia, la visión negativa y estigmatización tanto de la misma como de sus representantes e implicaciones.

7. Conclusiones

Ante un problema recurrente en las aulas de Secundaria como es el declive en el interés de los estudiantes ante las asignaturas de Ciencia y, particularmente, ante la Física y la Química, acompañado por un decaimiento generalizado en la respuesta de los jóvenes en las pruebas competenciales elaboradas a nivel europeo (OECD, 2016), la autora de este TFM ha realizado una revisión bibliográfica acerca de las posibles soluciones que los estudios en didáctica de las ciencias, basándose en el trabajo y el recabo de información previa entre los alumnos, sugieren. Gracias a esta búsqueda ha constatado cómo la contextualización de la Física y la Química en el aspecto histórico, social y cultural de la época, así como el reconocimiento de los científicos y científicas que la han llevado a cabo es un requisito indispensable si se quiere transmitir a los alumnos una visión verdaderamente integrada, y no meramente propedéutica y conceptual, de lo que es la Ciencia y lo que supone para la ciudadanía y la humanidad. Esta necesidad de hacer que el alumno se sienta parte afectada y cercana de las consecuencias y circunstancias que han envuelto a la gran mayoría de descubrimientos y avances Físicos y Químicos a lo largo de la historia, y entienda que ambas ciencias han sido desarrolladas por hombres y —también— mujeres sujetos a las circunstancias de la época en la que crecieron supone la base de los objetivos expuestos en este trabajo.

Es por ello por lo que se ha propuesto la realización de una actividad didáctica desde un marcado enfoque CTSA, en la que los alumnos habrían de elegir un representante histórico de la Física y la Química, preferiblemente femenino, o un evento socio-científico de relevancia histórica o cultural, sobre el que, después de haber llevado a cabo la investigación pertinente, realizar una presentación oral simulando el contexto de un congreso científico formal. El hecho de elegir esta forma puntual de exposición de los resultados deriva también del deseo de esta propuesta de familiarizar a los estudiantes con los procesos más comunes de la comunicación científica, así como de desarrollar en ellos competencias tan importantes para una correcta alfabetización científica como son la comunicativa y la metacognitiva.

Si bien la propuesta se ha ideado originariamente para ser implementada en un centro concreto, el Colegio Privado Bilingüe Juan de Lanuza, en Zaragoza, un centro de reconocida excelencia y con un elevado número de recursos materiales y humanos, puede extrapolarse su aplicación a centros más modestos con los convenientes reajustes y adaptaciones, que no por existir desvirtuarán el sentido

último de la misma. Ante la imposibilidad, no obstante, de haber realizado de forma empírica esta propuesta en el aula, se han propuesto una serie de herramientas para evaluar la calidad, aplicabilidad y efectividad de la misma. Con su elaboración, por tanto, quedan cubiertos todos los objetivos específicos que se plantearon al inicio del trabajo y que juntos permiten también dar, dentro de las limitaciones mencionadas, por satisfecho el objetivo más general del mismo: el de diseñar una actividad integrada a modo de propuesta de intervención práctica que, bajo un enfoque CTSA concreto, despertase en los alumnos, por medio de la contextualización cultural, social e histórica de personajes y eventos relevantes de la Historia de la Física y la Química, un renacido interés y una avivada cercanía por la ciencia y sus representantes.

8. Limitaciones y prospectiva

Según el criterio de la autora de este Trabajo de Fin de Máster, la principal limitación que presenta la propuesta de intervención planteada en el capítulo 5 del mismo radica en el hecho de que no ha podido ser implementada. Si bien se han diseñado las actividades de la intervención intentando atender lo máximo posible a la realidad del aula en la que se contextualiza, es inviable realizar una evaluación verdaderamente adecuada del proceso de ejecución de la misma, así como de la respuesta de los alumnos durante el desarrollo, sin haberla llevado a cabo.

Por otro lado, supone también una limitación *per se* el hecho de que la actividad se haya contextualizado en el entorno de un centro concreto, y más teniendo en cuenta que se trata de uno con particular abundancia de recursos. Esto hace que una posible extrapolación de la actividad a otro centro se encuentre con más dificultades de las deseadas, entre otras cosas porque, tal y como se ha planteado la temporalización y agrupación de las sesiones y como se ha recogido en la matriz DAFO de la Figura 1, requeriría de un ambiente de aula homogéneo y con un grado de motivación intrínseca suficiente como para desarrollar un trabajo de forma autónoma sin requerir de la vigilancia constante del profesor, cuya función no habría de ser otra sino la de orientar. Situaciones de grupo-clase más heterogéneo o con mayor grado de diversidad, así como ratios alumno:profesor más elevadas y centros con escasez de recursos informáticos, dificultarían la implementación de la actividad diseñada.

No obstante, esta limitación de la propuesta se compensa con el hecho de que el enfoque y los objetivos básicos de la misma pueden persistir aunque la forma varíe, y se podrían diseñar adaptaciones y reajustes contextualizados al centro receptor sin que por ello dejase de ser una intervención capaz de fomentar, de forma integrada y multicompetencial, la conexión de los alumnos con la Física y la Química y la adquisición de una visión más integrada de la ciencia, los científicos y la posición de la mujer en la historia de la ciencia.

Asimismo, no hay que olvidar cómo los recursos y las actividades planteadas están también muy influenciadas por las inclinaciones personales de la autora del trabajo: este diseño podría servir como ejemplo para desarrollar actividades de comunicación científica en colegios con distintas bases, como por ejemplo podrían ser pequeños trabajos realizados por los alumnos de naturaleza experimental. De

igual modo, en un caso ideal en el que se realizase, con éxito, una propuesta de este tipo en un colegio similar al contextualizado, podría llegar a implementarse una actividad de estas características que no sólo fuese multicompetencial, sino también multidepartamental: esto es, podría llegar a organizarse un congreso de dos días en el que participasen alumnos de los dos últimos cursos de la ESO y del primer curso de Bachillerato de un centro, donde estos últimos podrían ejercer de organizadores del mismo y donde se podrían elegir temáticas que tocasen de forma interrelacionada diversas materias, como podría ser, por ejemplo, la presencia de la Física y la Química en el terreno Audiovisual, o la historia de la explotación geográfica de los recursos químicos.

Podría, por tanto, servir este trabajo de fuente de inspiración para posibles actividades didácticas que, más allá de la forma que adoptasen, permitiesen ver a los alumnos cómo las fronteras entre las diferentes áreas del saber y del conocimiento son mucho más minguas y arbitrarias de lo que a veces puedan parecer, y cómo la ciencia está mucho más involucrada en el transcurso cotidiano e histórico de la humanidad de lo que creen.

[Número de palabras: 15798]

9. Referencias bibliográficas

- Acevedo, J. A., Manassero, M. A., y Vázquez, A. (2002). Nuevos retos educativos: Hacia una orientación CTS de la alfabetización científica y tecnológica. *Pensamiento Educativo*, 30(1), pp. 15-34.
- Acevedo Díaz, J. A., Vázquez Alonso, A., y Manassero Mas, M. A. (2003). Papel de la educación CTS en una alfabetización científica y tecnológica para todas las personas. *REEC: Revista Electrónica de enseñanza de las ciencias*, 2(2), pp. 80-111.
- Acevedo-Díaz, J. A. (2004). Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: educación científica para la ciudadanía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1(1), pp. 3-16.
- Aikenhead, G.S. (2003). Review of Research on Humanistic Perspectives in Science Curricula. Artículo presentado en 4th Conference of the European Science Education Research Association (ESERA), *Research and the Quality of Science Education*. Noordwijkerhout, The Netherlands. Recuperado el 1 de marzo de 2018 de http://www.usask.ca/education/people/aikenhead/ESERA_2.pdf.
- Aikenhead, G. S. (2003). STS education: A rose by any other name. En Croos, R. (Ed.) *A Vision for Science Education: Responding to the Work of Peter J. Fensham* (pp. 59-75). Saskatoon, Canada: Routledge Press.
- Albe, V. (2006). Tratar controversias científicas contemporáneas en clase. *Alambique*, 49, pp. 95-104.
- Aragón-Méndez, M. D. M. (2004). La ciencia de lo cotidiano. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 1(2), pp. 109-121.
- Aragón-Méndez, M. D. M. (2007). La (sic.) ciencias experimentales y la enseñanza bilingüe. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 4(1), pp. 152-171.
- Balbuena, E. S., Aleixandre, M. P. J., y Ouvrard, F. D. (1993). Un currículo de Ciencias equilibrado desde la perspectiva de género. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 11(1), pp. 51-58.
- Bernal Martínez de Soria, A., e Ibarrola García, S. (2015). Liderazgo del profesor: objetivo básico de la gestión educativa. *Revista Iberoamericana de Educación*, 67, pp. 55-70.
- Blanco-López, Á. (2004). Relaciones entre la educación científica y la divulgación de la ciencia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las ciencias*, 1(2), pp. 70-86.

- Cachapuz, A. F. (2006). Arte y Ciencia: ¿Qué papel juegan en la educación en ciencias? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las ciencias*, 4(2), pp. 287-294.
- Camacho González, J. P., y Quintanilla Gatica, M. (2008). Resolución de problemas científicos desde la historia de la ciencia: retos y desafíos para promover competencias cognitivas lingüísticas en la química escolar. *Ciência & Educação (Bauru)*, 14(2), pp. 197-212.
- Campanario, J. M. (2000). El desarrollo de la metacognición en el aprendizaje de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(3), pp. 369-380.
- Clavel, J. G., y Martínez, I. M. (2011). Grandes esperanzas (o cuando creérselo es relevante). *Investigaciones de Economía de la Educación*, 6(6), pp. 57-69.
- ClickEdu. (2018). Recuperado el 20 de febrero de 2018 de <https://clickartedu.com/inicio-plataforma-colegios.html>.
- Coca, D. M. (2015). Estudio de las motivaciones de los estudiantes de secundaria de física y química y la influencia de las metodologías de enseñanza en su interés. *Educación XX1*, 18(2), pp. 215-235.
- Colegio Juan De Lanuza. (2013). Juan de Lanuza Colegio. The Art of Education. Recuperado el 2 de febrero de 2018 de www.juandelanuza.org.
- Delgado, M., Arrieta, X., y Riveros, V. (2009). Uso de las TIC en educación, una propuesta para su optimización. *Omnia*, 15(3), pp. 55-73.
- Díaz Moreno, A., y Jiménez-Liso, M. R. (2012). Las controversias socio-científicas: temáticas e importancia para la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(1), pp. 54-70.
- Duso, L., y Bialvo Hoffmann, M. (2016). Discutiendo controversias socio científicas en la enseñanza de ciencias por medio de una actividad lúdica. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 19 (2), pp. 185-193.
- España, E., y Prieto, T. (2009). Educar para la sostenibilidad: el contexto de los problemas socio-científicos. *Eureka*, 6, 345-354.
- Eurydice. (2007). La autonomía escolar en Europa. Políticas y medidas. España: Secretaría General Técnica. Centro de Publicaciones. Ministerio de Educación, Política Social y Deporte.
- Feynman, R. (1969). What is Science? *The Physics Teacher*, 7(6), pp. 313-320.
- Furió-Mas, C., Vilches, A., Aranzabal, J. G., y Romo, V. (2001). Finalidades de la enseñanza de las ciencias en la secundaria obligatoria. ¿Alfabetización científica o preparación propedéutica? *Enseñanza de las ciencias: revista de*

investigación y experiencias didácticas, 19(3), pp. 365-376.

- González Weil, C., Martínez Larraín, M. T., Martínez Galaz, C., Cuevas Solís, K., y Muñoz Concha, L. (2009). La Educación Científica como apoyo a la movilidad social: desafíos en torno al rol del profesor secundario en la implementación de la indagación científica como enfoque pedagógico. *Estudios pedagógicos (Valdivia)*, 35(1), pp. 63-78.
- Guridi, V., y Arriasecq, I. (2004). Historia y filosofía de las ciencias en la educación polimodal: propuesta para su incorporación al aula. *Ciência & Educação*, 10(3), pp. 307-316.
- Hamel, R. E. (2013). El campo de las ciencias y la educación superior entre el monopolio del inglés y el plurilingüismo: Elementos para una política del lenguaje en América Latina. *Trabalhos em Linguística Aplicada*, 52(2), pp. 321-384.
- Harlen, W. (2002). Evaluar la alfabetización científica en el programa de la OECD para la evaluación internacional de estudiantes (PISA). *Enseñanza de las Ciencias*, 20(2), pp. 209-216.
- Hodson, D. (1993). In Search of a Rationale for Multicultural Science Education. *Science Education*, 77(6), pp. 585-711.
- Hoffmann, L. (1985). Differences in the subjective conditions of interests in physics and technology for boys and girls. En *Girls and Science and Technology. The third international GASAT conference*. Supplementary contributions, (pp. 70-78). London: Chelsea College.
- Ignotofsky, R. (2018). *Mujeres de Ciencia. 50 Intrépidas Pioneras que Cambiaron el Mundo*. Zaragoza, España: Capitán Swing Libros, S. L. y Nórdica Libros, S. L.
- Jarman, R., y McClune, B. (2007). *Developing Scientific Literacy. Using News Media in the Classroom*. New York: McGraw-Hill.
- Jiménez-Liso, M.R.; Hernández-Villalobos, L. y Lapetina, J. (2010). Dificultades y propuestas para utilizar las noticias científicas de la prensa en el aula de ciencias. *Revista Eureka sobre la Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7(1), pp. 107-126.
- Juan de Lanuza, Colegio. (2017). Memoria 2016. Responsabilidad Social. Recuperado el 20 de febrero de 2018 de http://juandelanuza.org/wp-content/uploads/2017/10/memoria_RSA2016.pdf.
- Kahoot! [Página web]. (2017). Recuperado el 6 de marzo de 2018 de <https://getkahoot.com/>.

- King, D., Bellocchi, A., y Ritchie, S. M. (2008). Making connections: Learning and teaching chemistry in context. *Research in Science Education*, 38(3), pp. 365-384.
- Klosterman, M.L. & Sadler, T.D. (2010). Multi-level Assessment of Scientific Content Knowledge Gains Associated with Socioscientific Issues-based Instruction. *International Journal of Science Education*, 32 (8), 1017-1043.
- Kolstø, S. D., Bungum, B., Arnesen, E., Isnes, A., Kristensen, T., Mathiassen, K., y Ulvik, M. (2006). Science students' critical examination of scientific information related to socioscientific issues. *Science Education*, 90(4), pp. 632-655.
- Lavonen, J., Byman, R., Uitto, A., Juuti, K., y Meisalo, V. (2010). Students' interest and experiences in physics and chemistry related themes: Reflections based on a ROSE-survey in Finland. *Themes in Science and Technology Education*, 1(1), pp. 7-36.
- Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa. (2013). *Boletín Oficial del Estado*, Madrid, 10 de diciembre de 2013, Núm. 295, pp. 97858-97921.
- Lin, H. S., y Chen, C. C. (2002). Promoting preservice chemistry teachers' understanding about the nature of science through history. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(9), pp. 773-792.
- López, C. P., y Gutiérrez, C. L. (2002). El espacio como elemento facilitador del aprendizaje: una experiencia en la formación inicial del profesorado. *Pulso: revista de educación*, 25, pp. 133-146.
- Marco-Stiefel, B., Ibañez, T. (coord.) (2006). Las fronteras de la ciencia. Educación científica para la ciudadanía. Materiales didácticos. Madrid: Narcea.
- Marco-Stiefel, B., Ibañez, T., y Albero, A. (2000). *Diseño de actividades para la alfabetización científica. Aplicaciones a la Educación Secundaria*. Madrid: Narcea.
- Marco-Stiefel, B. (2003). La ciencia y la tecnología escolar en el marco de las nuevas alfabetizaciones. *Alambique*, 38, pp. 21-32.
- Méndez Coca, D. (2015). Estudio de las motivaciones de los estudiantes de secundaria de física y química y la influencia de las metodologías de enseñanza en su interés. *Educación XXI*, 18(2), pp. 215-235.

- Millar, R. y Hunt, A. (2006). La ciencia divulgativa: una forma diferente de enseñar y aprender ciencia. *Alambique*, 49, 20-29.
- OECD. (2006). Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy: A framework for PISA 2006. Recuperado el 5 de marzo de 2018 de <http://www.oecd.org/dataoecd/63/35/37464175.pdf>.
- OCDE. (2016). PISA 2015. Resultados clave. Recuperado el 2 de marzo de 2018 de <http://www.oecd.org/pisa/pisa-2015-results-in-focus-ESP.pdf>.
- Osborne, J. (2010). Science Without Literacy: A ship without a sail? *Cambridge Journal of Education*, 32(2), pp. 203-218.
- Pinto-Cañón, G. (2004). Innovación educativa de la Química mediante recursos de la vida cotidiana. *Anuario Latinoamericano de Educación Química*, 17, pp. 54-58.
- Proyecto de Iniciación a la Investigación e Innovación en Secundaria en Andalucía. Proyecto Piiisa. (u. d.) Recuperado el 27 de diciembre de 2018 de <http://piiisa.es/el-proyecto/>.
- Real Decreto 1105/2014, de 26 de Diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato. *Boletín Especial del Estado*, Madrid, 3 de enero de 2015, Núm. 3 (I), pp. 169-546.
- Recomendación del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de diciembre de 2006, sobre las competencias clave para el aprendizaje permanente (2006/962/CE). *Diario Oficial de la Unión Europea*, Bruselas, 18 de diciembre de 2006, L ·394, pp. 10-18.
- Romero, P. A., y Díaz, J. A. A. (2002). Proyectos y materiales curriculares para la educación CTS: enfoques, estructuras, contenidos y ejemplos. *Bordón*, 54(1). [online] Recuperado el 6 de marzo de 2018 de <http://www.oei.es/historico/salactsi/acevedo19.htm>.
- Sadler, T. D., y Zeidler, D. L. (2009). Scientific Literacy, PISA, and Socioscientific Discourse: Assessment for Progressive Aims of Science Education. *Journal of Research in Science Teaching*, 46 (8), pp. 909-921.
- Solbes, J. (2013a). Contribución de las cuestiones socio-científicas al desarrollo del pensamiento crítico (I): Introducción. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10(1), pp. 1-10.
- Solbes, J. (2013b). Contribución de las cuestiones socio-científicas al desarrollo del pensamiento crítico (II): Ejemplos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10(2), pp.171-181.

- Solbes, J., Montserrat, R., y Furió, C. (2007). Desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: implicaciones en su enseñanza. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 21, pp. 91-117.
- Solbes, J., y Sinarcas, V. (2013). Utilizando la historia de la ciencia en la enseñanza de los conceptos claves de la física cuántica. *Didáctica de las Ciencias experimentales y Sociales*, 23, pp. 123-151.
- Solbes, J., y Traver, M. (2003). Against a negative image of science: history of science and the teaching of physics and chemistry. *Science & Education*, 12(7), pp. 703-717.
- Solbes, J., y Traver, M. J. (1996). La utilización de la historia de las ciencias en la enseñanza de la física y la química. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(1), pp. 103-112.
- Solbes, J., y Traver, M. (2001). Resultados obtenidos introduciendo historia de la ciencia en las clases de física y química: mejora de la imagen de la ciencia y desarrollo de actitudes positivas. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 19(1), pp. 151-162.
- Solbes, J., y Vilches, A. (2002). Visiones de los estudiantes de secundaria acerca de las interacciones Ciencia, Tecnología y Sociedad. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 1(2), pp. 80-91.
- (u.d.) LOMCE. Paso a paso: Educación Secundaria Obligatoria. Gobierno de España. Recuperado el 20 de febrero de 2018 de <https://www.mecd.gob.es/dam/jcr:cdf4e060-ea94-4d80-b803-84f728cfc67e/lomced-pasoapaso-secundaria-v4.pdf>.
- UNESCO-ICSU. (1999). Declaración Sobre la Ciencia y el Uso del Saber Científico. En *Science for the Twenty-First Century. World Conference on Science*. Conferencia llevada a cabo en Budapest, Hungría. Recuperado el 5 de marzo de 2018 de http://www.unesco.org/science/wcs/esp/declaracion_s.htm.
- Valdmann, A., Holbrook, J., y Rannikmae, M. (2012). Evaluating the Teaching Impact of a Prior, Context-Based, Professional Development Programme. *Science Education International*, 23(2), pp. 166-185.
- Vázquez-Alonso, A., Acevedo-Díaz, J. A., y Manassero-Mas, M. A. (2005). Más allá de la enseñanza de las ciencias para científicos: hacia una educación científica humanística. *Revista electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 4(2), pp. 1-30.
- Vázquez, A. y Manassero, M. A. (2008). El declive de las actitudes hacia la ciencia de los estudiantes: un indicador inquietante para la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 5(3), pp. 274-292.

- Vega Rodríguez, M. T., e Isidro de Pedro, A. I. (1996). Las creencias académico-sociales del profesor y sus efectos. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 1(0). [online] Recuperado el 1 de abril de 2018 de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2789636>.
- Vilches, A., y Furió, C. (1999). Ciencia, tecnología, sociedad: implicaciones en la educación científica para el siglo XXI. *Biblioteca Digital da OEI*. [online] Recuperado el 2 de marzo de 2018 de <http://www.oei.es/historico/salactsi/ctseduccion.htm>.
- Warwick, P., y Stephenson, P. (2002). Reconstructing science in education: insights and strategies for making it more meaningful. *Cambridge Journal of Education*, 32(2), pp. 143-151.

Anexo I. Presentación PowerPoint de la Actividad 1. ¿Cómo se comunican los científicos?



Genres of academic speech: conference presentations

Matilde de las Rivas González de Garay
Presentación Actividad 1. Propuesta de intervención

Academic Speech and its genres

-**Speech genres:** *relatively stable types* of utterance developed in each sphere in which language is used (Bakhtin, 1986).

-**Academic genres:** distinguished by purpose and target audience.



INDEX AND OBJECTIVES

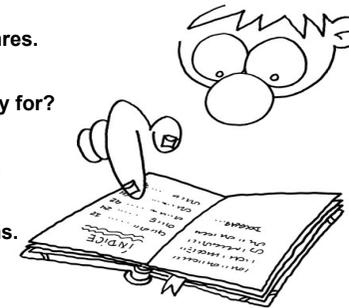
Introduction: Academic speech and its genres.

Conference presentation: what is it and why for?

Types of conference presentations.

Tips for delivering conference presentations.

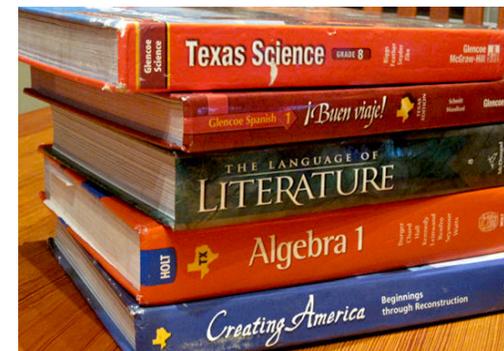
Conclusion and discussion questions.



Academic Speech and its genres

-Some Academic genres:

Textbooks



Academic Speech and its genres

-Some Academic genres:

Scholarly article



Academic Speech and its genres

-Some Academic genres: Thesis , Encyclopaedia article, popular (non-scholarly) work, oral academic genres... etc.

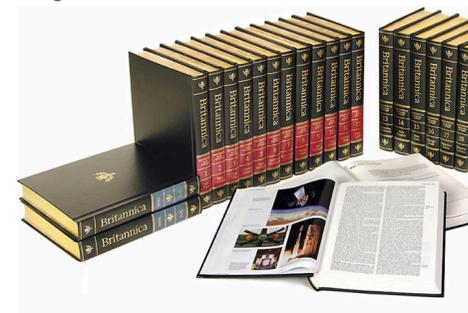
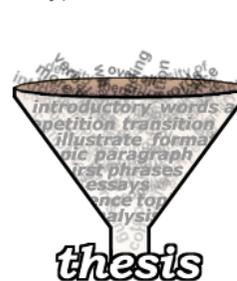
-Academic genres are not completely strict or isolated: combined genres (e.g. scholarly bibliography).

-Different purposes: communicate, explain, present, argue, inform, describe, narrate...

-Different targets: scholars, students, general public...

Academic Speech and its genres

-Some Academic genres: Thesis , Encyclopaedia article, popular (non-scholarly) work, oral academic genres... etc.



Conference presentations

-**Conference:** from Latin *conferens*. The act of consulting together formally; serious conversation or discussion; interchange of views (Conferences, 2016).

-**Presentation:** an activity in which someone shows, describes or explains something to a group of people (Presentation, 2016).



Conference presentations:

conference for researchers to present and discuss their work.

Conference presentations

Relevance of conference presentations:

- Contribute to and learn about the most recent advantages on your field.
- Advocate for your field of interest: share your research findings.
- Learn how to talk about your data.
- Contribute to your overall research profile.
- Meet potential contacts.

- **Colloquium:** Both a traditional conference and a conversational seminar. Tends to privilege the aspect of debate. Between 2 or more people.



- **Workshop:** Presenters give small statements before involving the audience in some type of concerted activity or discussion.



- **Roundtable:** Equality of all participants. Small group discussion that brings together academics who are usually invited as key-note speakers.



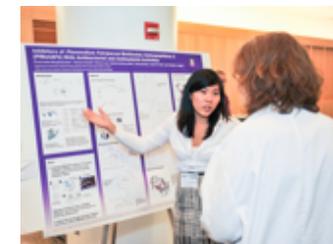
Types of academic presentations

- **Conference:** The most general term to indicate a meeting for discussion. (e.g. Paper with Respondent)
- **Symposium:** A meeting to discuss a particular subject. Slightly more informal.
- **Seminar:** Two meanings. Debate about special issues, preserving the conversational character of the term.



- **Panel Presentation:** Informed discussion and/or debate on a topic by up to 4 people with contrasting or complementary points of view, moderated by a chairperson.

- **Poster Discussion:** Conference-goers circulate around the room, questioning and collecting handouts from presenters.



Tips for delivering conference presentations

- **Practice your presentation:** Videotape, in front of the mirror...
- **Familiarise yourself with the environment:** explore the room, rehearse positions.

- **Make sure all the equipment works** (projector, Microphone, computer with the PowerPoint.)



- **Find a balance between humour and lack of it** (be inspiring, believe in your words, make your conference appealing).

- **Use your voice for projections and inflections** (the importance of silence and pauses).
- **Use your hands sparingly:** appropriate body language
- **Address your audience** (maintain eye contact with both sides of the room).
- **Speak slowly and clearly:** finish your sentences, make your points clear.
- **Do not go over time limit:** Do not exceed your scheduled time.
- **Be yourself:** Figure out what presentation style is most natural for YOU.



Common mistakes



- **Not inspiring:** do not believe in your message.
- **Data dumping:** do not read too many illegible slides, do not dwell in unnecessary information \iff Stick to your point.
- **Not tailoring your message to your audience.**
- **Lack of pauses and energy:** monotonous voice, inappropriate rhythm.

Conclusions

- Conference presentation: far-reaching genre of academic speech in which researchers show, share and discuss their research. Different types regarding to the context.
- Powerful tool for senior and junior researchers.
- Importance of a good execution: self-confidence, preparation and concision.



Bibliographical references

-Adler, A. (2010) Talking the Talk: Tips on Giving a Successful Conference Presentation, *Psychological Science Agenda*. Available at: <http://www.apa.org/science/about/psa/2010/04/presentation.aspx> [Accessed 13th November 2016]

-Academic Genres, *University of Bergen*. Available at <http://sokogskriv.no/en/reading/academic-genres> [Accessed 14th November 2016]

-Bathkin, M.M. (1986) The problem of speech genres. (V. W. McGee, Trans.) In C. Emerson & M. Holquist (Eds.) *Speech genres and other late essays*. Austin, TX: University of Texas Press. 60-102.

Bibliographical references

-Conference (2016) *WordReference Random House Learner's Dictionary of American English*. Available at <http://www.wordreference.com/definition/presentation> [Accessed 19th November 2016]

-Conference Papers and Presentations, *Claremont Graduate University*. Available at: <http://www.cgu.edu/pages/11180.asp> [Accessed 14th November 2016]

-D. (2010). Different types of conferences, *PORT*. Available at <http://port.modernlanguages.sas.ac.uk/different-types-conferences.html> [Accessed 14th November 2016]

Anexo II. Internet y el doble filo de las noticias sobre cuestiones de implicación socio-científica.

A) Visualiza el siguiente anuncio de la conocida marca de cerveza española Estrella Damm, protagonizado por los mediáticos Alberto Chicote y Anna Castillo: <https://www.youtube.com/watch?v=b8foVRA8TtE>.

Después de hacerlo, contesta a las siguientes preguntas:

- ¿Qué dirías que es un alimento transgénico?
- Según lo que dicen en el anuncio, ¿es bueno o malo para la cerveza que no contenga componentes transgénicos?
- Busca en internet información acerca de alimentos transgénicos: ¿encuentras algún ejemplo de efectos beneficiosos o perjudiciales? Cita las fuentes.
- Después de esta pequeña búsqueda de información, ¿cuál sería tu respuesta si te ofrezco un bocadillo de jamón con tomate transgénico?

B) Además de ésta, hay muchas otras cuestiones socio-científicas sobre las que puedes encontrar opiniones muy discordantes en internet y en otras fuentes. Elige una o dos de las que te planteo a continuación y recaba información entre tus padres y amigos acerca de sus opiniones, para después compararla con la que puedas encontrar en fuentes de internet. ¿Qué fuente de las que has usado te parece más fiable? ¿Han cambiado tus ideas después de recabar la información?

- Astrología: ¿Crees que la posición de los astros puede influir en la vida de las personas? ¿Sigues tu horóscopo?
- Evolución: ¿Qué consideras acerca del hecho de que países como Estados Unidos estén en contra de la teoría de la Evolución? ¿Crees tú en ella?
- Células madre: ¿Pueden tener alguna aplicabilidad en la vida cotidiana?
- Calentamiento climático: ¿Ciencia o invención?
- Reciclaje: ¿es verdaderamente útil?
- ¿Se hereda la inteligencia? ¿Qué consecuencias crees que tendría el que sí que se herede o no?

Anexo III. Mail de invitación al congreso que recibirán los alumnos.

Dear student:

We are pleased to invite you to participate in our *Relevance of physical and chemical sciences and scientists from a socio-historical perspective* at Zaragoza, Spain, on [día estimado del congreso] in collaboration with Colegio Privado Bilingüe Juan de Lanuza.

Focal theme of congress are “Women in science across History” and “Relevant socio-scientific issues”.

Last date for submitting abstract is [día de finalización de la sesión destinada a la Actividad 4]. Full posters and Power Point presentations should be sent to us by [día de finalización de la última sesión destinada a la Actividad 5]. Both PowerPoint presentations and posters are expected to be written in English language, although oral communications can be delivered in Spanish if preferred. All participants are encouraged to present one poster associated to their oral intervention.

We expect a good gathering of young scientists in this congress, for this noble revision of the cause of Women in Science, as well as of Socio-Historical issues. Please send your –or, in case you are under-aged, your parents’– express consent to participate in this congress along with your friends and colleagues.

Kind regards and best wishes,

[Nombre del profesor de la asignatura]

[Nombre y sello del Colegio]

Anexo IV. Visto Bueno del tutor del Colegio Juan de Lanuza.

Dado que la presente propuesta de intervención práctica, presentada en su Trabajo de Fin de Máster (TFM) por Matilde Teresa de las Rivas González de Garay y titulada “Propuesta práctica de intervención para la realización del congreso *Relevance of physical and chemical sciences and scientists from a socio-historical perspective* por parte de los alumnos de la asignatura de Física y Química de 3º ESO del Colegio Privado Bilingüe Juan de Lanuza, en Zaragoza”, puede carecer de base empírica, y dada la imposibilidad temporal para llevarla a cabo durante el período de prácticas externas del Máster que la alumna realizó en el centro, certifico que, desde mi conocimiento y experiencia de la didáctica de la asignatura y del contexto del Colegio, la actividad diseñada me parece apropiada y correcta para el nivel en el que se propone.

En el Colegio Juan de Lanuza, Zaragoza, a 12 abril de 2018,

Firma Pilar García Basante, Tutora de prácticas



Colegio Juan de Lanuza
Ctra. del Aeropuerto, 275
50011 Zaragoza