



## **Facultad de Educación**

### **MÁSTER EN FORMACIÓN DEL PROFESORADO DE EDUCACIÓN SECUNDARIA**

**Estudio de la influencia del enfoque histórico en la didáctica de las ciencias. Análisis de su utilización en los libros de texto y propuestas de incorporación al aula.**

**Study of the influence of the historical approach on the science teaching. Analysis of its use in textbooks and proposals for incorporation it in the classroom.**

**Alumno: Delia Ruiz Díaz**

**Especialidad: Física y Química y Tecnología**

**Director: Julio Largo Maeso**

**Curso 2013/2014**

**Fecha: 16 de junio de 2014**

## Contenido

1. MOTIVACIÓN Y PLANTEAMIENTO .....	1
2. INTRODUCCIÓN .....	3
3. MARCO TEÓRICO.....	7
3.1. Objetivos y competencias a alcanzar .....	7
3.2. Críticas al enfoque histórico.....	9
3.3. Situación actual .....	11
4. VINCULACIÓN DE LA HISTORIA DE LA CIENCIA EN LOS PROCESOS EDUCATIVOS .....	15
5. FORMACIÓN DEL PROFESORADO.....	19
5.1. Situación actual de los planes de estudio universitarios .....	20
5.2. Objetivos de la formación del profesorado.....	22
6. ANÁLISIS DE LOS RECURSOS.....	24
6.1. Estudios anteriores sobre libros de texto .....	25
6.2. Ejemplo ilustrativo: Análisis de los libros de texto.....	27
7. DISEÑO DE RECURSOS DIDÁCTICOS .....	37
7.1. Aspectos a considerar .....	38
7.2. Propuestas didácticas.....	39
7.2.1. Presentación de los contenidos del currículo de Física y Química de 1º de Bachillerato .....	39
7.2.2. Utilización didáctica de las biografías de los científicos .....	43
7.2.3. Comentarios de textos científicos e históricos .....	47
7.2.4. Utilización didáctica de entrevistas realizadas a científicos .....	49
7.2.5. Experimentos históricos .....	50
7.2.6. Actualidad científica .....	50
7.2.7. Vídeos educativos sobre Historia de la Ciencia .....	52

7.2.8. Exposiciones realizadas por los alumnos.....	52
7.2.9. Enfoque CTS.....	53
8. VALORACIÓN PERSONAL .....	55
BIBLIOGRAFÍA .....	57
ANEXOS .....	64

## **1. MOTIVACIÓN Y PLANTEAMIENTO**

Hoy en día uno de los objetivos más importantes de la enseñanza obligatoria de las ciencias es que los estudiantes de educación secundaria adquieran una comprensión de la naturaleza de la ciencia y sobre cómo se desarrolla el conocimiento científico y contribuir a tomar conciencia de las interacciones entre ciencia, tecnología y sociedad. En los últimos años este objetivo se ha convertido en un componente esencial para la alfabetización científica de todas las personas debido a que el papel de la Ciencia en la sociedad contemporánea cobra cada vez más importancia.

La velocidad de los cambios tecnológicos y científicos exigen la máxima participación social y, consecuentemente, la puesta en marcha de estrategias que permitan el acceso generalizado a la cultura científica. No sólo es necesario hacer ciudadanos cultos sino también hacerles partícipes de los cambios que se producen ya que, de una u otra forma, nos involucran a todos, con el convencimiento de que una sociedad informada es también una sociedad más libre de elegir.

Por todo esto, el objetivo fundamental de la didáctica de la Historia de la Ciencia es contribuir a un mejor aprendizaje de la misma en su contexto con el fin de que las personas sean capaces de comprender los problemas de nuestro tiempo y tomar las decisiones pertinentes. Su incorporación en la enseñanza ayuda a que los alumnos aprendan a analizar y valorar críticamente las realidades del mundo contemporáneo y los antecedentes y factores que influyen en él, permite mostrar la ciencia como una construcción humana colectiva, presenta el carácter tentativo de la misma y las limitaciones de sus teorías... Además, la Historia de la Ciencia contribuye no sólo a propiciar la madurez intelectual y humana del alumno, sino que específicamente posee un carácter introductorio para cualquier estudio científico posterior dado su enfoque interdisciplinar y su tratamiento global de los desarrollos científicos.

Sin embargo, diversos estudios muestran que la historia de las ciencias está ausente en los programas educativos de nuestras aulas, siendo esto especialmente grave ya que su contenido y criterios de evaluación vienen recogidos dentro del currículo establecido por el BOE, tanto para la Educación

Secundaria Obligatoria (Real Decreto 1631/2006) como para el Bachillerato (Real Decreto 1467/2007).

El objetivo del TFM es reflexionar sobre la importancia de incorporar un enfoque socio histórico en la enseñanza de las ciencias en todos los niveles del sistema educativo para poder llevar a cabo una práctica adecuada al contexto contemporáneo y mejorar el proceso de aprendizaje. Se presenta, en primer lugar, la importancia de incorporar la Historia de las Ciencias en el aula, mostrando las propuestas e ideas de algunos autores e investigadores que han difundido y han trabajado en ello, además de dar cuenta de la importancia, las razones y necesidades que han originando su incorporación en el aprendizaje de las Ciencias. Posteriormente se analizará cómo la actuación y la formación del profesorado, junto con los recursos que utiliza en el aula, influyen en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Por último, se efectuará un análisis de los libros de texto, que son los materiales didácticos más utilizados por el docente y, a la vista de los resultados obtenidos, se diseñarán una serie de recursos didácticos para incorporar la perspectiva histórica de las ciencias en el proceso enseñanza-aprendizaje de las mismas.

## 2. INTRODUCCIÓN

Hoy en día un gran ausente en la didáctica de las ciencias es su propia historia y cuando aparece lo hace en forma de pequeñas anécdotas o biografías o en la historia de algunos conceptos y modelos, como la estructura del átomo, perdiendo la oportunidad de familiarizar al alumnado con la metodología científica.

Muy pocas veces se incorporan los problemas que surgieron a lo largo de la historia, no se analizan los marcos teóricos y las estrategias metodológicas para interpretar un problema científico, no se comentan las controversias y las pugnas entre científicos e investigadores, los debates que supusieron avances pero también el estancamiento de diversas teorías, las problemáticas del momento y los necesarios cambios de paradigma, los intereses y el poder que tenían determinados eruditos en la sociedad para construir sus propias teorías que, a veces, fueron refutadas tras varios años de aceptación... En definitiva, se enseña una ciencia centrada en los conceptos científicos y totalmente descontextualizada y deshumanizada.

La Historia de las Ciencias ofrece una visión más amplia y completa la Ciencia, creando una imagen más real y humana de los conocimientos científicos, mostrándolos como un producto de un proceso de construcción colectivo para dar respuesta a las necesidades sociales de una determinada época. Por ello, uno de los objetivos de la enseñanza de las ciencias será formar futuros ciudadanos con una visión crítica y reflexiva sobre su sociedad, sobre su medio y todo aquello que los afecte, y capaces de afrontar retos de corto y largo plazo. Ante esto se aborda el problema de la formación de una ciudadanía científicamente alfabetizada y de una adecuada formación de los profesores de ciencias como orientadores de dicho proceso.

Desde la enseñanza de las ciencias han surgido varias líneas de investigación que buscan a contribuir en el cumplimiento de estos propósitos, entre ellas, la perspectiva que se centra en las interacciones Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS). Éste es un campo académico de estudio e investigación para una mejor comprensión de la ciencia y la tecnología en su contexto social cuyo desarrollo viene presidido por la reflexión filosófica-histórica crítica de la ciencia y la

tecnología. En un sentido amplio, CTS es una propuesta educativa innovadora de carácter general que proporciona a todas las personas una determinada visión centrada en el estudio de la naturaleza social del conocimiento científico-tecnológico y sus incidencias en los diferentes ámbitos económicos, sociales, ambientales y culturales de la sociedad. Constituye un paradigma alternativo de estudio para comprender la intervención de la ciencia y la tecnología en la sociedad -y viceversa- con el fin de ejercer responsablemente como ciudadanos y tomar decisiones democráticas y razonadas en la sociedad (Acevedo, 1997). Así, una de las trayectorias que desde hace algunos años se viene desarrollando es la vinculación de la historia y la filosofía de las ciencias a los procesos educativos.

Desde la Antigüedad, una de las grandes preocupaciones del hombre ha sido poder explicar el mundo que nos rodea y los fenómenos que en él se producen. En la Grecia Clásica, los presocráticos se afanaban en la búsqueda de una explicación para el origen del ser humano y del universo asignando mitos a las Fuerzas de la Naturaleza, comenzando a construir las bases de lo que hoy en día denominamos ciencia. Más tarde se llegó a la conclusión de que el Universo debía regirse por leyes definidas y fue así como surgió el método deductivo de Aristóteles, prevaleciendo hasta el Renacimiento.

Durante los siglos XII y XVI comienzan a gestarse los primeros cambios que caracterizarán a la ciencia de esta época, una ciencia experimental, inductiva, matemática y racional. Sin embargo, no es hasta el siglo XVII cuando nace el moderno método científico.

Finalmente, el reconocimiento como Ciencias llegó para la Física en el siglo XVII con Newton y el inicio de la Mecánica Clásica, y para la Química en el siglo XVIII con la publicación del Tratado Elemental de Química de Lavoisier.

La importancia de la Ciencia se refleja en la Revolución Industrial del siglo XIX y en la Revolución Tecnológica del siglo XX. Las repercusiones sociales de estos cambios son cada vez más importantes y ya es a finales del siglo XX cuando Ciencia y Tecnología se encuentran presentes en la vida cotidiana de las personas (Castro, Gómez y Llavona, 2012)

Por todo esto, es más que evidente que la enseñanza de las ciencias en el aula no es del todo completa si no está acompañada de la correspondiente perspectiva histórica. Este enfoque puede contribuir a mejorar la imagen de la Ciencia que tiene el alumnado y constituir un elemento que ayude a superar algunas visones deformadas y erróneas que circulan en la sociedad. Sin embargo, esta perspectiva no puede limitarse a cursos asignaturas específicos, sino que debe impregnar transversalmente todas las áreas de conocimiento de las Ciencias.

Son numerosos los autores que hoy en día defienden la importancia de incluir el enfoque histórico en la didáctica de las ciencias. Sin embargo, el origen de este enfoque no es nuevo, ya que la implicación de la historia de la ciencia en la enseñanza de la misma ha constituido una línea de investigación e innovación educativa con una larga tradición.

Si nos remontamos al siglo pasado podemos afirmar que Gran Bretaña contribuyó enormemente al desarrollo de la Historia de la Ciencia y fue pionera en la introducción de esta materia en las escuelas. Esto ha sido bien documentado por Edgar Jenkins (1990) y W. J. Sherratt (1982). Según Jenkins, la primera referencia clara data en 1855, en el discurso presidencial del duque de Argyll en la British Association for the Advancement of Science, donde dijo: “Lo que buscamos en la formación de los jóvenes no es tanto los meros resultados como los métodos y, sobre todo, la historia de la ciencia” (Jenkins, 1989, p. 19)

En Estados Unidos, después de la segunda guerra mundial, se inicia en la Universidad de Harvard por James Conant el estudio, por parte de los alumnos de humanidades, de “casos” históricos, basados en el análisis de procesos clave en el desarrollo de la ciencia, con sus implicaciones filosóficas, sociales, etc. (Conant, 1957). Los años sesenta en Estados Unidos fueron especialmente significativos en sus inicios ya que se consideraban que habían alcanzado su máximo apogeo industrial y económico. Sin embargo, a finales de los cincuenta, en 1957, la otra potencia rival, la URSS, había asestado un duro golpe científico que había minado la moral de la sociedad americana: el lanzamiento del Sputnik, el primer satélite espacial puesto en órbita con éxito.

Consecuentemente, la sociedad americana reaccionó cuestionando la deficiente calidad de su propio sistema educativo ya que la URSS había demostrado un adelantado saber tecnológico sobre la primera potencia indiscutible del mundo. Tras este gran impacto cultural y político que produjo el lanzamiento del Sputnik, los EE.UU. reaccionaron con una campaña masiva para mejorar la enseñanza de las ciencias en la educación secundaria con el fin de aumentar así la calidad de la formación científica y tecnológica del alumnado que accedía a los estudios universitarios de ciencia e ingeniería.

En nuestro país también se han llevado a cabo investigaciones en las cuales se ha analizado la situación de la enseñanza de las ciencias respecto a la falta de una perspectiva histórica. Los resultados ponían en evidencia la deformada imagen de la evolución de la ciencia que se transmite en las aulas y el desinterés que muestran los alumnos hacia la física y la química (Navarro, 1983; Solbes y Traver, 1996; Solbes y Traver, 2001).

Una aproximación histórica a las ciencias, implica un cambio en la forma de concebir éstas y en el modo de plantearlas y ofrecerlas al alumnado. Para poder llevar a cabo esta didáctica en las aulas es necesario disponer de unos materiales y recursos bien organizados para ser capaces de incluir la Historia de las Ciencias en las diferentes Unidades Didácticas. Asimismo, dichos materiales han de ser adecuados para una mejora del proceso de enseñanza y aprendizaje, no sólo desde la perspectiva de lograr unos conocimientos científicos, sino en el desarrollo de unas habilidades, destrezas y actitudes científicas que se pretendan alcanzar.

### 3. MARCO TEÓRICO

#### 3.1. Objetivos y competencias a alcanzar

El objetivo de contextualizar la enseñanza de las ciencias desde un enfoque filosófico-histórico, no es enseñar Filosofía o Historia, sino potenciar el aprendizaje y concienciar al alumnado de la importancia de los logros de la ciencia y, ver a ésta, como una actividad cultural que afecta a otras áreas de la vida y se ve a su vez afectada e influenciada por ellas. Así, los principales objetivos de la enseñanza de la Historia de la Ciencia son (Martínez y Repetto, 2005):

- Motivar a los alumnos para conseguir un aprendizaje significativo.
- Estudiar la génesis y desarrollo de teorías y descubrimientos científicos.
- Aprender a valorar los descubrimientos en su contexto histórico.
- Establecer las relaciones existentes entre Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS).
- Adquirir técnicas de investigación bibliográfica.
- Saber interpretar documentos científicos.

En uno de los estudios, se elaboraron unos materiales curriculares para una clase de física y química con la introducción de la historia de las ciencias y esta didáctica se llevó a cabo experimentalmente en las aulas (Solbes y Traver, 2001). Algunas de las ventajas observadas en los resultados son:

- Conocer mejor los aspectos de la historia de la ciencia y mostrar una imagen de la ciencia más completa y contextualizada. Es en el terreno de la Historia de la Ciencia donde se puede combatir la separación existente en la sociedad entre la cultura humanística y la cultura científica.
- Valorar el trabajo colectivo del trabajo científico, fruto del trabajo de muchas personas. Además ayuda a conocer que los científicos son personas que con su esfuerzo hacen que progrese el conocimiento.
- Valorar aspectos internos del trabajo científico. Se dan cuenta de que el desarrollo científico ha sido fruto de controversias, persecuciones y luchas por la libertad de pensamiento y por encontrar solución a los problemas que se planteaba la humanidad.

- Presentar una imagen menos tópica de la ciencia y de los científicos.
- Contribuye a mejorar las actitudes del alumnado hacia la ciencia y su aprendizaje.
- Hacen las clases más estimulantes y reflexivas, incrementando así las capacidades del pensamiento crítico.
- Permite presentar las contribuciones a la ciencia realizadas en nuestro país y los obstáculos que se han planteado a lo largo de la historia.
- Muestra el carácter evolutivo de las ciencias y del conocimiento científico, criticando el cientifismo y el dogmatismo.
- Propicia el conocimiento de las estrategias para la resolución de los diferentes problemas, lo que permite valorar aspectos puntuales que pueden intervenir en los cambios metodológicos.
- Muestra la naturaleza integrada e interdependiente de los diferentes logros humanos.
- Proporciona un elevado número de situaciones que evidencian las relaciones Ciencia, Tecnología, Sociedad y Medio Ambiente.
- Logra una mayor comprensión de los contenidos científicos.
- Aprender dónde tuvieron dificultades las grandes mentes puede ayudar al profesor a detectar las ideas previas del alumnado.

Como podemos observar, rastreando en la Historia de las Ciencias, podemos encontrar el lado humano de ésta de tal forma que el docente puede conducir al alumno a tomar conciencia del papel que la ciencia ha ocupado y ocupa en la historia de la humanidad. Además, se produce un acercamiento entre áreas de conocimiento tradicionalmente ajenas entre sí, como son las ciencias y las humanidades. (Lombardi, 1997).

Sin embargo, no debemos olvidar que para muchos docentes, enseñar ciencias es enseñar contenidos científicos y procedimientos propios de la formación de científicos e ingenieros y no enseñar una ciencia que contribuya a la formación general de todos los ciudadanos (Solbes y Traver, 2001). Gran parte del profesorado, tanto de enseñanza secundaria como universitaria, ignora los aspectos históricos en la imagen de la ciencia que transmiten y las pocas veces que lo hacen, es de forma precipitada y anecdótica, dando una imagen deformada de cómo se construye el conocimiento científico. La ausencia de la

contextualización histórica en las clases de ciencias, la justifican diciendo que es por falta de tiempo y porque las clases de ciencias deben dedicarse a impartir conocimientos científicos y no para cuestiones de historia o implicaciones sociales. El objetivo, dicen, es que el alumno adquiera una buena base científica y, en el caso en el que se quiera conocer la historia de la ciencia y la construcción del conocimiento científico, será en una enseñanza superior (Martínez, Mato y Repetto, 1997).

### **3.2. Críticas al enfoque histórico**

En 1994 Matthews indicaba que la tarea pedagógica es producir una historia simplificada que ilustre la materia, pero sin que sea una caricatura del proceso histórico y que esta simplificación dependerá de la edad del grupo a que se dirija y del currículo que se presenta. Sánchez Ron (1988) distingue la utilización de este enfoque en función de los niveles subuniversitarios y universitarios y, dentro de éstos, sostiene que este enfoque se debe dar en los últimos cursos de las carreras universitarias distinguiendo su utilización entre los estudios de ciencias o de letras. Así, afirma que “no existe en mi opinión nada que impida o desaconseje la incorporación de la historia de la ciencia en las asignaturas histórico-sociales de bachillerato” (Sánchez Ron, 1988, p.181). Sin embargo, no cree que aporte nada positivo este enfoque histórico en las asignaturas de bachillerato de ciencias. Con respecto a la enseñanza universitaria si se introducen los aspectos históricos, el autor explica que sería preferible hacerlo en los últimos cursos y en los cursos de doctorado y “su contenido debe ser las descripciones más precisas y autorizadas que un historiador de la ciencia pueda ofrecer”

Una de las primeras voces que se alzó para criticar el programa que incluía introducir la historia de las ciencias en la enseñanza de las mismas fue Martin Klein, que mantenía que todo intento de presentar los contenidos científicos desde una perspectiva histórica implica “seleccionar, organizar y presentar estos materiales históricos no históricamente, quizás incluso antihistóricamente” (Klein, 1972, p.12). Explicaba que esta didáctica sólo tenía la posibilidad de hacer uso de una historia simplificada y recortada, es decir, de una mala historia, y por lo tanto, ante esta situación, era mejor prescindir totalmente de la historia.

En la misma línea Whitaker señala que la historia utilizada en los cursos de ciencias es, en realidad, una cuasi historia pues constituye “el resultado de numerosos libros de autores que han sentido la necesidad de dar vida a sus explicaciones [...] con un poco de contenido histórico, pero que de hecho han reescrito la historia acomodándola paso a paso con la física” (Whitaker, 1979, p.109). Concluye que muchos relatos históricos son contruidos deliberadamente, o bien con fines pedagógicos, o bien con el objetivo de apoyar la concepción epistemológica del autor.

Ambas críticas señalan dos problemas diferentes en cuanto al conocimiento histórico de las ciencias: la cuestión de la simplificación de la historia y la cuestión de la interpretación de los hechos históricos.

Sin embargo, la necesidad de simplificación y el problema hermenéutico de la historia de la ciencia no establecen impedimentos al introducir la dimensión histórica en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Al contrario, estos aspectos del conocimiento histórico contribuyen a desarrollar en los estudiantes un pensamiento y actitud críticos al presentarles el problema de la interpretación de textos y de hechos (Lombardi, 1997).

Siempre han surgido controversias científicas y han existido varias interpretaciones sobre la Historia de la Ciencia. Uno de los casos más interesantes en el estudio de la historiografía es la perspectiva *whig*<sup>1</sup> y *anti-whig* que se definieron en Inglaterra a mediados del siglo XX.

Trasladada al estudio de la historia de la ciencia, la perspectiva *whig* implica considerar solamente los momentos relevantes de la historia para el pensamiento científico, eliminando de la historia de la ciencia las teorías que resulten erróneas y que no tengan interés en un marco científico posterior. Por otro lado, los autores que rechazan la perspectiva *whig* proponen un ideal en el

---

<sup>1</sup> El término *whig* se ha mantenido en su versión inglesa por ser una forma particular de referirse a los liberales protestantes y progresistas británicos que, a partir del siglo XIX, serían calificados con la actual denominación de “Partido Liberal”. El sustantivo abstracto “Whiggishness” se utiliza a veces como término genérico para la historiografía *whig*. No debe ser confundido con “Whiggism”, que es una ideología política, y no tiene relación directa con el bien el Whig británico o partes whigs estadounidenses.

El historiador y filósofo británico Herbert Butterfield (1900 – 1979) acuñó el término “historia Whig” en su libro *La interpretación whig de la historia*.

que la historia de la ciencia se observa desde los aciertos y errores, independiente de si estos contribuyeron o no para el conocimiento científico posterior, es decir, se estudian los acontecimientos históricos del pasado en virtud de las creencias, teorías, métodos y otros aspectos importantes de la propia época en la cual las ideas fueron gestadas.

La polémica *whig* versus *anti-whig* nos indica que no existe una única manera de escribir la historia. Todo relato histórico implica necesariamente interpretación: la historia no es meramente narrada, sino construida y, por ello, la epistemología actual también reconoce la imposibilidad de una objetividad absoluta en la historia (Lombardi, 1997).

Normalmente sólo se considera correcta la ciencia actual y los únicos científicos que se valoran son los precursores de nuestras teorías actuales. Con el enfoque *whig* no se puede entender cómo funciona la ciencia ya que en cada momento, los científicos tenían que juzgar en base a la evidencia de la que disponían en su época, y con su mentalidad. Por ello, al contarnos la historia al modo *whig*, nos falta por completo ese elemento de juicio. Cuando uno juzga las cosas desde el punto de vista de la época se lleva muchas sorpresas, y es cuando empieza a entender la dinámica de la ciencia.

### **3.3. Situación actual**

Siendo importante la contextualización actual de la ciencia, es necesario que los alumnos aprecien la relevancia de los avances científicos, su dimensión práctica y la transformación tan profunda que ha provocado en la sociedad.

La velocidad de los cambios que el desarrollo científico y tecnológico exigen la máxima participación social y, consecuentemente, la puesta en marcha de nuevas estrategias que permitan el acceso generalizado a la cultura científica.

Una ciudadanía científicamente alfabetizada sería capaz de los siguientes logros, entre otros: dar sentido a los fenómenos naturales por medio de modelos teóricos; tomar decisiones informadas en asuntos sociocientíficos relevantes; incorporar competencias tales como el pensamiento crítico, la autonomía intelectual, la solidaridad y el cuidado del medio ambiente; valorar las ciencias como producto cultural humano y establecer una vigilancia ética sobre los alcances y límites de la ciencia (Acevedo Díaz, 2004)

De igual forma que todos estamos obligados a saber las leyes, y para ello no es necesario estudiar una carrera de Derecho, en el siglo XXI se puede afirmar que nadie debería ignorar la ciencia, lo que no le obliga a licenciarse en Ciencias. Por ello, se debe desmitificar la Ciencia y humanizarla, es decir, se debe mostrar que detrás de cada investigación o descubrimiento existen además de ideas, seres humanos que las generan y que viven como la mayoría de la gente.

A pesar de todo esto, el conocimiento y el desarrollo de la ciencia se imparte en las aulas de una forma descontextualizada, lejos de polémicas y controversias. Entre los aspectos que constituyen la perspectiva descontextualizada de la Ciencia hacia los alumnos se encuentran (González y Prieto, 2000):

- La enseñanza secundaria trata las materias como áreas de conocimiento sin ninguna relación entre ellas. Además debido a la separación entre Ciencias y Humanidades, los alumnos no entienden que la Ciencia es fruto de la construcción humana.
- Existe una tendencia a convertir las Ciencias en simples saberes operativos. La prioridad es que el alumno aprenda a operar y formular, quedando en un segundo plano la comprensión.
- El formalismo matemático exigido es, a veces, tan complejo que se evita el aprendizaje significativo de los conceptos científicos y se llevan a cabo la realización de meras operaciones sin sentido alguno.
- Se transmite una visión deformada de la Ciencia y del trabajo científico, ya que hace creer al alumnado que la ciencia consiste en descubrir una realidad objetiva existente.
- Los estudiantes obtiene una imagen de la actividad científica deformada sobre concepciones y estereotipos erróneos debido a la descontextualización y a la ausencia de nexos de conexión a través de los cuales el alumno pueda formar una perspectiva global.

Se enseña historia en la literatura, filosofía, economía...pero, como observamos en las aulas, la Historia de la Ciencia está ausente en los programas escolares de física, química, matemáticas, biología, etc. Incluso en algunas facultades de Filosofía se enseña historia de la filosofía y de la ciencia,

pero se sigue pensando que un futuro físico o matemático no necesita conocer la historia de su disciplina (Navarro, 1983).

La ausencia de la Historia de la Ciencia en las aulas es especialmente grave dado que su enseñanza, contenido y criterios de evaluación se encuentran recogidos dentro del currículo establecido por el Real Decreto 1631/2006. Si tomamos la asignatura de Física y Química de cuarto curso de educación secundaria obligatoria tenemos:

### Contenidos

#### *Bloque 1. Contenidos comunes*

*Reconocimiento de las relaciones de la física y la química con la tecnología, la sociedad y el medio ambiente, considerando las posibles aplicaciones del estudio realizado y sus repercusiones.*

#### *Bloque 2. Las fuerzas y los movimientos*

*Galileo y el estudio experimental de la caída libre.*

*Los principios de la Dinámica como superación de la física del “sentido común”.*

*Copérnico y la primera gran revolución científica. Valoración e implicaciones del enfrentamiento entre dogmatismo y libertad de investigación.*

### Criterios de evaluación

*Reconocer las magnitudes necesarias para describir los movimientos, aplicar estos conocimientos a los movimientos de la vida cotidiana y valorar la importancia del estudio de los movimientos en el surgimiento de la ciencia moderna.*

*[...]Se valorará también si comprende la importancia de la cinemática por su contribución al nacimiento de la ciencia moderna.*

### Contribución de la materia a la adquisición de las competencias básicas

*[...] el conocimiento de cómo se han producido determinados debates que han sido esenciales para el avance de la Ciencia, contribuye a entender mejor cuestiones que son importantes para comprender la evolución de la sociedad en épocas pasadas y entender la sociedad actual. Si bien la historia de la ciencia presenta sombras que no deben ser ignoradas, lo mejor de la misma ha contribuido a la libertad de pensamiento y a la extensión de los derechos humanos.*

A su vez, en el currículo de bachillerato de la asignatura de Física y Química, tenemos:

*La materia de Física y química ha de continuar facilitando la impregnación en la cultura científica, iniciada en la etapa anterior, para lograr una mayor familiarización con la naturaleza de la actividad científica y tecnológica y la apropiación de las competencias que dicha actividad conlleva. Al mismo tiempo, esta materia, de la modalidad de Ciencias y Tecnología, ha de seguir contribuyendo a aumentar el interés de los estudiantes hacia las ciencias físico químicas poniendo énfasis en una visión de las mismas que permita comprender su dimensión social y, en particular, el papel jugado en las condiciones de vida y en las concepciones de los seres humanos.*

*[...] Es por ello por lo que el desarrollo de la materia debe prestar atención igualmente a las relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente (CTSA) [...]*

### Objetivos

*-Conocer los conceptos, leyes, teorías y modelos más importantes y generales de la física y la química, así como las estrategias empleadas en su construcción, con el fin de tener una visión global del desarrollo de estas ramas de la ciencia y de su papel social, de obtener una formación científica básica y de generar interés para poder desarrollar estudios posteriores más específicos.*

*-Reconocer el carácter tentativo y creativo del trabajo científico, como actividad en permanente proceso de construcción, analizando y comparando hipótesis y teorías contrapuestas a fin de desarrollar un pensamiento crítico, así como*

*valorar las aportaciones de los grandes debates científicos al desarrollo del pensamiento humano.*

#### *Criterios de evaluación*

*Se trata de evaluar si el alumnado comprende la importancia de los diferentes tipos de movimientos estudiados [...]. Se valorará asimismo si conoce las aportaciones de Galileo al desarrollo de la cinemática [...]*

*Se pretende comprobar si el alumnado es capaz de identificar qué hechos llevaron a cuestionar un modelo atómico y a concebir y adoptar otro que permitiera explicar nuevos fenómenos [...]*

## **4. VINCULACIÓN DE LA HISTORIA DE LA CIENCIA EN LOS PROCESOS EDUCATIVOS**

La utilización de la Historia de la Ciencia que se propone es para que pueda ser integrada en los currículos de las materias de ciencias, utilizándola como un enfoque para organizar los contenidos, como un recurso didáctico y para extraer de ella los problemas históricos a que estuvieron asociados los conocimientos científicos y no como una nueva materia independiente tal como plantean los currículos oficiales de las optativas de la Educación Secundaria. Como observamos en el Real Decreto, el actual modelo curricular plantea que el desarrollo de los currículos de Ciencias se realice con un enfoque que tenga en cuenta la perspectiva histórica. La Historia de la Ciencia contribuye no sólo, con carácter general, a propiciar la madurez intelectual y humana del alumno, sino que posee un carácter introductorio para cualquier estudio científico posterior dado su enfoque interdisciplinar y su tratamiento global de los desarrollos científicos. También es importante mencionar la necesidad de acompañar estos aspectos curriculares en la evaluación, pues poco importa que venga expresado en el Real Decreto si luego la evaluación sigue consistiendo en ejercicios para comprobar el grado de retención de los conocimientos conceptuales.

Sin embargo, los aspectos históricos recogidos en el Real Decreto no se ven reflejados en el proceso enseñanza-aprendizaje y se encuentran muy lejos de

lo que ocurre en las aulas. Esta situación es aun más acusada en el caso de la enseñanza de Bachillerato, donde los alumnos deben escoger entre tres itinerarios (Artes, Ciencia y Tecnología, Humanidades y Ciencias Sociales) y, en el caso de las ciencias, el enfoque histórico de las mismas queda relegado a un segundo plano debido sobre todo al amplio temario que se debe impartir, a la preparación del alumnado para superar las pruebas de selectividad que se dedican a la mera resolución de problemas, a la ausencia de contenidos históricos en los libros de texto y, en ocasiones, a la poca formación del profesorado.

Esta situación es criticada por un gran número de investigadores y científicos que alertan sobre las posibles consecuencias sociales de la separación entre humanidades y ciencias. Defienden la necesaria unión de ambos ámbitos en el currículo de Bachillerato de todo estudiante para que éste sea capaz de obtener el conocimiento indispensable para afrontar grandes cuestiones que nos afectan a escala global. Explican que es un error intentar separar el mundo de los científicos del de las personas que se dedican a las humanidades, ya que nuestras mentes utilizan el método científico y el conocimiento al que nos permite acceder el arte a través de las emociones (Pintado, 2014).

La ausencia de contenidos históricos en la enseñanza de las ciencias contribuye a que cuando hablamos de cultura, muchas veces la ciencia en sí misma no se incluya. Debemos hablar de cultura musical, cultura literaria, cultura artística, cultura científica... como un todo que forma parte del mundo de las ideas y del conocimiento. A pesar de esto, la percepción que tiene gran parte de la sociedad es que se considera una persona culta a alguien que conoce la historia o la literatura, sin que sepa necesariamente de ciencia. Una persona culta tiene que saber de ciencia también, porque es una parte indisoluble de la cultura (Pintado, 2014).

Para paliar esta situación, no sólo se deben establecer cambios en los programas de la escuela para introducir la historia y la filosofía de la ciencia en la enseñanza de las mismas sino también en la forma de divulgar la ciencia y acercarla a los ciudadanos para que entiendan la labor de los científicos y qué importancia tiene.

Educación en ciencia y divulgación de la ciencia son objetivos distintos, pero tanto en uno como en el otro se pretende hacer llegar un contenido científico a un público no experto. La vocación de la divulgación científica no es solo difundir nuevos avances científicos a un público receptivo, sino ayudar a la comprensión básica de hechos, mecanismos y modelos científicos. Para que la sociedad entienda la realidad en la que vive es necesario que comprendan la ciencia y los conocimientos científicos que interpretan el mundo actual y el desarrollo de nuestra sociedad (Merino, 2014).

Sin embargo, la actividad científica en España resulta ajena a la sociedad y, según afirman algunos investigadores, ellos mismos son en buena parte responsables de este alejamiento. En primer lugar, no se ha valorado la difusión de la divulgación científica destinada a la sociedad, ya que la mayoría de los científicos se encuentran centrados en sus trabajos, ajenos a la sociedad, y los conocimientos que se han generado han sido divulgados exclusivamente a otros científicos (Merino, 2014). Esto es debido, en parte, a la especialización de los mismos, ya que muchos investigadores se encuentran encerrados en sus propios ámbitos de conocimiento y no se interesan por lo que hacen sus colegas ni asisten a seminarios que organizan otras áreas, como si fuese algo ajeno a ellos. José Pintado, en una entrevista al CSIC, justifica este aislamiento por la falta de cultura científica de los científicos, de tal forma que presentan una serie de carencias debido a la poca importancia que se le otorga a la historia de las ciencias y de la epistemología en la formación científica.

A pesar de la gran cantidad de investigaciones que se han llevado a cabo en los últimos 50 años (Navarro, 1983; Sánchez Ron, 1988; Solbes y Travis, 1996; Solbes y Travis, 2001; Acevedo, 2004) sobre la vinculación de la historia y la filosofía de las ciencias a los procesos educativos, la situación del alumnado en nuestras aulas no ha mejorado mucho, ya que la ciencia que se enseña se hace de forma ahistórica, configurando así un estereotipo en el que priman la supuesta objetividad, racionalidad, exactitud del conocimiento donde las relaciones CTS están ausentes.

En un estudio llevado a cabo por Solbes y Travis en 1996, se analizó como la enseñanza habitual de las ciencias en los alumnos entre 15 y 17 años transmitía una imagen deformada de la actividad científica y que en la mayoría de los libros de texto no se mostraban aspectos de tipo histórico. Años más tarde, en un segundo estudio realizado en 2001, demostraron cómo mediante un tratamiento de algunos aspectos históricos introducidos en el proceso de enseñanza-aprendizaje de los diferentes conceptos y teorías científicas y el uso de materiales didácticos adecuados, se mostraba una imagen de la ciencia más próxima a la realidad y mejoraban las actitudes del alumnado hacia la ciencia y su aprendizaje.

Sin embargo, si hoy en día analizamos la situación actual en las aulas mediante los cuestionarios<sup>2</sup> utilizados por Solbes y Travis en 1996, observaríamos que apenas habría cambios sustanciales y que los resultados obtenidos serían muy semejantes.

Las actividades que se plantean a los alumnos son un reflejo del proceso de enseñanza-aprendizaje que se lleva a cabo en las aulas: “Se enseña y se aprende a través de las actividades” (Sanmartí, 2000). Hoy en día, como se observa en las aulas, existe una tendencia a convertir las Ciencias en simples saberes operativos. La prioridad es que el alumno aprenda a operar y formular “dichas actividades”, quedando en un segundo lugar la comprensión. Muchas veces los docentes ponen todo su énfasis en objetivos relacionados con la adquisición de conocimientos y no enseñan a sus alumnos la verdadera naturaleza de la Ciencia. Este problema se refleja en el *TFM: Diferentes modelos de evaluación a través del análisis de las Pruebas de Acceso a la Universidad de la asignatura de Física* (Alonso, 2013) en donde se explica que “la enseñanza de las ciencias se orienta hacia la enseñanza de leyes y fórmulas y al aprendizaje de procedimientos de resolución estandarizados de ejercicios” (p. 6). Esto es debido a que en los exámenes, tanto internos como externos, prima la memorización de conceptos y la aplicación de fórmulas y expresiones. Una consecuencia directa de este problema es que los estudiantes perciben un abismo entre los contenidos vistos en clase y los

---

<sup>2</sup> Anexo 1

problemas reales que les afectan, de tal forma que los alumnos conviven en dos mundos paralelos, uno en el que emplean los contenidos académicos para resolver los exámenes y otro en el que utilizan sus ideas previas y la propia experiencia para abordar los problemas de su vida cotidiana. A través de la Historia de la Ciencia los alumnos conseguirán entender qué es la Ciencia y qué persigue y les ayudará a crear conflictos entre las ideas previas que tienen ya formadas y los nuevos conocimientos adquiridos.

El uso de la Historia de la Ciencia en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las Ciencias influye de manera muy directa en los recursos utilizados en el aula y en la actuación del profesor. Es importante destacar que entre las actividades propuestas por los libros de texto y las que se concretan en las aulas existe un puente que es el docente. El trabajo del docente como mediador entre estos materiales y los alumnos señalará la optimización de este recurso en el aula.

## **5. FORMACIÓN DEL PROFESORADO**

Entendemos que la mejora de la calidad educativa está vinculada, entre otros muchos factores, al proceso de formación de docentes reflexivos, críticos, investigadores de sus propias prácticas y de las de otros. El aprendizaje científico se considera necesario, hoy más que nunca, en la formación de todas las personas para comprender el mundo en el que viven y tomar decisiones críticas. Si la formación de un ciudadano de nuestra época es incompleta si no posee una cultura científica, ¿no sucede lo mismo con la formación de los docentes? El profesor, además de unas aptitudes pedagógicas y de un cierto dominio de la asignatura, requerirá una mínima familiaridad con la historia de la disciplina que imparte, pues le reportará recursos pedagógicos adicionales con independencia de la metodología didáctica seguida.

La defensa de la importancia de la Historia de la Ciencia en los profesores de ciencias no es nueva, es una necesidad asumida desde hace bastantes años. Las páginas iniciales de un texto de 1929, para profesores de ciencias, describe al profesor con éxito como aquél que: “sabe su propia asignatura [...] está ampliamente instruido en otras ramas de la ciencia [...] sabe cómo enseñar [...] es capaz de expresarse con lucidez [...] es hábil manipulando [...]

tiene recursos tanto para las demostraciones teóricas como para el laboratorio [...] es un lógico [...] es algo filósofo [...] es tan buen historiador que puede sentarse con un grupo de alumnos y hablarles de las ecuaciones, la vida y los trabajos personales de genios tales como Galileo, Newton, Faraday y Darwin” (Sherratt, 1983, p. 418). Es también una necesidad asumida internacionalmente desde hace bastantes años. En las conclusiones del 4º *Simposio Internacional sobre tendencias mundiales de la Educación en Ciencia y Tecnología*, celebrado en 1987 en el IPN de Kiel (Alemania) y organizado por *la International Organization for Science and Technology Education (IOSTE)*, ya se recomendaba garantizar que la perspectiva CTS formara parte de los cursos de ciencias e ingenierías de la enseñanza universitaria, en general, y de los que se destinaran a la formación de profesores de ciencia y tecnología en particular (Hofstein, Aikenhead y Riquarts, 1988).

### **5.1. Situación actual de los planes de estudio universitarios**

Sin embargo, hoy en día no se observan cambios sustanciales en los nuevos planes de estudio de las carreras universitarias en los que la historia de las disciplinas que se estudian sigue ausente. Si analizamos el programa de estudios de las ingenierías y de las carreras de ciencias puras comprobamos que la historia y la filosofía de la ciencia no forman parte del plan de estudios y, cuando aparecen, es en forma de sencillas asignaturas optativas o de libre elección que eligen voluntariamente el alumnado y, en muchos casos, no llegan a la totalidad de todos los estudiantes. La ciencia y la técnica son una parte de la cultura y al amputar esta dimensión de los programas de estudio, se creará una carencia lamentable en la formación de los alumnos universitarios. En ciencias y en ingeniería se debería hacer lo mismo que en Medicina, donde la asignatura de la historia de esta disciplina es obligatoria desde hace muchos años en la mayoría de los planes de estudio de esta carrera. De igual manera, el currículo de Grado en Educación Primaria también se caracteriza por un tratamiento superficial de la formación científica haciendo más hincapié en aspectos didácticos y metodológicos. Tras varios años de formación inicial y permanente de docentes, hay autores que señalan que los alumnos que llegan a la facultad de Educación poseen una idea de Ciencia muy alejada de la que defienden actualmente los historiadores de la Ciencia y, cuando están en

ejerciendo como profesores, continúan con la misma deficiencia transmitiendo una imagen de la Ciencia que no se corresponde con su verdadera naturaleza (Urones, 1998). Por lo tanto, para que los futuros docentes entiendan la Ciencia a la luz de nuevas concepciones, es necesario incluir en los programas de las asignaturas un enfoque histórico y una orientación CTS en el aprendizaje de la ciencia.

Las interacciones CTS y cómo éstas aparecen ligadas a la construcción de dichos conocimientos científicos situándolos en su contexto histórico y social, constituyen hoy en día una línea de investigación educativa de gran interés, aunque, como hemos visto, en raras ocasiones se incorpora en los currículos de formación inicial de los docentes.

Sin embargo, se puede observar un ligero atisbo de mejora en los procesos de incorporación de la enseñanza de la Historia de la Ciencia a través de la creación de nuevas asignaturas en los estudios de formación del profesorado de ciencias. En la actualidad hay varias líneas de investigación dentro del ámbito de la Educación Secundaria que se están realizando en nuestro país y que forman parte de un proyecto de investigación sobre actitudes, valores y opiniones acerca de la ciencia (PIAVOC). En uno de estos estudios se indaga sobre la opinión del futuro profesorado de ciencias, durante su formación psicopedagógica y didáctica inicial (CAP), en torno a cuestiones relacionadas con las dimensiones social y epistemológica de la ciencia (Acevedo, 1994; Acevedo, 2000). Como instrumento se utiliza el Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia y Sociedad (COCS)<sup>3</sup>, preparado para el proyecto PIAVOC, el cual consta de veinte enunciados que se relacionan con tópicos derivados de la sociología y la epistemología de la ciencia (Acevedo, 1994):

- Control sociopolítico de la investigación científica y tecnológica
- Neutralidad ideológica de la ciencia y la tecnología
- La objetividad como cualidad esencial de los científicos
- Estereotipos sexistas en ciencia y tecnología
- Creencias epistemológicas sobre la naturaleza del conocimiento científico

---

<sup>3</sup> Anexo 2

- La ciencia como medio principal para la resolución de problemas sociales

## 5.2. Objetivos de la formación del profesorado

La Historia de la Ciencia se convierte en una disciplina metacientífica en la formación docente, de tal forma que no solo incorporaría elementos enriquecedores del proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias, sino que permitiría al profesor evolucionar y construir las bases teóricas y metodológicas del contenido que enseña, al tiempo que implica cambios conceptuales y actitudinales del modelo de enseñanza, haciendo que la presentación del conocimiento científico sea más comprensivo para los alumnos.

Como ya se ha mencionado, la incorporación de la historia, la didáctica y la epistemología de las ciencias podría constituir la posibilidad de transformar la enseñanza de las ciencias y la calidad de las mismas, a la vez que se lucha contra la especialización deformadora de los saberes parcelados y se potencian las figuras del científico humanista y del humanista científico. No obstante, hay que reconocer que los cursos de formación inicial del profesorado tan sólo pueden aportar una orientación hacia la educación CTS y algunas de las destrezas precisas para poder abordarla en el aula. Aunque la formación inicial sea correcta, la formación permanente resulta imprescindible porque la inmensa mayoría de las cuestiones relacionadas con la enseñanza no adquieren plenamente su sentido hasta que el profesor no se enfrenta con ellas en la práctica. Para garantizar la adecuación de la formación recibida se necesita, por tanto, mayor coordinación entre la formación previa, la iniciación en el ejercicio docente y la formación permanente del profesorado en activo.

Existe un acuerdo general en que el conocimiento profundo de la materia que se ha de impartir constituye un requisito imprescindible para una enseñanza de calidad. Por tanto, un buen conocimiento de la materia para un docente, tanto de Secundaria como de Universidad, supone también, entre otros aspectos (Gil et al., 1991; Gil y Pessoa de Carvalho, 2000):

- Conocer la historia de las ciencias implica saber, no sólo los aspectos básicos de la cultura científica general que un profesor, sino también la forma de asociar los conocimientos científicos con los problemas que originaron su construcción (Matthews, 1994), sin lo cual dichos conocimientos aparecen como construcciones arbitrarias (Otero, 1985). Se puede así, además, reconocer cuáles fueron las dificultades, los obstáculos epistemológicos (Bachelard, 1938) que hubo que superar, lo que constituye una ayuda imprescindible para comprender las dificultades de los alumnos.
- Distinguir las orientaciones metodológicas empleadas en la construcción de los conocimientos con el fin de familiarizar a los alumnos con la forma en que los científicos abordan los problemas (Gil 1983 y 1986, Hodson 1985, Millar y Driver 1987).
- Conocer las interacciones Ciencia, Tecnología, Sociedad asociadas a la construcción de conocimientos, sin ignorar el carácter a menudo conflictivo del papel social de las ciencias y la necesidad de la toma de decisiones, para que los alumnos comprendan que el trabajo de los científicos no tiene lugar al margen de la sociedad en la que viven y se ve afectado por los problemas y circunstancias del momento histórico en el que se insertan. (Aikenhead 1985, Solbes y Vilches 1989, Jiménez y Otero 1990).
- Tener algún conocimiento de los desarrollos científicos recientes y sus perspectivas para poder transmitir una visión dinámica, no cerrada, de la ciencia.
- Saber seleccionar contenidos adecuados que proporcionen una visión actual de la ciencia y sean asequibles a los alumnos y susceptibles de interesarles. (Piaget 1969, Caamaño 1988, Hewson y Hewson 1988).

El profesorado debe huir de una enseñanza científica centrada en la recepción de contenidos conceptuales ya elaborados, ya que transmite una visión deformada y empobrecida de la actividad científica, y comprender la necesidad de familiarizarse con el cuerpo de conocimientos que la investigación ha ido construyendo en torno a los problemas que plantea el proceso de enseñanza/aprendizaje de las ciencias.

## 6. ANÁLISIS DE LOS RECURSOS

A pesar de la variedad de recursos y materiales curriculares disponibles que hay hoy en día, los libros de texto siguen siendo uno de los elementos determinantes en la práctica educativa del profesorado (Perales, 2006). Ni siquiera las nuevas tecnologías (ordenadores, vídeos, blogs, etc) han conseguido desbancar, o cuando menos, equipararse en la frecuencia de uso en las aulas con los libros de texto. Su relevancia se acentúa a la hora de realizar reformas educativas, pues se les atribuye una gran responsabilidad en los problemas de aprendizaje del alumnado. Por ello, los libros de texto se han convertido en objeto de estudio para los investigadores en la didáctica de las ciencias.

Una de las formas en que se utiliza el texto educativo en ciencias es como fuente informativa mediante su lectura directa, aunque también se emplea en la realización de otras actividades de aprendizaje como cuestiones, problemas y trabajos prácticos. El célebre filósofo e historiador de la ciencia T.S. Kuhn (1987) defiende la tesis de que la enseñanza basada en el libro de texto permite la formación de científicos aptos para realizar ciencia normal y los adiestra como solucionadores de problemas. Este autor, llega a definir a los libros de texto como "vehículos pedagógicos para la perpetuación de la ciencia normal".

La Ley Orgánica de Educación (2/2006, de 3 de mayo) dispone en su artículo 64 que las administraciones educativas establecerán el currículo de las distintas enseñanzas reguladas por la Ley, de la cual formarán parte los aspectos básicos del currículo que constituyen las enseñanzas mínimas. Como contenido del área de las Ciencias, como vimos al inicio del presente trabajo, se incluyen aspectos relativos a la evolución histórica del conocimiento científico, por lo que los libros de texto de dicha asignaturas deberían incluir apartados sobre dicho tema. Sin embargo, el tratamiento que éste recibe en los libros de texto, el cual se desarrollará a continuación a través de diversas investigaciones, no invita precisamente al optimismo.

En un estudio llevado a cabo por Osborne, Collins, Ratcliffe, Millar y Duschl en 2003 se recogían los contenidos sobre las características del conocimiento

científico, metodología de la ciencia e instituciones y prácticas sociales que han de ser incluidos en el currículo de ciencias:

- Ciencia y certeza
- Desarrollo histórico del conocimiento científico
- Base empírica de la ciencia
- Metodología científica y contrastación crítica
- Diversidad de pensamiento científico
- Análisis e interpretación de los datos
- Hipótesis y predicción
- Creatividad
- Ciencia y pensamiento crítico
- Cooperación y colaboración en el desarrollo del conocimiento científico

### **6.1. Estudios anteriores sobre libros de texto**

En 1996 Solbes y Travis llevaron a cabo un estudio sobre la enseñanza de las ciencias y en uno de los apartados del mismo, realizaron un análisis de los libros de texto utilizados en las aulas para averiguar qué papel se le daba a la historia de las ciencias en ellos. Los resultados reflejaron que, en la mayoría de los libros de texto, no se mostraban aspectos de tipo histórico ni se destacaba el uso de la historia como referente didáctico.

En 2010 Solaz-Portolés realizó un análisis de todos los trabajos que aparecían en las revistas de educación y educación científica, desde 1988 hasta 2009, que trataban sobre cuestiones epistemológicas e históricas de la ciencia en los libros de texto de distintos países y niveles académicos. En estos trabajos se analizaban todos los aspectos sobre las características del conocimiento científico, metodología de la ciencia, sus interacciones y modo de crecimiento. Las conclusiones extraídas mostraron que las deficiencias de los libros de texto no conocen fronteras ni niveles académicos. Los defectos que con mayor frecuencia aparecían en los libros en relación con la naturaleza de la ciencia y que, en consecuencia, deberían ser tenidas en cuenta tanto por los autores de los libros de texto como por el profesorado son:

- Falta de explicaciones adecuadas de la función de las teorías, leyes y modelos.
- Los modelos científicos aparecen como parte de la realidad física, sin mostrar su base teórica.
- Presentación de la generación del conocimiento científico sin ausencia de errores, de forma empírico-inductiva y sin resaltar que la teoría siempre guía al científico en sus acciones.
- Énfasis en la imagen algorítmica de la metodología científica.
- Poca información acerca de la participación de las mujeres en el desarrollo de la ciencia.
- Se destaca poco la creatividad como cualidad en la producción del conocimiento científico.
- No se incide explícitamente en la consideración de la ciencia como conjunto de procesos dinámicos donde se ponen a prueba diversas explicaciones (hipótesis)
- No se muestra la ciencia como una actividad social que crea el conocimiento no sólo a partir de la actividad experimental, sino también del consenso de la comunidad científica.
- No se recogen influencias de otras disciplinas (economía, filosofía, etc.) y de la sociedad (instituciones políticas, empresas, etc.) sobre la producción científica.
- No se proporciona una imagen de la ciencia preocupada por la realidad social, política y económica del país.

A continuación, realizaremos un análisis de los contenidos de historia de la ciencia que aparecen en varios libros de texto concretos de Física y Química correspondientes a 1º de Bachillerato. El objetivo es comprobar cómo se muestran los aspectos de tipo histórico en estos libros, ya que será un reflejo de cómo se trabaja esta perspectiva en el aula y constituirá el punto de partida para el diseño de materiales curriculares y estrategias didácticas adecuados para introducir la Historia de la Ciencia como recurso educativo. Así, en función de las consecuencias extraídas en esta investigación, en el siguiente apartado del presente trabajo, se diseñarán las actividades y los materiales necesarios para paliar las supuestas carencias.

## 6.2. Ejemplo ilustrativo: Análisis de los libros de texto

Se han analizado cinco libros de Física y Química de 1º de Bachillerato de editoriales distintas y de diferentes años de publicación:

	Ed. Anaya	Ed. Anaya	Ed. Edebé	Ed. Editex	Ed. Oxford
Año de publicación	2002	2008	2008	2002	2002
Curso en el que fue utilizado	2006/2007	2013/2014	2013/2014	2004/2005	2004/2005

La razón de analizar libros de texto de 1º de Bachillerato es porque en esta etapa los alumnos empiezan a adquirir una formación científica cada vez más completa, ya que van a proseguir estudios superiores en cierta medida relacionados con la ciencia. He escogido libros de distintas editoriales y épocas de publicación para analizar si el tratamiento de la historia de la ciencia ha cambiado con el tiempo y las políticas educativas, si sigue siendo el mismo o si depende sólo de la editorial del libro de texto.

Los años de publicación de los libros, 2002 y 2008, hacen referencia a las diferentes reformas del sistema educativo español. La LOGSE se aprobó en 1991 y estuvo en vigor hasta 2001. En 2002 se promulgó La Ley Orgánica de Calidad de la Educación (LOCE), que aunque entró en vigor en 2003, su calendario de aplicación quedó paralizado en 2004 por un Real Decreto tras el cambio de gobierno resultante. Finalmente, en 2006, se elabora la Ley Orgánica de Educación (LOE), que permanece en vigor actualmente.

A la hora de analizar el tratamiento de la Historia de la Ciencia en estos libros, he realizado un análisis cuantitativo. Esto permitirá, posteriormente, realizar una valoración cuantitativa de los resultados obtenidos en el sentido de analizar el tratamiento de los mismos en los libros texto y las consecuencias que se derivan de ellos. Para cuantificar la investigación del contenido, he elaborado

una lista con una serie de aspectos tomando como referencia los cuestionarios que aparecen en Solbes y Travis <sup>4</sup>(1996):

1. Imágenes con un pequeño comentario al pie de las mismas
2. Breves referencias marginales sobre aspectos biográficos
3. Apuntes históricos en el margen de los libros
4. Referencias a textos históricos y citas textuales de autores científicos
5. Actividades con un enfoque histórico
6. Desarrollo histórico de conceptos y teorías
7. Referencias a grandes científicos y “sus descubrimientos”, denotándose el papel de la comunidad científica y al concepto de “construcción” de la ciencia
8. Enfoque CTS (imagen de la Ciencia interesada por la realidad social, política y económica del país referida a los cambios sociales y económicos de un país propiciado por el desarrollo tecnológico y la aparición de nuevos materiales para mejorar la calidad de vida)
9. Existencia de introducciones históricas al inicio de las unidades didácticas o como presentación de los bloques de contenidos temáticos.
10. Presencia de apartados sobre experimentos para realizar prácticas en el laboratorio.

La razón de tomar como referencia los cuestionarios de Solbes y Travis (1996) es porque en su estudio establecieron como hipótesis que la utilización de recursos históricos en los libros de texto es escasa y se suele reducir a pequeñas biografías, anécdotas, historia de algunos conceptos en determinados capítulos... Así, a modo de resumen, se quieren conocer las consecuencias que se derivan al no utilizar los recursos históricos:

- Considerar la ciencia como descubrimiento y no como una construcción de conocimientos. (Ítems 4, 6 y 7).
- Ignorar el papel de los problemas en el desarrollo de la ciencia y, en particular, los problemas que originaron el desarrollo de algunas teorías importantes. (Ítems 6 y 7).

---

<sup>4</sup> Recogidos en el Anexo 1

- La ciencia constituida básicamente por «fórmulas», cuya aplicación mecánica permite resolver los problemas. (Ítems 5 y 6).
- Un planteamiento lineal y acumulativo del desarrollo científico que no muestra la existencia de cambios de paradigmas o de cambios conceptuales en las ideas aceptadas por los científicos. (Ítems 6, 7 y 9).
- Una ciencia fruto del trabajo de unos genios (cuyas contribuciones son desconocidas en algunos casos) y no como una actividad humana colectiva. (Ítems 4, 7 y 8).
- Una imagen de las ciencias físicas alejada del contexto histórico social del que forma parte. (Ítems 6, 8 y 9).
- Existencia de biografías de científicos importantes que han contribuido en el desarrollo de la ciencia y las repercusiones que tuvieron en la sociedad del momento. (Ítems 2, 3, 6, 7 y 9)
- Escasa presencia de actividades explícitas de uso de la historia de la ciencia propuestas para el trabajo personal o en clase de los alumnos y, en el caso en que aparecen, son tratadas como material complementario (Ítems 5 y 10)
- Importancia de las relaciones entre la historia de la ciencia y los contenidos CTS. (Ítem 8)
- Presentación de experimentos para realizar en el laboratorio, ya que constituye uno de los procesos involucrados en la construcción del conocimiento científico. (Ítem 10)

A partir de la siguiente lista, se ha elaborado una tabla donde se toma nota de las veces que aparecía cada aspecto de la lista en los libros de texto seleccionados. Los resultados obtenidos se recogen en la siguiente tabla:

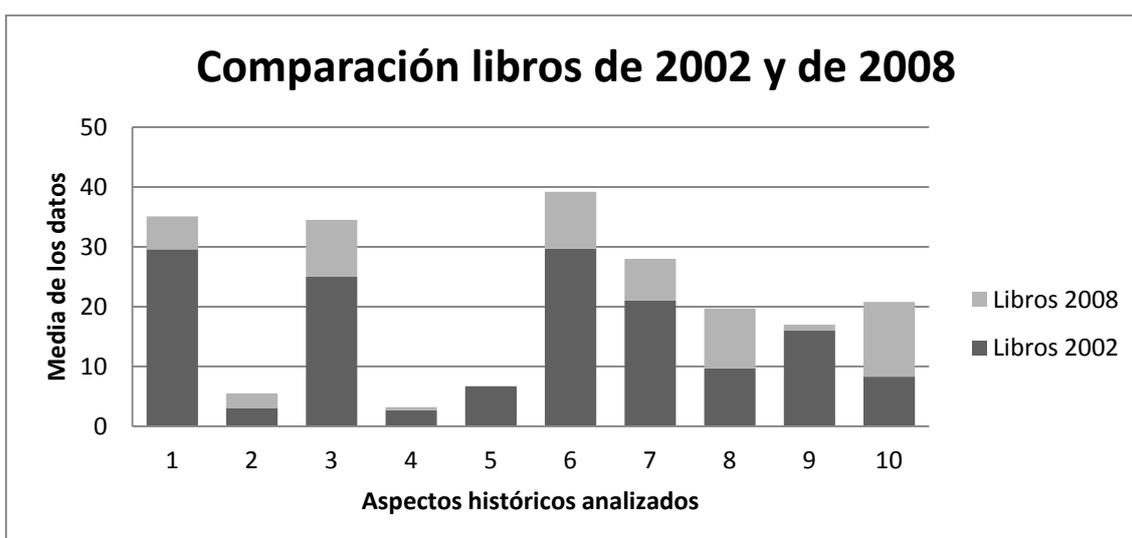
	ASPECTOS A ANALIZAR	ANAYA 2002	EDITEX 2002	OXFORD 2002	ANAYA 2008	EDEBÉ 2008
1	Imágenes con un pie de foto	22	39	28	10	1
2	Biografías al margen	0	7	2	3	2
3	Apunte histórico al margen	0	48	27	10	9
4	Citas	2	1	5	0	1
5	Actividades contenido histórico	17***	2	1	0	0
6	Desarrollo histórico de conceptos/teorías	21	30	38	16	3
7	Referencia a científicos denotándose el papel de la comunidad científica	16	29	18	13	1
8	Enfoque CTS	4	9	16	4	16
9	Introducción histórica	8	26*	14	0	2**
10	Anexo prácticas de laboratorio	8	1	16	14	11

\*Ocho introducciones correspondientes a los bloques temáticos en los que se divide el libro y 18 introducciones al inicio de cada unidad didáctica.

\*\*Una introducción presenta el temario de Física y la otra el de Química.

\*\*\*Ocho comentarios de texto, uno al final de determinadas unidades didácticas, siete actividades en la primera unidad y dos ejercicios en la parte de Química.

En el siguiente diagrama de barras se establece una comparación entre los aspectos históricos que aparecen recogidos en los libros de texto publicados en 2002 y en 2008:



A la vista de los resultados obtenidos, en los cuales se observan grandes diferencias entre los libros publicados en 2002 y en 2008, se extraen las siguientes conclusiones:

- En primer lugar, constatamos la presencia de un mayor número de aspectos históricos recogidos en los libros editados en 2002. Esto también se manifiesta en los objetivos que plantea desarrollar cada uno de los equipos redactores al inicio de las páginas de los textos:

- En el libro de Editex podemos leer una breve introducción del libro dedicada al profesorado donde se extraen las siguientes líneas:

*[... ]Se han tenido presentes las diversas características del trabajo científico como: el carácter experimental, la capacidad crítica, la necesidad de verificar hechos, la apertura de ideas, la presentación, valoración e integración de cualquier aportación y el carácter cambiante y dinámico de la Ciencia en la sociedad actual.*

*Las relaciones Ciencia-Tecnología-Sociedad se integran y desarrollan a lo largo de la materia, de forma que se puedan comprender y valorar los distintos hechos científicos y su desarrollo tecnológico en la época social en la que ocurrieron, así como las relaciones y los retos que tiene la Ciencia en la sociedad actual [...]*

- En el libro de Oxford se lee en la introducción de la presentación de contenidos, el siguiente fragmento que habla sobre el enfoque histórico que se pretende ofrecer en sus contenidos:

*El libro de texto utilizado (Física y Química 1º de Bachillerato —Proyecto Exedra, de Oxford EDUCACIÓN, 2008—, cuyos autores son Mario Ballester Jadrque y Jorge Barrio Gómez de Agüero) se basa en un enfoque histórico de la materia, haciendo hincapié en el porqué de los conceptos y en su origen, de forma que se huye de la mera secuencia de contenidos y de unidades sin conexión aparente y de una visión de una Física y de una Química desconectadas de la realidad histórica y social. Por el contrario, y como se ha dicho anteriormente, se fomenta una actitud reflexiva mediante aspectos que estimulan el interés por la explicación de fenómenos cotidianos y cercanos a la realidad del alumno. El desarrollo científico se trata, en consecuencia, como un*

*proceso dialéctico, en el que la superación supone un complemento de etapas anteriores.*

- A diferencia del libro de texto de Anaya de 2008, el que fue publicado en 2002, menciona en la introducción, la existencia de enfoque histórico contenido en las páginas de dicho libro:

*La introducción al bloque: Dedicamos el principio de cada bloque a hacer un somero repaso de la historia de la ciencia, para situar los contenidos de las unidades en el contexto histórico en el que sucedieron los principales descubrimientos sobre Física y Química que se van a desarrollar en ellas. Estas páginas sirven, además, para conocer el perfil histórico de aquellos científicos que propiciaron la evolución y el desarrollo de la Física y la Química.*

Por el contrario en el libro de Anaya de 2008 y en el de Edebé, no se menciona nada de lo anterior y sólo se limita a describir la organización de los contenidos en el libro. Estos resultados no son fruto del azar o de una edición particular, sino de un cambio sustancial en el establecimiento de los objetivos que se proponen desarrollar. Por ello, será imprescindible la actuación del profesor en el aula a la hora de presentar y secuenciar los contenidos incorporando en su tarea determinadas metodologías o modelos didácticos.

- Los textos de publicados en 2002 inician cada unidad didáctica con una introducción histórica sobre los antecedentes de los contenidos que se van a tratar en la misma, de tal forma que se presenta el conocimiento como producto de un proceso histórico. Por otro lado, el libro de la editorial Anaya de 2002 sólo contiene introducciones históricas en la mitad de sus unidades didácticas y, en el libro de la misma editorial que se publicó en 2008, este contenido histórico es inexistente.

El ejemplar de Edebé sólo resalta dos introducciones históricas que se corresponden con la presentación de los dos bloques en que se divide el libro: el de Física y el de Química. Por su parte, el libro de Edítex, está dividido en cinco bloques temáticos que se presentan también con una reseña histórica de la época en que se enmarca cada uno.

- En los libros publicados en 2002, las fotografías históricas con una pequeña explicación al pie de las mismas y la inclusión de apuntes y pequeños relatos históricos, se encuentran presentes en casi todas las unidades didácticas como complemento a las explicaciones que se llevan a cabo en las mismas. Sin embargo, en el ejemplar de Anaya este tipo de contenido histórico didáctico es poco abundante, apareciendo en menos de la mitad de las unidades y, en el libro de la editorial Edebé prácticamente es inexistente.
- Las biografías de célebres científicos apenas aparecen recogidas en los libros analizados y cuando aparece, lo hace en forma de pequeñas “cajitas” al margen del libro, resultando como un contenido sin conexión con el desarrollo de los conceptos que se desarrollan en la unidad.
- Los contenidos conceptuales siguen siendo el motivo central de los textos y la extensión que se les dedica depende de su importancia dentro la unidad didáctica. Los libros de Editex y de Oxford dedican parte de la explicación a mostrar los contenidos con un enfoque histórico valorando la importancia del trabajo en común de la comunidad científica. Les sigue de cerca el de Anaya de 2002, en el que se lleva a cabo una mayor perspectiva histórica en las unidades de Química que en las de Física. Sin embargo, en el resto de los libros (editorial Edebé y Anaya 2008) la mayoría de los conocimientos se presentan como algo establecido, sin ninguna referencia a su origen. Destacar que en el libro de la editorial Anaya de 2008 se hace referencia a grandes científicos y sus “descubrimientos” pero no se denota el papel de la comunidad científica y ninguna vez se hace referencia al concepto de “construcción” de la ciencia. Se presenta una visión de la ciencia simplificada e individualista que no valora el trabajo colectivo de muchas personas.
- Las referencias a textos históricos brillan por su ausencia en los libros. Únicamente se han encontrado dos citas textuales de dos autores científicos en el libro de Editex, otra en el de la editorial de Edebé, cinco citas que hacían referencia a textos científicos en el libro de Oxford y dos citas en el ejemplar de Anaya de 2002 que aparecen en dos ejercicios propuestos. Se pierde la oportunidad de mostrar la ciencia como producto de un proceso colectivo que intenta dar respuesta a las

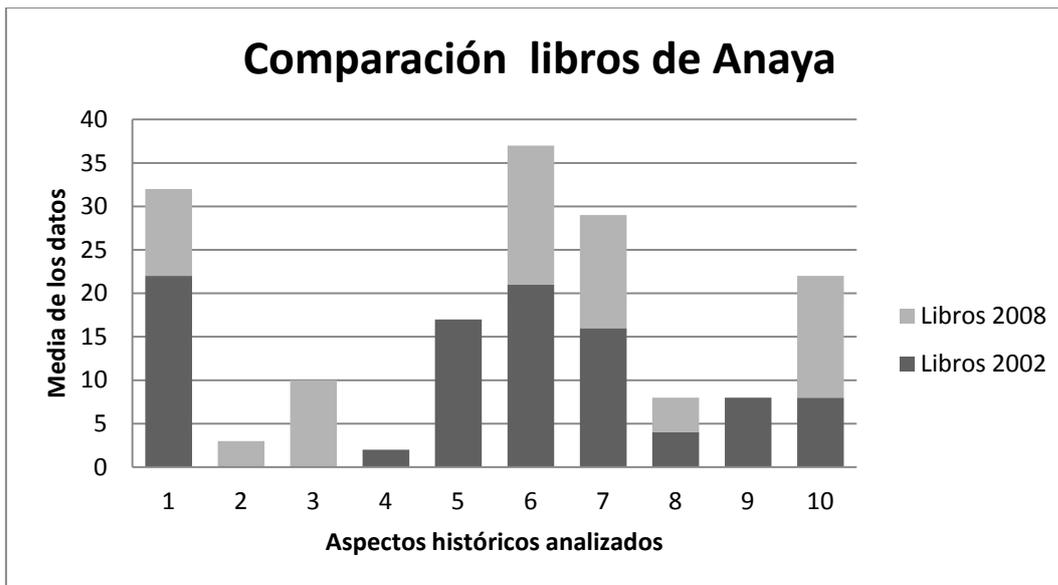
necesidades sociales de la época. Los alumnos deben ser capaces de reconstruir la Ciencia tomando conciencia de este proceso a través de la lectura y del análisis de fragmentos de la historia de la ciencia.

- Sólo aparecen dos actividades de carácter histórico en el libro de la editorial Editex y en la misma unidad didáctica, y otra en el libro de Oxford, lo que demuestra que en la evaluación de la asignatura predominan las actividades de mera resolución de problemas. Se transmite así un operativismo extremo, reduciendo el aprendizaje a la memorización de conceptos y aplicación mecánica de fórmulas carentes de significado, en muchos casos, para el alumnado. Sin embargo, en el libro de Anaya (2002) al final de cada bloque temático se propone un comentario de un texto científico con una serie de preguntas, en la primera unidad didáctica hay siete actividades relacionadas con la historia de la ciencia y en el bloque de química se proponen dos actividades de este tipo.
- Los contenidos CTS recogidos en los libros no suelen aparecer integrados con los contenidos científicos, sino aislados en el tema o en anexos. En ambos ejemplares de la editorial de Anaya hay cuatro anexos relativos al enfoque CTS en cuatro unidades didácticas. La única diferencia entre ambos es, que en el del año 2008, se puede encontrar en el margen pequeñas anotaciones en las que se hace referencia a un CD-R que contiene aspectos CTS que conectan los temas de física y química con la tecnología y otros en los que se abordan problemas medioambientales. En los libros de Oxford y de Edebé al final de cada tema existe un apartado reservado para el desarrollo de contenidos CTS, mientras que en el de Editex, a pesar de que este tema no es tan numeroso, cuando se menciona, está integrado en las unidades didácticas.
- En todos los libros, salvo en el de Editex, podemos encontrar bien al final de los mismos en forma de Anexos o bien al final de las unidades didácticas, explicaciones de diferentes experimentos para realizar en el laboratorio. Esto permite comunicar una imagen de la ciencia, del científico y de la actividad científica más próxima al alumnado.

- Los nombres de los científicos y las fechas más importantes aparecen recogidos en todas las páginas de los libros analizados.
- Se recogen más experimentos para realizar en el laboratorio en las páginas de los libros publicados en 2008. Las experiencias buscan que los estudiantes tomen conciencia de los fenómenos, no que adquieran conocimientos científicos por medio del trabajo práctico. Toda discusión teórica debe ir acompañada de una naturaleza práctica, de tal forma que los experimentos constituyen una didáctica para contribuir al conocimiento de la historia de la ciencia.

Como conclusión final y a la vista de los resultados obtenidos, los libros de 2002 denotan una búsqueda por parte de los autores por una enseñanza comprensiva de las ciencias al integrar en prácticamente todas las unidades del libro la Historia de las Ciencias, alejándose del tradicional manual de definiciones y fórmulas para memorizar que presenta básicamente el libro de Anaya. Sin embargo, en ninguno de los libros se muestra el carácter tentativo de la investigación científica ni los errores cometidos en el proceso de construcción del conocimiento científico. Tampoco aparecen las limitaciones de las teorías y, a veces, se menciona la solución del problema como si fuese fruto del azar o atribuyéndoselo a una sola persona.

En general, en los libros examinados, se observa mayor contenido histórico en los libros publicados en 2002, mientras que en los textos de Edebé o de Anaya 2008, hoy en día, se da una mayor importancia a las prácticas de laboratorio y a los contenidos CTS. Se podría pensar que es una casualidad que ciertas editoriales diesen más importancia a unos determinados aspectos históricos y que la causa no fuese la época en la que fueron publicados. Sin embargo, al comparar los dos ejemplares de Anaya, podemos comprobar cómo en el año 2002 hay más aspectos de historia de la ciencia que en las páginas del libro publicado en 2008. En el siguiente diagrama de barras, se representa la comparación de aspectos históricos de ambos libros:



Como se refleja en el gráfico, los únicos contenidos que no aparecen en el libro de 2002 son las biografías de científicos y los apuntes históricos recogidos al margen del libro. Sin embargo, esto constituye un mero contenido marginal si lo comparamos con el total de los aspectos históricos recogidos en el análisis de los libros como son, el desarrollo histórico de conceptos y teorías (ítem 6), las actividades propuestas (ítem 5), la presentación de la ciencia como un proceso de construcción colectivo (ítem 6), las introducciones históricas al inicio de las unidades didácticas (ítem 9)...

Esto se observa muy bien en la presentación de contenidos de ambos libros, donde en el texto del ejemplar del año 2002, como vimos al inicio de este análisis, existe un apartado en el índice donde se detalla la importancia de la historia de la ciencia y su desarrollo a lo largo de las unidades. En cambio, en el ejemplar publicado en 2008, este apartado desaparece para dar paso a uno nuevo que se denomina "Selectividad y CTS", en el cual se incluyen contenidos que aparecen en las pruebas de Selectividad de los últimos años. De esta forma, queda claro que en estos últimos años, los libros están orientados a la realización de problemas y ejercicios y no a presentar la verdadera naturaleza de la ciencia.

Se puede afirmar que, a partir de los resultados de los análisis efectuados por investigadores y del estudio realizado en los dos libros de texto de 1º de Bachillerato, la imagen que proporcionan los libros de texto es distorsionada y

fruto del vacío histórico y filosófico que, en la mayoría de los casos analizados, muestran sus páginas. Los cambios detectados en los libros de texto y en los materiales didácticos son todavía insuficientes, ya que, si bien han mejorado algunos aspectos, como la mayor importancia concedida a las relaciones entre la ciencia y la tecnología y a las implicaciones de ambas con el medio ambiente, otros, como los relativos a la preparación de los estudiantes como futuros ciudadanos, capaces de tomar decisiones, y las interacciones entre la ciencia y la tecnología con la sociedad que se encuentran en la Historia de la Ciencia, siguen sin ser tenidos en cuenta de forma adecuada en la mayor parte de los casos, a pesar de que son considerados objetivos de la educación obligatoria. Por ello, es necesario mejorar los contenidos que aparecen en los libros de texto o complementarlos con material curricular aportado por el profesor ya que en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la ciencia es vital la adecuada comprensión de la naturaleza de la misma.

Para concluir este apartado, destacaría la importancia de introducir la Historia de la Ciencia en los libros de texto atendiendo a dos aspectos: la didáctica y la cultura. El carácter didáctico ayudaría a comprender los problemas de aprendizaje del alumnado y el carácter cultural ofrecería una perspectiva acerca del papel que desempeñan las ciencias en la sociedad.

A continuación, en el siguiente apartado estableceremos diversas formas de utilizar didácticamente la Historia de la Ciencia decidiendo la forma en la que el contenido se presenta en el aula para ser enseñado y aprendido.

## **7. DISEÑO DE RECURSOS DIDÁCTICOS**

Nos centraremos en la realización de actividades y diversos recursos didácticos para llevar a cabo en la asignatura de Física y Química de 1º de Bachillerato, ya que hicimos previamente el análisis de los libros de texto de la misma.

Utilizar la Historia de la Ciencia en la didáctica implica abandonar el paradigma habitual que reduce la materia a una dimensión completamente instrumental. Es común encontrar en los márgenes de los libros de texto pequeñas notas de tipo biográfico o anecdótico referidos a los autores correspondientes cada vez que se explican leyes o cuestiones importantes. Sin embargo, esto está lejos

de lo necesario para comprender el desarrollo histórico de los conceptos involucrados y puede decirse que los materiales y recursos necesarios para que un profesor apoye de manera no trivial sus clases de ciencias con elementos de historia prácticamente no se utilizan.

Los programas académicos actuales se caracterizan por una gran desconexión de las materias y de los contenidos, ya que se tratan como si fueran unidades aisladas entre sí. Como consecuencia, el estudiante organiza el saber como parcelas autónomas carentes de conexión, relación y sentido global. El diseño de propuestas didácticas para incorporar la Historia de la Ciencia en el currículo de las ciencias no se dirige a crear una asignatura sobre la Historia de la Ciencia, sino que se refiere a cambiar el enfoque de la enseñanza de las ciencias trabajando transversalmente todos los contenidos de las unidades didácticas.

### **7.1. Aspectos a considerar**

La utilización de la Historia de la Ciencia como recurso didáctico en el aula contribuirá a (Repetto, 2007):

- Conseguir los objetivos generales de etapa y de área.
- Identificar los conceptos más importantes para comprender las teorías.
- Mostrar los problemas e interrogantes que se generaron históricamente en el origen y evolución de los conceptos.
- Mostrar las discrepancias entre previsiones teóricas y hechos reales.
- Comprender la complejidad del desarrollo científico, su carácter dinámico y en continua evolución.

Un aspecto previo muy importante que hay que considerar es que no podemos ignorar que los alumnos no son científicos y que muchos de ellos llegan con prejuicios, frutos de sus experiencias previas y del clima social, en torno a las dificultades del aprendizaje de las ciencias. El docente debe huir de las formalizaciones complejas que escapen a la comprensión de una persona de 17 años, para trabajar más con explicaciones intuitivas, ideativas o imaginativas, pensando en un nivel de lenguaje adecuado a la madurez del alumnado. Por ello, a modo de síntesis, se establecerán dos criterios

fundamentales que orientarán la incorporación crítica de la historia de la ciencia en la enseñanza de la misma (Guridi y Ariassecq, 2004):

- Presentar ejemplos históricos en los cuales se visualice el proceso de elaboración de modelos, leyes y teorías, que incorporen no sólo aspectos conceptuales sino también creencias, actitudes y controversias presentes en todo proceso de investigación científica.
- Realizar una “reconstrucción racional” de las Ciencias tomando conocimiento de ese proceso a través de la lectura y análisis de fragmentos de historia de la Ciencia.

Por último, decir que aunque los enfoques históricos ayuden al alumnado a familiarizarse con el desarrollo de la ciencia y a fomentar habilidades de exploración e interpretación, se debe tener muy en cuenta la importancia de una buena organización de los contenidos, ya que es necesario para relacionar los conocimientos científicos y los conocimientos cotidianos entre sí, decidiendo la forma en que se presentan en el aula para ser enseñados y aprendidos.

## **7.2. Propuestas didácticas**

Como diversas formas de utilización didáctica de la Historia de la Ciencia citaremos las siguientes:

### **7.2.1. Presentación de los contenidos del currículo de Física y Química de 1º de Bachillerato**

Los contenidos que se incluyen en el currículo se presentan estructurados en grandes núcleos temáticos. Cada núcleo está conformado por varios bloques de contenidos que responden a una propuesta de organización del conocimiento científico que ha de enseñarse.

Destacar, como hemos mencionado al inicio de este trabajo, que en el Real Decreto se contempla la importancia de la Historia de la Ciencia como una contribución a la comprensión de qué es y cómo se construye el conocimiento científico. Por ello, para el desarrollo de la asignatura de Física y Química proponemos un enfoque disciplinar estructurado, teniendo en cuenta la Historia de la Ciencia y las relaciones Ciencia, Tecnología y Sociedad. Se trata de

realizar una organización de contenidos que tenga en cuenta la naturaleza de la ciencia y del trabajo científico, las aplicaciones de la ciencia y sus implicaciones sociales, que permita la construcción de un cuerpo coherente de conocimientos. Así, la secuenciación de los contenidos que se presenta, permite a los estudiantes enfrentarse a situaciones problemáticas de interés, poniendo en juego los procesos de producción y validación de los conocimientos (Martínez y Repetto, 2002):

- Contenidos comunes. Importancia de la medida en el trabajo científico y el método científico.
- Física preclásica (hasta el siglo XVI)
  - ✓ Estudio del movimiento: Cinemática. Desde la física preclásica de Aristóteles hasta la descripción del movimiento por parte de Galileo.
- La física clásica (del siglo XVII al XIX)
  - ✓ Dinámica. Newton explica el movimiento, desarrollo de la mecánica clásica o newtoniana.
  - ✓ La energía y su transferencia: trabajo y calor. Naturaleza del calor y origen del concepto de energía: Joule y la Conservación de la energía Época de Revoluciones.
  - ✓ Electricidad. El nacimiento de la industria eléctrica: del vapor a la corriente. Ohm y la Corriente eléctrica en el mundo actual.
- La crisis de la física clásica. Hasta el momento todos los fenómenos físicos habían sido explicados de manera satisfactoria por la física conocida hasta el momento, la física clásica, pero a comienzos del siglo XX nuevos hechos experimentales iban a poner de relieve las limitaciones de ésta y la necesidad de nuevos modelos y teorías. Este fue el origen de la física cuántica y la física relativista.
- El nacimiento de la química moderna (siglos XVII y XVIII)
  - ✓ Teoría atómico-molecular de la materia. De la teoría de los cuatro elementos de Aristóteles a la teoría corpuscular de Dalton. Robert Boyle y la teoría atómica: las bases que permitieron a la Química convertirse en ciencia. Las leyes volumétricas de Gay-Lussac y las hipótesis de Avogadro. El concepto de mol.

- ✓ El átomo y sus enlaces. Papel de los modelos atómicos en el avance de la química: modelos de Thomson y de Rutherford. Los espectros y el modelo atómico de Bohr. Introducción cualitativa al modelo cuántico. Origen de las teorías del enlace químico. La tabla periódica.
  - ✓ Estudio de las transformaciones químicas. Lavoisier y las combinaciones químicas: de las leyes ponderales a la estequiometría de las reacciones químicas. De las teorías ácido-base a la relación entre la química y la electricidad.
  - ✓ Introducción a la química orgánica. Wöhler y la introducción de la química orgánica: del “vitalismo” a la síntesis orgánica. Importancia industrial de la Química del Carbono.
- Los orígenes de la química moderna

El primer bloque, «Contenidos comunes», en el que se aborda la metodología científica, aspectos CTS y uso de las TIC, debe servir de hilo conductor a lo largo de todo el curso como nexo entre las dos disciplinas que se estudian y apareciendo transversalmente en los bloques de Física y de Química.

En la primera parte de esta materia, dedicada a la Física, los contenidos se estructuran en torno a dos núcleos temáticos: mecánica y electricidad. La mecánica, repartida en tres bloques de contenidos, «Cinemática », «Dinámica » y «La energía y su transferencia», se inicia con una profundización en el estudio del movimiento y las causas que lo modifican, con objeto de mostrar el surgimiento de la ciencia moderna y su ruptura con dogmatismos y visiones simplistas de sentido común. Se trata de una aproximación más detenida que incorpora los conceptos de trabajo y energía para el estudio de los cambios. Ello ha de permitir una mejor comprensión de los principios de la dinámica y de conservación y transformación de la energía y de las repercusiones teóricas y prácticas del cuerpo de conocimientos construido. En el último núcleo, «Electricidad», el estudio que se realiza ha de contribuir a la profundización del conocimiento del papel de la energía eléctrica en las sociedades actuales, estudiando su generación, consumo y las repercusiones de su utilización.

En la segunda parte de esta materia, dedicada a la química, los contenidos se estructuran alrededor de dos grandes núcleos temáticos: constitución de la materia y química del carbono. En el primero de ellos, distribuido en tres bloques, « Teoría atómico-molecular de la materia », «El átomo y sus enlaces» y «Estudio de las transformaciones químicas», se profundiza en el estudio de la materia, lo que permitirá explicar la semejanza entre las distintas familias de elementos, los enlaces y los distintos tipos de sustancias, estudiar la importancia de los gases y las disoluciones, y analizar las transformaciones químicas, tanto cualitativa como cuantitativamente (Gobierno de Canarias, 2008). Destacar que en este apartado de la materia, la enseñanza de los contenidos finaliza en las contribuciones de Bohr a la ciencia (1913). Esto supone un retraso en la enseñanza de la Química, ya que en los últimos cien años se ha continuado con el desarrollo de teorías y conceptos científicos que no se ponen de manifiesto en el currículo de 1º de Bachillerato. Como consecuencia, el alumnado no obtiene una visión completa de la asignatura de Química y su conocimiento queda anclado en los inicios del siglo pasado. Como ejemplo sirva la figura de Linus Carl Pauling (1901-1994), quien quizás sea el científico más relevante del siglo XX y la única persona que ha ganado dos premios Nobel de forma individual. Investigador que, a pesar de merecer la máxima consideración, queda olvidado en las páginas de los libros de texto de 1º de Bachillerato y, no comparte protagonismo con Lewis a la hora de explicar el enlace químico.

El segundo núcleo temático profundiza en el estudio de la química orgánica, con el bloque «Introducción a la química del carbono», y ha de permitir que el alumnado comprenda la importancia de las primeras síntesis de sustancias orgánicas, contribuyendo a la construcción de una imagen unitaria de la materia e impulsando la síntesis de nuevos materiales de gran importancia por sus aplicaciones. Este estudio de las sustancias orgánicas dedicará una atención particular a la problemática del uso de los combustibles fósiles y la necesidad de soluciones para avanzar hacia un futuro sostenible.

Esta propuesta de organización de contenidos, nos permite presentar la física clásica como revolución científica, llevando a cabo un tratamiento más acorde con la naturaleza y la historia de la ciencia. Se establece un mismo hilo

conductor para toda la materia, basado en las aplicaciones y en las repercusiones sociales de las ideas científicas de forma transversal, a lo largo de todo el curso. Posibilita la introducción de conceptos de forma más significativa, asociados a los problemas y contextos que en su origen, intento dar respuesta. Facilita un mayor trabajo de los procedimientos (resolución de problemas, trabajos prácticos, elaboración de informes, etc.) y pone el énfasis en las aplicaciones de la física, resaltando el interés en dar respuestas a problemas asociados a las necesidades humanas. En definitiva, se trata de extraer de la historia de la ciencia los problemas más significativos y poner al alumnado en situación de abordarlos.

Para una adecuada praxis de la enseñanza de las ciencias se deben plantear los bloques desde un punto de vista histórico, ya que la estructura de los temas no está guiada por los conceptos fundamentales, sino por un intento de desarrollar y avanzar en los problemas fundamentales de la ciencia del momento. Si el conocimiento científico se ha construido como un intento de responder preguntas ante las necesidades sociales, ¿por qué se pretende que los alumnos aprendan respuestas sin conocer las preguntas a las que responden?

La explicación teórica del conocimiento científico se debe acompañar de ejercicios, trabajos prácticos, prácticas de laboratorio y resolución de problemas con el fin de constituir una forma de trabajo en el aula en el que se favorezca la explicitación de las ideas y la confrontación con las de otros en episodios de argumentación y justificación, tan importantes para el adecuado aprendizaje significativo de las ciencias. Por supuesto, ello exige una cuidadosa planificación de la tarea por el profesor, mediante programas de actividades debidamente engarzadas y dejar tiempo para que los alumnos piensen, argumenten y refuten.

### **7.2.2. Utilización didáctica de las biografías de los científicos**

Las biografías ponen de manifiesto aspectos humanos de los científicos y sirven para presentar la Ciencia a través de su figura. El objeto de la lectura de una biografía, además de motivar el estudio de los temas científicos, complementa el trabajo de clase y resalta los aspectos humanos de los

científicos generando interés en el alumnado. Igualmente permitirá proponer una ampliación o matización de algunos aspectos, hacer reflexionar sobre las características humanas, la incidencia de sus descubrimientos, el esfuerzo o trabajo metódico, etc. Para ello, debemos considerar que los científicos que se propongan a los estudiantes sean personas próximas a sus intereses, bien porque les sean familiares, o bien porque sus descubrimientos hayan despertado su interés (Martínez y Repetto, 2005).

Para seleccionar una biografía publicada del científico que interesa estudiar, habrá que tener en cuenta las siguientes características (Martínez y Repetto, 2005):

- Si el vocabulario y el contenido son adecuados para los alumnos con los que se va a utilizar.
- Si es capaz de originar interrogantes en los estudiantes.
- Si pueden extraerse contenidos científicos de su lectura.
- Si se tiene en cuenta el contexto social y científico.

Sin embargo, y como nos enseña la experiencia, hay que tener en cuenta la resistencia que oponen muchos estudiantes a leer, por lo que es preferible, que el profesor prepare una pequeña biografía para el alumnado donde se recojan los aspectos fundamentales del mismo o solicite que sea realizada por el alumnado después de buscar la información adecuada. De esta forma se presentan dos tipos de actividades a realizar a partir de las biografías de científicos eminentes: por un lado, realizar una biografía estructurada completando los diferentes apartados que aparecen en una ficha previamente preparada junto con un texto original que presente una relación con el científico para orientar al alumno en la actividad y, por otro lado, presentar un pequeño estudio biográfico de un científico organizado en una serie de apartados junto con un texto relacionado con esta biografía y plantear a los estudiantes una serie de cuestiones.

Tanto la biografía a realizar por el alumnado como la propuesta por el profesor para su posterior análisis deberá estar estructurada atendiendo a los siguientes apartados (Repetto, 2007):

### ***Introducción***

Proporciona al alumnado la oportunidad de aproximarse a los hombres y mujeres que hacen la Ciencia. En la introducción se muestran las implicaciones didácticas de algunas interacciones Ciencia-Sociedad y se establecen relaciones entre la historia y el aprendizaje de las Ciencias.

### ***Construcción de la biografía***

Tiene un gran interés formativo el que el alumnado después de buscar información, fundamentalmente en la Web, la trate, seleccione y realice una biografía estructurada completando una serie de apartados que aparecen en una ficha.

### ***Perfil biográfico***

Se destaca el significado de los científicos, sus aportaciones, sus cualidades humanas y científicas y los problemas a los que se enfrentó. Se trata de establecer una cronología que recoja los principales aspectos de su vida: su infancia y juventud, su formación, su consagración nacional e internacional, sus principales obras y descubrimientos, los debates o controversias en los que participó, la cultura de su época y su influencia en los compromisos que asumió ante los problemas sociales de su tiempo.

### ***Formación científica***

Se señalan las principales influencias e ideas científicas que repercutieron en los científicos, cuáles eran las ideas dominantes de la ciencia en las que se formó, quiénes fueron sus maestros, qué marcos teóricos existían en su época...

### ***La ciencia y la sociedad de su época***

Se trata de presentar a los científicos en su contexto, creando un ámbito científico e histórico, filosófico y social. Muestra como influyó la ciencia en la sociedad de la época y cuáles eran las ideas, los métodos y las actitudes de los científicos más importantes ante los problemas sociales de la época. Se recogerían las principales características de la Ciencia en los siglos en los que vivió y el marco socio-cultural del que forma parte.

### *Aportaciones a la ciencia*

Recoger los principales hechos e ideas que aportó al conocimiento científico o a la forma de hacer ciencia, sus descubrimientos, la utilidad y relevancia de sus investigaciones. Se trataría de dar una imagen dinámica del desarrollo científico, en continua evolución, relacionando la perspectiva histórica con la actualidad científica.

### *Relaciones con sus contemporáneos*

Se trata de señalar las relaciones que mantuvo con otros científicos o con otras personas relevantes de la cultura de su época. Ámbitos con los que se relacionó, escuelas o equipos a los que perteneció o con los que estuvo en contacto.

### *Aplicaciones tecnológicas e implicaciones sociales de sus aportaciones científicas*

Tiene como objetivo resaltar el valor de la obra de los científicos, sus vinculaciones con otras teorías, cuáles han sido sus aplicaciones tecnológicas y las implicaciones sociales que ha tenido su obra.

Se podría establecer, en una tabla, un paralelismo cronológico que señale las relaciones de la Ciencia con la Tecnología y la Sociedad del momento.

### *Selección de textos originales para su comentario o acompañamiento de la actividad*

Debe seleccionarse un texto adecuado y preparar una secuencia de actividades que orienten su lectura. Es necesario decidir qué texto se elige entre varios posibles y cómo se trabaja, mediante que técnicas de comprensión, comentario u análisis guiado se hace hablar al texto.

Es importante tener en cuenta que como afirma Sutton (2003) si se desea que los estudiantes entiendan “qué hacen los científicos” se necesita que ellos se concentren en el lenguaje y en sus investigaciones.

### *Bibliografía*

Se enumeran los libros o artículos de revistas utilizados o recomendados, con textos originales del autor o bien de otros autores que tratan sobre la vida o la

obra de los mismos, o sobre las aplicaciones e implicaciones de su obra en la sociedad.

El uso de las biografías presenta unos valores didácticos indiscutibles. La mayoría del alumnado asocia los nombres de los grandes científicos a teorías y fórmulas, no los relacionan con figuras humanas ni con hechos históricos. Es necesario conocer los grandes científicos que han dejado su huella en la historia de las ciencias, que contribuyeron en múltiples áreas y que hicieron posible el desarrollo de grandes disciplina.

A título de ejemplo presentaremos la utilización didáctica de la biografía de Linus Pauling<sup>5</sup>, uno de los científicos más importantes del siglo XX, por sus contribuciones científicas y por su enorme compromiso social. Consideramos que presenta una vida y una obra de gran valor formativo, que contribuye a adquirir una imagen ajustada de la ciencia y del trabajo científico, así como de las importantes relaciones entre la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad.

Hablar de ciencia y de siglo XX supone, casi instantáneamente, hablar de Albert Einstein. La prestigiosa revista Time lo declaró hombre del siglo, y para muchos es, junto con Newton y Galileo, el mayor científico de todos los tiempos. Sin embargo, reconocer la figura de Einstein a veces ha eclipsado a otras personalidades no menos relevantes para el desarrollo de la ciencia y que protagonizaron avances muy importantes en el siglo pasado. Una de ellas es, sin duda, la de Linus Pauling (1901-1994), quizás el químico más relevante del siglo XX y la única persona que ha ganado dos premios Nobel individualmente (en Química y en la Paz). Su legado es inmenso: contribución a la química cuántica, propiedades magnéticas, medicina, estructura de moléculas biológicas...Y además, comprometido con la paz. Todo un símbolo que, pese a sus limitaciones, merece la máxima consideración (Blanco, 2007).

### **7.2.3. Comentarios de textos científicos e históricos**

Al hilo de la anterior propuesta surge la importancia del comentario de los textos científicos e históricos. Para aprender, como opina Sanmarti (1995), no es suficiente leer, escuchar y discutir, sino que además cada estudiante

---

<sup>5</sup> Anexo 3

necesita interiorizar su propio discurso y mientras que no se llega a este nivel de construcción personal no puede decirse que se ha aprendido un concepto o un procedimiento. Igualmente muchos profesores han llegado a la conclusión de que muchas veces el alumnado fracasa en la resolución de algunos problemas porque no entiende el enunciado de los mismos, quizás porque desconoce el significado de algunos términos. Por todo lo anterior, un recurso a utilizar para ayudar a los alumnos a la adquisición y utilización correcta del lenguaje puede ser el comentario de textos científicos.

Con ello se pretende, no sólo el conocimiento de los aspectos históricos, de por sí suficientemente interesantes y formativos sino también enriquecer el vocabulario de los alumnos; acostumbrarles a la búsqueda de explicaciones, así como su correcta comunicación por escrito, de manera que sean capaces de utilizar los términos idóneos y la expresión gramatical adecuada. Todo esto obliga al estudiante a una reflexión y planificación de sus ideas lo que lógicamente contribuirá a que su aprendizaje sea realmente significativo (Martínez y Repetto, 2005).

Como observamos en el análisis efectuado en los libros de texto, el conocimiento científico muchas veces está tan simplificado que parece que se ha llegado a él con mucha facilidad. Por ello, es interesante introducir a los estudiantes, mediante el análisis de de textos científicos e históricos, en las controversias y cambios de paradigma que han existido a lo largo de la historia.

Como ejemplos de textos a utilizar podemos elegir artículos que aparezcan en publicaciones periódicas, revistas especializadas, de divulgación o simplemente en los diarios o semanales de prestigio.

El comentario de un texto científico consta, al menos de las siguientes fases (Repetto, 2007):

- Lectura comprensiva del texto.
- Análisis de términos (significado de conceptos o expresiones)
- Análisis del contenido estructura del texto (ideas principales).
- Resumen del contenido (utilizar propias palabras).
- Valoración y conclusiones (comentario personal).

- Análisis del escenario sociológico de la sociedad de su tiempo. (Proyecciones culturales, fuera de la ciencia e influencias mutuas. Actualidad científica y Perspectiva histórica. Relaciones Ciencia, Tecnología y Sociedad)

Como ejemplo se presenta un comentario a realizar sobre un documento de Lavoisier<sup>6</sup>.

#### **7.2.4. Utilización didáctica de entrevistas realizadas a científicos**

Otros de los recursos a utilizar es el estudio de las entrevistas realizadas a los científicos, a compañeros del mismo, a personas de reconocido prestigio científico que los conocieron o se han especializado en sus trabajos, etc. y que aparecen en los medios de comunicación: prensa diaria, revistas de divulgación, televisión, radio, etc. En este caso, vamos a referirnos a la utilización didáctica de las que aparecen en la prensa escrita.

En primer lugar se recortará la entrevista o se transcribirá, si es muy larga se puede resumir, resaltando los aspectos de mayor interés, y se procederá a cumplimentar una ficha informativa que tiene como objetivo fundamental conducir su lectura para determinar los motivos que conducen a su realización así como su contenido.

Una vez que se decide su aplicación en el aula, para una unidad concreta y con un objetivo determinado hay que diseñar las actividades que se deberán llevar a cabo (Repetto, 2007):

- Lectura de la biografía del entrevistado. Aspectos humanos.
- Estudio de los términos de vocabulario.
- Esquema de los hechos más relevantes de su vida.
- Aportaciones a la Ciencia.
- Influencia en la sociedad.
- Obras publicadas.
- Relaciones con otros científicos de su época.

---

<sup>6</sup> Anexo 4

Por último debe el profesor establecer una serie de cuestiones que guíen la lectura de la entrevista para que los alumnos la cumplimenten después de leerla.

Como ejemplos de este tipo de actividades se presentan dos entrevistas<sup>7</sup>:

- Entrevista a Mario Molina.
- Entrevista Linus Pauling: *Cinco años decisivos de mi vida*

#### 7.2.5. Experimentos históricos

La experimentación es uno de los procesos involucrados en la construcción del conocimiento científico y se le ha reconocido un gran valor formativo en la enseñanza de las ciencias. Algunas de las capacidades que se pueden desarrollar con la realización de experimentos científicos serán: observar, clasificar, describir, comunicar, medir, obtener conclusiones, definir operacionalmente, contrastar hipótesis, controlar variables, interpretar datos, diseñar montajes experimentales, etc. En relación a la instrucción científica este proceso se caracteriza por (Repetto, 2007):

- ser una destreza intelectual específica empleada por todos los científicos;
- corresponderse con una conducta, típicamente científica que puede ser aprendida por los estudiantes y
- ser transferibles a otros dominios del contenido y contribuyen al pensamiento racional sobre asuntos cotidianos.

Se presenta una práctica para realizar en el laboratorio: *Del aire desfoglicado de J. Priestley al oxígeno de A. Lavoisier*<sup>8</sup>

#### 7.2.6. Actualidad científica

La actualidad científica en la clase de ciencias es un factor que ayuda a recuperar aspectos motivacionales de los alumnos al encontrar los temas más próximos a su vida e intereses.

---

<sup>7</sup> Anexo 5

<sup>8</sup> Anexo 6

Es evidente que el alumno recibe la mayoría de sus conocimientos a través de la información suministrada por los diferentes medios de comunicación y, por lo tanto, sería muy interesante crear recursos didácticos sobre la utilización de la actualidad científica en el aula no sólo porque conecta los acontecimientos de la vida cotidiana con las Ciencias, sino porque a través de ellos podemos, por un lado, llamar la atención del estudiante y conseguir una mayor motivación en su aprendizaje, y por otro, ayudarles a alcanzar los objetivos en el Real Decreto para esta etapa, como pueden ser : “[...] , así como para participar, como ciudadanos y ciudadanas y, en su caso, futuros científicos y científicas, en la necesaria toma de decisiones fundamentadas en torno a problemas locales y globales a los que se enfrenta la humanidad [...]”; “Utilizar de manera habitual las tecnologías de la información y la comunicación, para realizar simulaciones, tratar datos y extraer y utilizar información de diferentes fuentes [...]” (Martínez y Repetto, 2005).

El uso que puede hacerse de este recurso es muy variado (Repetto, 2007):

**a) Utilización de un artículo sobre determinados problemas científicos, como información para los alumnos.** Una vez leído y trabajado el artículo, por el alumno o grupo de alumnos, y cumplimentada la clave de lectura se realizará una puesta en común o debate en gran grupo.

**b) Análisis de gráficos, esquemas o datos sobre fenómenos o variables científicas que suelen aparecer en las publicaciones periódicas.** Señalamos a título informativo los mapas del tiempo.

**c) Noticias sobre acontecimientos de actualidad que pueden ser empleados como motivación.** El alumnado impresionado por un suceso, muestra interés por conocer sus causas, propiedades, efectos sobre el hombre o la tierra... etc. Como ejemplo citamos en el ámbito internacional: noticias sobre terremotos, accidentes en fábricas, temporales, lanzamiento de satélites, etc. En el ámbito local, la contaminación que puede producir la instalación de determinadas fábricas, centrales eléctricas, depuradoras, etc.

**d) Requerir la opinión de los alumnos sobre el nivel científico o cultural de determinados artículos, reportajes, noticias, etc.**

### **7.2.7. Vídeos educativos sobre Historia de la Ciencia**

La imagen ayuda a la información y comprensión de los mensajes en general y, por lo tanto, también de los contenidos científicos. Por ello, utilizar un vídeo con fines didácticos contribuirá a lograr una mayor efectividad del aprendizaje.

Existen muchos vídeos que presentan la biografía de científicos, muestran algunas experiencias históricas, descubrimientos que han influido en la vida de las personas... El profesor en primer lugar, deberá preparar unas cuestiones para que los alumnos las cumplimenten durante la proyección del vídeo con el objetivo de hacer recapacitar al estudiante sobre fenómenos o hechos que le puedan ayudar en la comprensión de la película. Una vez cumplimentadas, el profesor hará una puesta en común o debate para comprobar que los alumnos las conocen y aclarar las posibles dudas (Repetto, 2007).

Otra alternativa a este tipo de didáctica son los vídeos educativos grabados por los profesores y sus alumnos sobre experiencias llevadas a cabo en clase que tratan de comprobar los experimentos que realizaron grandes científicos de la historia. En este caso los alumnos graban las experiencias y las comparten en blogs para que estén al alcance de sus compañeros y de otros estudiantes. Estas actividades generan un acercamiento de los adolescentes a la enseñanza de las ciencias a la vez que presenta una visión más humana y menos abstracta de los contenidos, pues ellos mismos son los que realizan los experimentos y, por otro lado, se consigue generar motivación, curiosidad e interés en las clases. Además, el proceso de realizar el vídeo tiene un gran valor didáctico ya que los alumnos tienen que prestar atención a todos los detalles, preparar la documentación necesaria, estudiar y analizar los experimentos que van a grabar...

### **7.2.8. Exposiciones realizadas por los alumnos**

Son experiencias innovadoras que consisten en la planificación, construcción y realización de una exposición científica interactiva a cargo de grupos de alumnos y profesores. Los resultados obtenidos indican un alto grado de implicación y motivación del alumnado y una incidencia positiva en la autoestima y desarrollo personal de los alumnos, ya que se convierten ellos

mismos en los protagonistas de la experiencia, lo que ayuda a fomentar una actitud positiva hacia el aprendizaje de las ciencias (Martínez y Repetto, 2005).

Se pueden realizar exposiciones para estudiar un determinado tema, para celebrar el aniversario de algún acontecimiento, desarrollar el contexto histórico, controversias o cambios de paradigmas de una época determinada... Una vez elegido el tema, se divide la clase en grupos y se asigna a cada uno un apartado del tema de trabajo, explicándoles cómo ha de hacerse el diseño de los murales o paneles de la exposición. El alumnado, después de documentarse, realiza los materiales y los presenta al profesorado y al resto de los compañeros. Una vez montada la exposición, los estudiantes llevarán a cabo la función de guías de los visitantes y atenderán al público.

Los objetivos a alcanzar con esta actividad serán (Repetto, 2007):

- Motivar al alumnado para el aprendizaje de las ciencias.
- Fomentar la creatividad y la autonomía.
- Ayudar al desarrollo de contenidos tanto actitudinales como procedimentales.
- Favorecer el trabajo en equipo y las relaciones interpersonales.
- Fomentar la utilización de las Tecnologías de la Información y la Comunicación.

#### **7.2.9. Enfoque CTS**

Es otra forma de utilizar la Historia de la Ciencia como recurso didáctico. La historia social de la ciencia no es otra cosa que las relaciones CTS a lo largo del tiempo y, por ello, son necesarias integrarlas en el modelo de enseñanza-aprendizaje.

Como hemos analizado en este trabajo, el aprendizaje de los conocimientos científicos no debe reducirse exclusivamente a su componente conceptual, sino que debe integrar los problemas asociados a los mismos y sus implicaciones sociales. Sólo de esta forma se evitará la desconexión que presentan los estudiantes entre la ciencia que se enseña y el mundo que les rodea.

Actividades propuestas <sup>9</sup>:

- *El impacto social de un convertidor: las máquinas eléctricas*
- *Seminario de Ciencia, tecnología, empresa y sociedad para el siglo XXI*

---

<sup>9</sup> Anexo 7

## 8. VALORACIÓN PERSONAL

El currículo de ciencias, tanto en la Educación Secundaria Obligatoria como en Bachillerato, ha de contribuir a la formación de una ciudadanía del siglo XXI informada y crítica, y por ello debe incluir aspectos de formación cultural y científica. La materia de Física y Química, y en general todas las de carácter científico han de favorecer, en consecuencia, la familiarización del alumno con la naturaleza y con las bases conceptuales de la ciencia y de la tecnología, con las características de la investigación científica y con su aplicación a la resolución de problemas concretos (método científico), y mostrar los usos aplicados de estas ciencias y sus consecuencias sociales que cada vez son mayores. Es difícil imaginar el mundo actual sin contar con las implicaciones que el conocimiento científico ha supuesto y está suponiendo en él. Una educación que integre la cultura humanística y la científica, una mayor presencia de la ciencia en los medios de comunicación, así como la participación activa de los investigadores en la divulgación de los conocimientos, se hacen cada día más necesarias.

Dada la elevada cifra de analfabetismo científico que existe en la actualidad, hemos visto como la perspectiva histórica podría paliar este problema. Ayuda a una mejor comprensión de las teorías y conceptos, favorece el concepto de ciencia como construcción del conocimiento y como actividad humana fomentando actitudes positivas hacia la materia científica.

La Historia de la Ciencia constituye, en definitiva, un recurso didáctico de gran valor. El estudio de determinados momentos históricos de la Física y la Química a través de actividades variadas como comentarios de textos, debates, entrevistas a célebres científicos etc., alejadas de la mera anécdota o descripción, promoverá la comprensión de qué es y cómo se construye el conocimiento científico. Para ello es importante, tener en cuenta las ideas previas y creencias del alumnado, plantear interrogantes y dirigir el aprendizaje para enfrentarlo con situaciones problemáticas y adquirir conocimientos científicos que permitan abordarlas y producir así un aprendizaje significativo.

La Historia de la Ciencia se puede utilizar en el aula de diferentes formas según la estructura o enfoque que decidamos adoptar para organizar los contenidos

científicos. La mayoría de los recursos son poco utilizados porque requieren una serie planificación por parte del profesor. Sin embargo, resultan muy motivadores para los alumnos y hacen que éstos participen de una forma activa en las clases. Para el adecuado diseño de estos materiales curriculares es muy importante la formación del profesorado, ya que se necesita una capacidad creativa e innovadora para prepararlos, y una gran vocación por la enseñanza de las ciencias y por su divulgación.

Tras el análisis de los libros de texto, que como dijimos era el recurso más utilizado en el aula por parte del profesor, se concluyó que la presencia de contenidos históricos en los mismos era prácticamente inexistente. La mayoría de los textos están orientados a la resolución mecánica de ejercicios sin enfocar las asignaturas como parte de la vida cotidiana de las personas, proporcionando una imagen de la ciencia muy alejada de la realidad. Sin embargo, a pesar de que está en la mano del profesor proponer un nuevo modelo de enseñanza basado en el aprendizaje significativo de los conceptos científicos y crear actividades y materiales didácticos de acuerdo a su criterio que complementen la labor del libro de texto, mientras no se modifiquen las pruebas de evaluación y se demande un cambio en la forma de enseñanza, no cambiarán los libros ni los contenidos de los exámenes oficiales como las pruebas de Selectividad.

Por ello, una consecuencia directa de este problema es que los alumnos se encuentran en dos mundos paralelos de conocimientos, uno para resolver los problemas académicos y otro en el que utilizan su propia experiencia para encontrar la solución de los problemas de su vida cotidiana.

Para concluir destacar que la Historia de las Ciencias presenta sombras que no deben ser ignoradas ya que han contribuido a la libertad de pensamiento y a la extensión del conocimiento humano. Por ello, es necesario una contextualización de la enseñanza de las ciencias para entender la evolución y los continuos cambios de la sociedad. La ciencia es uno de los grandes logros de la cultura humana y la enseñanza de la misma deberá transmitir dicho logro. Si esto se consigue, se podrá conseguir el inicio de unos principios para vencer la presente crisis social e intelectual de las ciencias.

## BIBLIOGRAFÍA

ACEVEDO, J.A. 1994. Los futuros profesores de enseñanza secundaria ante la sociología y la epistemología de las ciencias: un enfoque CTS. *Revista interuniversitaria de formación del profesorado*, 19, pp. 111-125. ISSN 0213-8646

ACEVEDO, J.A. 1997. Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS). Un enfoque innovador para la enseñanza de las ciencias. *Revista de Educación de la Universidad de Granada*, 10, pp. 269-275. ISSN 0214-0489

ACEVEDO, J.A. 2000. Algunas creencias sobre el conocimiento científico de los profesores de educación secundaria en formación inicial. *Revista de pedagogía*, 52(1), pp. 5-16. ISSN 0210-5934, ISSN-e 2340-6577

ACEVEDO, 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. ISSN-e 1697-011X

AIKENHEAD, G.S. 1985. Collective decision making in the social context of science, *Science Education*, 69(4), pp. 453- 475

ALONSO, T. 2013. *Diferentes modelos de evaluación a través del análisis de las Pruebas de Acceso a la Universidad de la asignatura de Física* (Trabajo Fin de Máster). Recuperado de: <http://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/2882/Tom%C3%A1s%20Alonso%20Lanza.pdf?sequence=1>

ANDRÉS, D.M.; ANTÓN, J.J.; BARRIO, J. 2002. *Física y Química 1º de Bachillerato*. Madrid: Editex. ISBN 84-7131-916-0

ARSUAGA, J.M.; GARZÓN, B.; MORENO, J.; ZABIAURRE, S. 2008. *Física y Química de 1º de Bachillerato*. Madrid: Anaya. ISBN 978-84-667-7307-2

BACHELARD, G. (1938). *La Formation de L'esprit scientifique*. 13ª Edición. Paris: Vrin.

BALLESTERO, M.; GÓMEZ DE AGÜERO, J. 2002. *Física y Química de 1º de Bachillerato*. Estella: Oxford University Press. ISBN 84-8104-548-9

BASARTE, J.F.; CANTOS, J.M.; GARCÍA, T.; GARCÍA-SERNA, J.R.; RODRÍGUEZ, J. 2008. *Materia de Física y Química de 1º de Bachillerato*. Barcelona: Edebé. ISBN 978-84-236-8590-5

BLANCO, C. (2 de agosto de 2007.) *Linus Pauling: Un científico excepcional* [Mensaje en un blog] Recuperado de: <http://blogs.periodistadigital.com/carlosblanco.php/2007/08/02/linus-pauling-un-cientifico-excepcional>

CAAMAÑO, A. 1988. Tendencias actuales en el currículo de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 6(3), 265-277. ISSN 0212-4521

CASTRO, E.; GÓMEZ, P.; LLAVONA, L. 2012. La historia de la ciencia como recursos didáctico en Física y Química desde un punto de vista constructivista. *Tiempo y sociedad*, 8, pp. 68-88. ISSN-e 1989-6883

Chamizo, J.A. 2010. *Introducción experimental a la Historia de la Química*. México: Universidad Nacional Autónoma de México. ISBN 978-607-02-1410-3

CONANT, J.B. 1957. *Harvard Case Histories in Experimental Science*. Cambridge: Harvard University Press.

CSIC.2014. *Hablan los científicos: Entrevista a José Pintado* [sitio web]. CSIC: Madrid. [Consulta el 7 de mayo de 2014]. Disponible en: [http://www.csic.es/web/guest/hablan-los-cientificos;jsessionid=560C99262F179C22E13C189B341B71ED?p\\_p\\_id=contentviewerservice\\_WAR\\_alfresco\\_packportlet&p\\_p\\_lifecycle=1&p\\_p\\_state=maximized&p\\_p\\_mode=view&p\\_p\\_col\\_id=column1&p\\_p\\_col\\_pos=2&p\\_p\\_col\\_count=3&contentviewerservice\\_WAR\\_alfresco\\_packportlet\\_struts\\_action=%2Fcontentviewer%2Fview&contentviewerservice\\_WAR\\_alfresco\\_packportlet\\_nodeRef=workspace%3A%2F%2FSpacesStore%2F3184c883-f63a-4899-a86a-92dcdbd289700&contentviewerservice\\_WAR\\_alfresco\\_packportlet\\_gsa\\_index=false&contentType=article](http://www.csic.es/web/guest/hablan-los-cientificos;jsessionid=560C99262F179C22E13C189B341B71ED?p_p_id=contentviewerservice_WAR_alfresco_packportlet&p_p_lifecycle=1&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&p_p_col_id=column1&p_p_col_pos=2&p_p_col_count=3&contentviewerservice_WAR_alfresco_packportlet_struts_action=%2Fcontentviewer%2Fview&contentviewerservice_WAR_alfresco_packportlet_nodeRef=workspace%3A%2F%2FSpacesStore%2F3184c883-f63a-4899-a86a-92dcdbd289700&contentviewerservice_WAR_alfresco_packportlet_gsa_index=false&contentType=article)

CSIC.2014. *Hablan los científicos: Entrevista a Santiago Merino* [sitio web]. CSIC: Madrid. [Consulta el 7 de mayo de 2014]. Disponible en:

[http://www.csic.es/web/guest/hablan-los-cientificos;jsessionid=560C99262F179C22E13C189B341B71ED?p\\_p\\_id=contentviewerservice\\_WAR\\_alfresco\\_packportlet&p\\_p\\_lifecycle=1&p\\_p\\_state=maximized&p\\_p\\_mode=view&p\\_p\\_col\\_id=column-1&p\\_p\\_col\\_pos=2&p\\_p\\_col\\_count=3&contentviewerservice\\_WAR\\_alfresco\\_packportlet\\_struts\\_action=%2Fcontentviewer%2Fview&contentviewerservice\\_WAR\\_alfresco\\_packportlet\\_nodeRef=workspace%3A%2F%2FSpacesStore%2F6e15e90f-a5d8-4a3f-a705-785b4906731e&contentviewerservice\\_WAR\\_alfresco\\_packportlet\\_gsa\\_index=false&contentType=article](http://www.csic.es/web/guest/hablan-los-cientificos;jsessionid=560C99262F179C22E13C189B341B71ED?p_p_id=contentviewerservice_WAR_alfresco_packportlet&p_p_lifecycle=1&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_pos=2&p_p_col_count=3&contentviewerservice_WAR_alfresco_packportlet_struts_action=%2Fcontentviewer%2Fview&contentviewerservice_WAR_alfresco_packportlet_nodeRef=workspace%3A%2F%2FSpacesStore%2F6e15e90f-a5d8-4a3f-a705-785b4906731e&contentviewerservice_WAR_alfresco_packportlet_gsa_index=false&contentType=article)

DALMAU, J.F.; PÉREZ, M.; SATOCA, J; TEJERINA, F.; TRAVER, M. 2008. *Física y Química de 1º de Bachillerato*. Madrid: Anaya. ISBN 84-667-1207-0

GENÉ, A. y GIL, D., 1987. Tres principios básicos en el diseño de la formación del profesorado, *Andecha Pedagógica*, 18, pp. 28-30.

Gil, D. 1991. ¿Qué hemos de saber y saber hacer los profesores de ciencias? *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 9(1), pp.69-77. ISSN 0212-4521

GIL, D. y PESSOA DE CARVALHO, A. M. 2000. Dificultades para la incorporación a la enseñanza de los hallazgos de la investigación e innovación en didáctica de las ciencias, *Educación Química*, 11(2), 250-257

GIL, D., 1983. Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias, *Enseñanza de las Ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 1 (1), pp. 26-33. ISSN 0212-4521

GIL, D.; CARRASCOSA, J.; FURIÓ, C.; MTNEZ-TORREGROSA, J. 1991. *La Enseñanza de las Ciencias en la Educación Secundaria*. ICE-HORSORI. Universidad de Barcelona, Barcelona

GOBIERNO DE CANARIAS. 2008. [sitio web]. *Bachillerato: Modalidad de Ciencias y Tecnología*. [Consulta el 3 de junio de 2014]. Disponible en: [http://www.gobiernodecanarias.org/educacion/udg/ord/documentos/curriculo08/bachillerato/FYQ\\_SGT.pdf](http://www.gobiernodecanarias.org/educacion/udg/ord/documentos/curriculo08/bachillerato/FYQ_SGT.pdf)

- GONZÁLEZ, M.A.; PRIETO, J.L.; HERNÁNDEZ, M.A. 2000. Un currículo para el estudio de la Historia de la Ciencia en secundaria (La experiencia del Seminario Orotava e Historia de la Ciencia). *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 18(1), pp. 105-112. ISSN 0212-4521
- GURIDI, V.; ARRIASSECQ, I. 2004. Historia y filosofía de la ciencia en la educación polimodal: propuesta para su incorporación en el aula. *Revista ciencia y educación*, 10(3), pp. 307-316
- HEWSON, P.W.; HEWSON, M. 1988. An appropriate conception of teaching science: a view from Studies of science leaning, *Science Education*, 72(5), pp. 597-614
- HODSON, D. (1992). In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education, *International Journal of Science Education*, 14(5), 541-566.
- HOFSTEIN, A., AIKENHEAD, G.; RIQUEARTS, K. 1988. Discussion over STS at the Fourth IOSTE Symposium. *International Journal of Science Education*, 10(4), pp.357-366.
- JENKINS, E., 1990. History of Science in Schools: Retrospect and Prospect in the UK, *International Journal of Science Education*, 12(3), pp. 274-281. Reprinted in Matthews, M.R. (ed.), 1991. *History Philosophy and Science Teaching: Selected Readings*. OISE Press, Toronto and Teachers College Press. Nueva York
- JIMÉNEZ, P.; OTERO, L. 1990. La ciencia como construcción social, *Cuadernos de Pedagogía*, 180, pp. 20-22.
- KLEIN, M. 1972. The Use and Abuse of Historical Teaching of Physics. En: S.G. BRUSH; A.L. KING (eds.), *History in Teaching of Physics*, Hanover, University Press of New England, 12-18.
- KÜHN, T. 2002. La estructura de las revoluciones científicas. *Revista de Filosofía de la Universidad de Costa Rica*, 40(101), pp.179-190. ISSN 0034-8552

LOMBARDI, O.L. 1997. La pertenencia de la historia en la enseñanza de las ciencias: argumentos y contraargumentos. *Enseñanza de las Ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, (15) 3, pp. 343-349. ISSN 0212-4521

MARTÍNEZ, F.; REPETTO, E. 2005. *Blas Cabrera Felipe: Biografías de Científicos Canarios (BCC)*. Las Palmas de Gran Canaria: Consejería de Educación, Cultura y Deportes del Gobierno de Canarias. I.S.B.N. 84-9772-784-3

MARTÍNEZ, F.; REPETTO, E. 2002. Utilización didáctica en la enseñanza de la física y química de bachillerato de la biografía y producción científica de investigadores eminentes. XX Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales. La Laguna, pp. 105-113

MARTÍNEZ, M.; MATO, C.; REPETTO, E. 1997. La historia de la ciencia en los currículos oficiales: implicaciones para la formación del profesorado. Universidad de las Palmas de Gran Canaria. Gran Canaria, España. Disponible en:  
<http://www.gobiernodecanarias.org/educacion/3/usrn/lentiscal/ficheros/pdf/CONGHCT.pdf>

MATTHEWS, M. R. 1994. Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual, *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), pp. 255-277. ISSN 0212-4521

MILLAR, R.; DRIVER, R. 1987. Beyond Processes, *Studies in Science Education*, 14, pp. 33-62

MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y CIENCIA. 2007. Real Decreto 1467/2007 por el que se establece la estructura del bachillerato y sus enseñanzas mínimas. *Boletín Oficial del Estado*, 6 de noviembre de 2007, 266.

MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y CIENCIA. 2007. Real Decreto 1631/2006 por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria. *Boletín Oficial del Estado*, 5 de enero de 2007, 5.

NAVARRO, V. 1983. La historia de las ciencias y la enseñanza. Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas, 1 (1), pp.50-53. ISSN 0212-4521

OSBORNE, J., COLLINS, S., RATCLIFFE, M., MILLAR, R.; DUSCHI, R. 2003. What "Ideas about Science" should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 692-720

OTERO, J. 1985. Assimilation problems in traditional representation of scientific knowledge. *European Journal of Science Education*, 7 (4), pp. 361-369

PAULING, L. (14 de septiembre de 1994). Cinco años decisivos de mi vida. *El País*. Recuperado de: [http://elpais.com/diario/1994/09/14/sociedad/779493613\\_850215.html](http://elpais.com/diario/1994/09/14/sociedad/779493613_850215.html)

PERALES, F.J. 2006. Uso (y abuso) de la imagen en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 24 (1), pp.13-30. ISSN 0212-4521

PIAGET, J. 1969. Psicología y Pedagogía. Barcelona: Ariel

REPETTO, E. 2007. La Historia de la Ciencia: su utilización como recurso didáctico. Universidad de las Palmas de Gran Canaria. Vicerrectorado de Ordenación Académica y Espacio Europeo de Educación Superior

SÁNCHEZ, J.M. 1988. Usos y abusos de la Historia de la Física en la enseñanza. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 6 (2), pp. 179-188. ISSN 0212-5421

SANMARTÍ, N. 1995. ¿Se debe enseñar lengua en las clases de ciencias? *Aula de Innovación Educativa*, 43, pp.5-11. ISSN 1131-995X

SANMARTÍ, N. 2000. *El diseño de unidades didácticas*. Didáctica de las ciencias experimentales: teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias/ coord. Por Francisco Javier Perales Palacios, Pedro Cañal de León, 9, pp.239-266. ISBN 84-268-1051-9

SHERRATT, W.J., 1982. History of Science in the Science Curriculum: An Historical Perspective. *School Science Review* 64, pp. 225-236,418-424.

SOLAZ, J.J. 2010. La naturaleza de la ciencia y los libros de texto de ciencias: una revisión. *Educación XXI: Revista de la Facultad de Educación*, 13 (1), pp. 65-80. ISSN 1139-613X

SOLBES, J.; 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. ISSN 0212-4521

SOLBES, J.; 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: revista de investigación y experiencias didácticas*, 14 (1), pp. 103-112. ISSN 0212-4521

SOLBES, J.; VILCHES, A., 1989. Interacciones Ciencia/Técnica/Sociedad: un instrumento de cambio actitudinal, *Enseñanza de las Ciencias*, 7(1), pp. 14-20. ISSN 0212-4521

SUTTON, C. 2003. Los profesores de Ciencias como profesores de lenguaje. *Enseñanza de las Ciencias*, 21, (1), pp. 21-27. ISSN 0212-4521

URONES, C. 1998. La introducción de la Historia de la Ciencia en la formación inicial de los maestros. *Revista de Pedagogía de la Universidad de Salamanca*, 10, pp.265-274. ISSN 0214-3402

WHITAKER, M.A.B. 1979. History and Quasi-History in Physics Education (Partes I y II). *Physics Education*, 14, pp.108-112; 239-242

## ANEXOS

### Anexo 1

Cuestionarios utilizados por Solbes y Travis en 1996:

Un Cuestionario (L) aplicado a diferentes libros de texto de los que se usan mayoritariamente en las aulas:

#### CUESTIONARIO «L» (Libros de texto)

- L1. ¿Aparecen biografías más o menos detalladas de científicos y científicas?
- L2. ¿Aparecen breves referencias marginales sobre aspectos biográficos o simples anécdotas'?
- L3. ¿Presentan el desarrollo histórico de algunos conceptos y teorías científicas?
- L4. ¿Aparecen citas textuales de autores científicos?
- L5. ¿Presentan la ciencia como obra sólo de grandes genios y no como obra colectiva de hombres y también de mujeres?
- L6. ¿Contienen errores implícitos de tipo empirista o inductivista?
- L7. ¿No muestran el carácter tentativo de toda investigación científica?
- L8. ¿Presentan un enfoque básicamente formalista destacando el desarrollo matemático y la aplicación de fórmulas?
- L9. ¿Presentan una visión únicamente acumulativa del desarrollo de la ciencia sin destacar la aparición de grandes crisis en los paradigmas científicos?
- L10. ¿Ofrecen una visión histórica y socialmente descontextualizada de los principales trabajos científicos?
- L11. ¿Proponen actividades explícitas de uso de la historia como trabajo para los alumnos y alumnas? ,

Dos cuestionarios a alumnos de BUP y COU (de 15 a 17 años):

El primer cuestionario (A) consiste en valorar de 0 a 10 su grado, de acuerdo con las afirmaciones siguientes:

#### CUESTIONARIO «A» (Alumnos)

- A1. El trabajo de los físicos y los químicos consiste en descubrir las leyes físicas ocultas en la naturaleza.
- A2. El método científico se puede esquematizar en el siguiente proceso: observación, experimentación, enunciación de leyes y teorías, comprobación de las leyes y teorías enunciadas.
- A3. A menudo los descubrimientos científicos se han producido por casualidad o azar.
- A4. Los conceptos y modelos científicos son fieles reflejos de la realidad.

- A5. El objetivo del trabajo científico es el establecimiento de relaciones matemáticas (leyes) entre magnitudes físicas.
- A6. El concepto de fuerza y las leyes de la dinámica fueron establecidas por Newton en su forma actual (o no han experimentado cambios desde que fueron establecidas por Newton hasta la actualidad).
- A7. Los conceptos o magnitudes que se utilizan en física y química son descubrimientos de cosas que ya existen en la naturaleza, no invenciones de los científicos.
- A8. El desarrollo de la ciencia a lo largo de la historia ha sido un proceso acumulativo de más y más conocimientos.

En un segundo cuestionario (B) se pide de forma explícita que se contesten los siguientes aspectos.

#### CUESTIONARIO «B» (Alumnos)

- B1. Indica brevemente las crisis que se han producido a lo largo de la historia en el desarrollo de las ciencias físicas.
- B2. Cita el nombre de al menos cinco científicos o científicas importantes (físicos-as, químicos-as, etc.) e indica cuál fue su principal contribución al desarrollo de las ciencias físico-químicas.
- B3. Indica quiénes son los autores o autoras de estas contribuciones al desarrollo de la ciencia: a) ley de los gases perfectos; b) inducción electromagnética; c) aislamiento del elemento radiactivo radio; d) primer modelo cuántico del átomo; e) modelo corpuscular clásico de la luz.
- B4. Cita brevemente qué repercusiones tuvieron en la sociedad en su momento histórico los siguientes desarrollos de las ciencias físico-químicas: a) modelo heliocéntrico del universo; b) inducción electromagnética; c) modelo nuclear del átomo; d) obtención de nuevos metales; e) síntesis de la urea.
- B5. Trata de formular los problemas que estuvieron en el origen de los conceptos o teorías indicadas: a) teoría de la combustión de Lavoisier; b) experiencia de Oersted; c) identificación de sustancias radiactivas; d) equivalencia entre calor y trabajo; e) modelo atómico de Bohr.

## Anexo 2

Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia y Sociedad (COCS), preparado para el proyecto PIAVOC (Acevedo, 1994):

### CUESTIONARIO DE OPINIONES SOBRE CIENCIA Y SOCIEDAD (COCS)

Datos personales:

Edad:..... Sexo:.....

Estudios cursados/Titulación:.....

Matriculado en (curso):.....

Centro:..... Localidad:.....

### INSTRUCCIONES PARA RELLENARLO

Este cuestionario tiene como finalidad conocer tu opinión sobre la naturaleza de la ciencia, sus implicaciones sociales, etc.

Indica tu grado de acuerdo o desacuerdo con cada uno de los enunciados marcando con una X uno de los números, sabiendo que el significado de éstos es el siguiente:

1. TOTALMENTE de acuerdo
2. BASTANTE de acuerdo
3. ALGO de acuerdo
4. ALGO en desacuerdo
5. BASTANTE en desacuerdo
6. TOTALMENTE en desacuerdo

Puedes aclarar o matizar tu respuesta en la columna OBSERVACIONES.

ENUNCIADO	ACUERDO/DESACUERDO	OBSERVACIONES
Todas las personas deberían adquirir una sólida formación en ciencia, porque los mayores problemas de este siglo y del futuro requieren o requerirán decisiones personales o públicas que tienen su origen en el conocimiento científico.	1 2 3 4 5 6	
Aunque muchos de los problemas que tiene la humanidad están relacionados con la ciencia y la tecnología, sus soluciones no serán posibles basándose principalmente en criterios científicos y tecnológicos	1 2 3 4 5 6	
Los gobiernos y las comunidades sociales deben subvencionar aquellas investigaciones científicas que interesen al país	1 2 3 4 5 6	
Los modelos teóricos elaborados por los científicos, por ejemplo los modelos atómicos o el del DNA, pretenden describir lo más exactamente posible la realidad	1 2 3 4 5 6	
Los mejores científicos son los que siguen en sus investigaciones las etapas del método científico más escrupulosamente.	1 2 3 4 5 6	
La sociedad debe poner medios para que la proporción de mujeres y hombres que se dedican a la ciencia sea aproximadamente igual, ya que actualmente hay una mayoría de científicos que son hombres.	1 2 3 4 5 6	
En general, los científicos son más objetivos e imparciales en sus investigaciones que la mayoría de los demás ciudadanos en sus trabajos.	1 2 3 4 5 6	
Es preferible que en el futuro la mayor parte de los ingenieros y tecnólogos continúen siendo hombres dadas las características peculiares de la técnica.	1 2 3 4 5 6	
La mayor parte de los científicos se preocupa actualmente por los efectos útiles o nocivos derivados de sus descubrimientos.	1 2 3 4 5 6	
La ciencia y la tecnología avanzarán más y mejor en un país si están más controladas por el gobierno y la sociedad.	1 2 3 4 5 6	
Cuando un científico discrepa con un tema	1 2 3 4 5 6	

relacionado con la ciencia o la tecnología suele hacerlo, generalmente, por motivos personales.		
Existen áreas científicas que son más adecuadas para las mujeres, por ejemplo la Biología. Por el contrario, otras como la Física son más apropiadas para los hombres.	1 2 3 4 5 6	
Los gobiernos y las comunidades sociales no deben decir a los científicos qué problemas deben investigar porque éstos son los que mejor pueden decidir lo que debe ser investigado.	1 2 3 4 5 6	
Los científicos no pueden responsabilizarse de los posibles daños que pudieran resultar de sus descubrimientos, ya que entonces la ciencia difícilmente podría progresar. Son los usuarios los responsables de los daños que se deriven del mal uso de la ciencia.	1 2 3 4 5 6	
Para mejorar el nivel de vida de un país es preferible invertir dinero en investigación tecnológica antes que en investigación científica.	1 2 3 4 5 6	
Los científicos tienen la obligación de informar al público de sus descubrimientos utilizando un lenguaje adecuado para que el ciudadano medio pueda comprenderles.	1 2 3 4 5 6	
Los contactos sociales de los científicos no influyen en su trabajo profesional, ni en el contenido del conocimiento científico de sus descubrimientos.	1 2 3 4 5 6	
Es probable que los científicos sean más objetivos e imparciales en otras actividades de su vida cotidiana por tener que serlo en su trabajo habitual.	1 2 3 4 5 6	
La política de un país tiene poca influencia sobre el trabajo de los científicos del mismo, porque sus preocupaciones investigadoras se encuentran, en general, al margen de la política.	1 2 3 4 5 6	
Cuando las investigaciones científicas son correctas el conocimiento que se deriva de ellas no cambia prácticamente en el futuro.	1 2 3 4 5 6	

## Anexo 3

### Utilización didáctica de las biografías de los científicos

#### **BIOGRAFÍA DE LINUS PAULING (1901-1995)**



“Químico estadounidense conocido por sus investigaciones sobre la estructura de las moléculas y el enlace químico. Pauling nació en Portland (Oregón) el 28 de febrero de 1901, y estudió en la universidad estatal de Oregón y en el Instituto Tecnológico de California (CalTech), donde se doctoró en 1925. Amplió estudios en Munich (con Arnold Sommerfeld); Copenhague (con Niels Bohr), Zurich (con Erwin Schrödinger) y Londres (con William Henry Bragg). Fue profesor en CalTech (1927), de la Universidad de California (1963) y la de Stanford (1969).

Comenzó a aplicar sus intuiciones en la física cuántica como profesor de química en Oregón, en donde realizó muchos de sus descubrimientos desde 1927 hasta 1964. Por medio de la invención de técnicas como las de los rayos X y la difracción del electrón, pudo calcular las distancias interatómicas y los ángulos entre los enlaces químicos. Pauling fue uno de los primeros en aplicar la Mecánica cuántica al estudio de los enlaces químicos, para explicar la estructura de las moléculas.

Durante la década de 1930, Pauling introdujo conceptos que ayudaron a revelar las fuerzas de enlace de las moléculas. En 1939 escribió la obra “La naturaleza del enlace químico”, dedicándosela a Lewis y ha sido de una influencia fundamental en el pensamiento científico desde su publicación. En la misma desarrolla junto con Slater la “teoría del enlace de valencia”, que trata de la formación del enlace covalente desde el punto de vista del apareamiento de los espines electrónicos y del máximo solapamiento de los orbitales atómicos. En dicha teoría utiliza los conceptos de resonancia y de hibridación de orbitales atómicos, para dar cuenta de la geometría de las moléculas.

Se le deben conceptos importantes como los orbitales híbridos, la valencia dirigida, los enlaces parcialmente iónicos, y los híbridos de resonancia. Pauling también aplicó sus teorías sobre el enlace en la investigación de la estructura atómica de las proteínas (incluyendo la hemoglobina) y descubrió que la deformidad de las células en la anemia falciforme, se produce por un defecto genético que influye en la producción de hemoglobina, siendo pionero en la determinación de causas moleculares en la aparición de algunas enfermedades. Por este trabajo y por sus investigaciones sobre los enlaces químicos, recibió en 1954 el Premio Nobel de Química.

Desde el final de la Segunda Guerra Mundial tras las explosiones nucleares en Hiroshima y Nagasaki en Agosto de 1945, y en los años siguientes de la “guerra fría” Pauling luchó firmemente contra las pruebas nucleares en todo el mundo, advirtiendo públicamente de los peligros biológicos de las precipitaciones radiactivas en la atmósfera, y presentó un escrito sobre este tema a las Naciones Unidas en 1958, firmado por más de 11.000 científicos, con el título: No more War!, en el que se declara convencido partidario de la paz y de que la

supervivencia de la civilización e incluso de la vida depende del desarme nuclear. En 1962 recibió el Premio Nobel de la Paz, siendo la segunda persona (con Marie Curie) que recibía dos premios Nobel y el único que lo obtuvo en ambas ocasiones individualmente.

Su firme actitud le produjo numerosos problemas durante los años 50, en la cruzada anticomunista y la “caza de brujas” del senador McCarthy, se le amenazó repetidas veces con el encarcelamiento, y se le llegó a retirar el pasaporte, que se le devolvió para que pudiese recibir el premio Nobel.

En 1972 recibió el premio Lenin de la Paz, por las autoridades soviéticas, por su contribución y su decidida lucha por la paz y el desarme mundial.

A lo largo de su carrera científica, Pauling siguió sus presentimientos creativos sin tener en cuenta las controversias que pudieran provocar. En 1970, por ejemplo, defendió el uso de grandes dosis de vitamina C para tratar el resfriado común, así como para detener el envejecimiento y prevenir el cáncer, una teoría que muy pocas autoridades médicas han respaldado.

Murió en 1995 en California. La medalla Linus Pauling ha sido creada en su honor para premiar trabajos excepcionales en la investigación química.” (Martínez y Repetto, 2002)

Después de leer la biografía del científico, completa la siguiente ficha (Repetto, 2007):

<b>BIOGRAFÍAS DE CIENTÍFICOS</b>	
Nombre del científico:	Fecha:
<b>INTRODUCCIÓN</b>	
<b>PERFIL BIOGRÁFICO</b> Cronología que recoja los principales aspectos de su vida y de su obra. Principales aportaciones realizadas	
<b>FORMACIÓN CIENTÍFICA</b> Principales influencias que recibió. Ideas dominantes de la Ciencia en la que se formó. Cuáles fueron sus maestros y marcos teóricos que existían en su época y que influyeron en su formación.	
<b>LA CIENCIA Y LA SOCIEDAD DE SU ÉPOCA</b> Contexto social y político que se vivía. Influencia de la sociedad de su época en los desarrollos científicos. Principales acontecimientos, ideas sociales y políticas de la sociedad de su época.	
<b>APORTACIONES A LA CIENCIA</b> Descubrimientos realizados y teorías elaboradas. Principales obras escritas por orden cronológico.	
<b>RELACIONES CON SUS CONTEMPORÁNEOS</b> Otros científicos o personas relevantes de la sociedad de su época.	
<b>APLICACIONES TECNOLÓGICAS E IMPLICACIONES SOCIALES DE LOS DESCUBRIMIENTOS CIENTÍFICOS</b> Establecer un paralelismo cronológico que señale las interrelaciones entre la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad.	
<b>BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA</b> Libros o artículos utilizados	

<b>TEXTOS PARA COMENTAR</b>
<p>Texto 1: "...Creo que el descubrimiento de la fisión controlada de núcleos atómicos y la liberación controlada de energía nuclear es el mayor hallazgo realizado desde que el hombre primitivo descubrió el uso controlado del fuego. Un solo kilo de material fisionable, como fuente de energía, equivale a más de dos millones de kilogramos de carbón. Si se tienen en cuenta la abundancia de material fisionable en la naturaleza, se comprende la promesa de energía nuclear que representa para el mundo del futuro, y la posibilidad de que contribuya grandemente al bienestar humano, si la civilización no es aniquilada antes por la guerra. No podemos quedar impasibles ante la posibilidad de que estos importantes descubrimientos científicos puedan ser utilizados para el sufrimiento y el exterminio de la humanidad. Nos debemos oponer a toda costa a la escalada de armamentos y al uso de la energía nuclear</p>

para fines bélicos... “

Linus Pauling(1950) Química General

Uno de los hombres más activos en la campaña contra las pruebas nucleares, y uno de los de mayor éxito en despertar la conciencia de la comunidad científica, fue Linus Pauling, laureado con el Premio Nobel de Química y de la Paz. En enero de 1958 Pauling entregó a Dag Hammärshjöld, Secretario General de Las Naciones Unidas, una petición firmada por 9.235 científicos (cantidad que luego superó los 11.000), correspondientes a 49 países. Entre los firmantes había muchos premiados con el Nobel. La petición era la siguiente:

Texto 2: “Nosotros, los científicos abajo firmantes, solicitamos que se realice ahora un acuerdo internacional para detener las pruebas con armas nucleares.

Cada ensayo de bomba nuclear difunde una carga adicional de elementos radioactivos sobre todo territorio del mundo. Cada suma adicional de radiación origina un daño a la salud de los seres humanos en el mundo entero y un daño al plasma humano que importa la reproducción, lo cual lleva al aumento en la cantidad de niños defectuosos que podrán nacer en futuras generaciones.

Mientras estas armas sólo se encuentren en poder de tres potencias será factible un acuerdo para llegar a su control. Si las pruebas continúan, y si la posesión de estas armas se extiende a otros gobiernos, aumentará considerablemente el peligro de que estalle una catastrófica guerra nuclear, por la acción irreflexiva de algún líder nacional irresponsable.

Un acuerdo internacional, que detenga ahora las pruebas de bombas nucleares, podrá servir como primer paso hacia un desarme más amplio y hacia la efectiva y final abolición de las armas nucleares. Terminar los experimentos con las bombas nucleares será como los primeros rayos de sol de la esperanza en que confía la sufriente humanidad.”

(1958) Siguen 11.000 firmas de eminentes científicos de 49 países

PAULING, L (1958). The Scientists´ Petition to the United Nations, in No More War, Londres, Gollanez. pp. 160

Guía de actividades a los textos propuestos (Martínez y Repetto, 2002):

1. ¿Cómo se puede obtener grandes cantidades de energía del núcleo atómico?
2. ¿Crees que la Ciencia es neutral? ¿Se deben limitar los avances científicos?
3. ¿Es responsable el científico de la inadecuada utilización de sus descubrimientos?
4. Elabora un resumen biográfico de Linus Pauling en el que se destaquen los aspectos históricos, sociales, políticos y culturales de la sociedad de su época.
5. Realiza una pequeña investigación en la que relaciones científicos agrupaciones de científicos y organizaciones internacionales que hayan destacado o actualmente destaquen en la lucha por la paz y el desarme.

6. Comenta la frase: " Si quieres la paz prepárate para la guerra"
7. ¿Crees necesaria la inversión de enormes presupuestos para fines militares?
8. Señala las aplicaciones que conozcas de las reacciones nucleares.
9. Explica las diferencias entre la fusión y la fisión nuclear ¿Cómo se produce tan elevada cantidad de energía en estos procesos?
10. Las centrales nucleares, ¿son necesarias?, ¿cómo funcionan?, ¿son seguras?
11. Valora críticamente sopesando aspectos positivos y negativos, el papel jugado por la ciencia en la historia de la humanidad?
12. ¿Quiénes deben decidir en materia de inversiones y en fijar los temas y las prioridades en la investigación científica?
13. ¿Deben existir temas cuyo conocimiento científico sea declarado secreto y materia reservada? En su caso ¿cuáles? ¿por qué?

### **Ejemplificación**

Se muestra una ejemplificación del estudio biográfico de un científico para que sirva de pauta para su generalización al estudio de la vida y obra de otro cualquiera que nos interese conocer. Al final se presenta una actividad con un texto original del mismo (Repetto, 2007)

#### **Aspectos biográficos de Arquímedes (287-212 A DE C.)**

Al tratar la biografía de Arquímedes pretendemos, además de conocer los rasgos humanos de este científico y sus aportaciones a la ciencia, estudiar las características clave del desarrollo de la ciencia en el período alejandrino, en el que destaca la figura de Arquímedes como prototipo del hombre de ciencia al estilo moderno y cuyo método deductivo utilizado en la del redescubrimiento de las ideas científicas griegas a lo largo de los siglos XII a XVI.

Asimismo, los avances científicos logrados por Arquímedes se prestan para evidenciar y comprender el proceso interdisciplinario por el que crece la ciencia y sus implicaciones tecnológicas.

#### **1. Perfil biográfico**

Arquímedes, matemático e ingeniero griego. Nació en Siracusa en el año 287 a. C. y vivió hasta los 75 años (falleció en el año 212 a. C.). Fue el científico y matemático más importante de la edad antigua. Estudió en Alejandría, su profesor había sido alumno de Euclides. Volvió a Siracusa, pues era un

aristócrata pariente del rey Aarón II de Siracusa. En torno a él se han forjado muchas historias que se han hecho famosas.

Una de tales historias es la relacionada con el rey Hierón, quien se cree que le encargó a Arquímedes que determinara, sin dañarla, si una corona que acababa de recibir de su joyero era de oro puro, como debía ser, o si contenía una mezcla de plata. Se cuenta que un día, encontrándose en los baños públicos, al meterse en el agua y ver como el agua se desbordaba, se le ocurrió que el volumen de agua desbordada era igual al volumen de su cuerpo sumergido, con lo que podía determinar el volumen de la corona y compararlo con el volumen de un mismo peso de oro. Si ambos volúmenes eran iguales, la corona sería de oro puro. Si la corona tenía una mezcla de plata (que es más pesada que el oro), tendría un volumen mayor. Se cuenta que absorto y excitado por su descubrimiento, Arquímedes saltó del baño y corrió desnudo por las calles de Siracusa, gritando ¡Eureka!, ¡Eureka!, ¡Lo encontré!. La historia concluyó con el ajusticiamiento del fraudulento joyero, por descubrirse que la corona tenía mezcla de plata.

Arquímedes estudió y propuso con detalle el principio de la palanca. Demostró que un peso ligero a gran distancia del apoyo de la palanca levantaría un gran peso colocado cerca de dicho apoyo, manteniéndose una relación inversa entre pesos y distancias al apoyo. Destacó también por un tratado famoso en el que calculaba los gramos de arena que hacían falta para llenar el universo, «El Arenario» o «el contador de arenas». Demostraba así que nada de lo existente era demasiado grande para no poder ser medido, o sea que nada finito podía ser infinito. Utilizó un sistema para poder expresar números grandes, muy parecido al actual sistema exponencial.

Según se cree murió a manos de un soldado romano durante la conquista de Siracusa (212 a. C.).

## 2. Formación científica

Se le considera un mecánico de gran habilidad. Según Cicerone construyó un planetario, es decir un modelo del sol, la luna, la tierra y los planetas, que reproducía los movimientos un aparato para medir el ángulo subtendido por el sol en la tierra. Dicho instrumento estaba formado por un disco que se

deslizaba por una regla con la que formaba un ángulo recto. Al amanecer, cuando se puede mirar el sol directamente, movía el disco a lo largo de la regla hasta que cubriera exactamente el círculo solar, momento en que la relación entre el diámetro del disco y su distancia al ojo por la regla daba el ángulo subtendido por el sol.

### 3. La ciencia y la sociedad de su época

Arquímedes se encuentra encuadrado dentro del florecimiento de la ciencia griega en el periodo alejandrino. (Hemos de recordar que a finales del siglo IV, o principios de siglo III a C. el centro de gravedad intelectual del mundo se desplazó desde Atenas hacia Alejandría fundada por Alejandro Magno en el 332). En este periodo la ciencia griega adquiere un enfoque empírico y práctico al combinar la observación con la teoría, y como consecuencia surge un importante grupo de ingenieros ilustrados. Arquímedes fue el más notable de los griegos que combinó la ingeniería con la ciencia.

El espíritu de la civilización griega en Alejandría es más moderno, al igual que en otros países helenizados. Los hombres de ciencia de Alejandría siguiendo la dirección de Aristarco de Samos y de Arquímedes de Siracusa, emprendieron investigaciones especializadas y limitadas con lo que lograron adelantos científicos definidos.

A mediados del siglo III se fundó en Alejandría el famoso Museo. Contaba con cuatro secciones: literatura, matemáticas, astronomía y música, que funcionaban a manera de instituto de investigación al mismo tiempo que como escuelas y tenían a su disposición la mayor biblioteca del mundo antiguo con un total de 400.000 volúmenes. El obispo cristiano Teófilo destruyó hacia el 390 una parte de la biblioteca. Durante varios siglos la biblioteca de Alejandría constituyó una de las maravillas del mundo y su destrucción significó uno de los mayores desastres culturales de la historia.

En esta época se intenta dar una explicación racional del funcionamiento de las máquinas y de otros descubrimientos e inventos de épocas anteriores, lo que hizo posible generalizar y extender su uso.

Entre las figuras destacadas de la escuela de Alejandría figura el geómetra Euclides, cuyos razonamientos deductivos influyeron en la obra de Arquímedes. Éste presenta el conocimiento científico como un sistema deductivo de teorema derivados de proposiciones evidentes por sí mismas. Sin embargo, parece posible que obtuviese antes sus resultados experimentalmente, deduciéndolos luego de axiomas postulados, ya que cuenta en su obra *Del Método* que realizaba experimentos mentales en la investigación de áreas y volúmenes.

#### 4. Aportaciones a la Ciencia

La mecánica y la hidrostática, cuyos orígenes hay que buscarlos más en las artes prácticas que en las teorías filosóficas griegas experimentaron un gran avance con Arquímedes. Su desarrollo se fundamentó en la combinación de la observación con los métodos deductivos procedentes de la geometría integrando Arquímedes, de forma maestra, las matemáticas con la investigación experimental. Así se abordan problemas precisos, concretos y limitados y se proponen, por otro lado hipótesis con el único objeto de deducir primero sus consecuencias lógicas y comprobarlas después con la observación o la experimentación.

En física aporta el principio de flotación y las densidades relativas, que son otra muestra de la naturaleza práctica de sus investigaciones. Hasta la época de Arquímedes, los griegos habían considerado que el peso de un cuerpo era proporcional a su volumen. El demostró que no era así, siendo algunos cuerpos más densos que otros.

Los hombres de ciencia anteriores a Arquímedes, incluido Aristóteles no tenían una concepción clara de la densidad ni del peso específico, y no podían establecer que lo que determina la caída o el flotar de los cuerpos, es su peso relativo por unidad y volumen comparado con el del Medio Ambiente.

Inventó el “tornillo de Arquímedes” para elevar el agua, que aún se utiliza en Egipto.

Desarrolló un método para deducir Pi, la razón entre la circunferencia de un círculo y su diámetro. La razón entre el perímetro de un polígono regular y la

distancia del centro a un vértice, era fácil de averiguar considerando a los polígonos inscritos y circunscritos en un círculo dado, mostraba que Pi se podía obtener con el grado de precisión deseado.

También estudió el principio teórico de la palanca cuya utilización práctica aparece citada en la escrituras de Asiria y Egipto, aproximadamente dos mil años antes de Arquímedes.

Dedujo la ley de la palanca de ciertos axiomas que él consideraba evidentes o de ciertas proposiciones que podían comprobarse con sencillos experimentos, estos eran:

- 1) que pesos iguales colocados a iguales distancias del punto de apoyo se equilibran y,
- 2) que pesos iguales colocados a iguales distancias no se equilibran y que el que está a mayor distancia cae.

En estos axiomas encontramos ya implícitamente el principio de la balanza o del centro de gravedad que es equivalente al de la balanza. El hecho de que el coordinar la ley de la balanza con otras explicaciones que parecían más sencillas, representó un adelanto. Estas son las características de la mayor parte de las explicaciones científicas. Es decir, que por lo general, se reducen básicamente al describir nuevos fenómenos en términos de otros que nos resultan más familiares a la mente.

El ámbito de estudio de Arquímedes los constituyó fundamentalmente la geometría pura. Desde su punto de vista, su mayor logro lo constituyó el descubrimiento de la relación entre el volumen de un cilindro y el de la esfera inscrita. En cambio consideró como simples entretenimientos a parte de la geometría la construcción de ciertos mecanismos que le hicieron famoso, como el tornillo hidráulico, el espejo para quemar, la polea compuesta, etc.

Las características de las obras y razonamientos hechos por Arquímedes hacen que se le catalogue como un filósofo con mentalidad moderna. Sus escritos se reducen casi todos a describir sus propios descubrimientos; éstos estuvieron a punto de perderse, y fueron buscados insistentemente en el Renacimiento por Leonardo de Vinci que los consideraba, como los escritos

antiguos, que reflejaban un razonamiento más asociado con la mentalidad moderna. Arquímedes, geómetra y experimentador simboliza, pues el prototipo griego de los maestros de las ciencias físicas modernas, y no Aristóteles, el filósofo enciclopédico. En efecto, entre los escritores antiguos de los tiempos clásicos, es al que se le reconoce poseer en más alto grado el verdadero espíritu científico.

#### 5. Relaciones con sus contemporáneos

Vamos a citar únicamente dos ejemplos significativos como son Aristarco y Eratóstenes. Arquímedes intercambiaba ideas con estos hombres de ciencia, como lo muestran, en el caso de Eratóstenes las comunicaciones escritas que se establecían entre ellos y en las que daba a conocer sus especulaciones en geometría.

Aristarco vivió entre 310 a 230 a.C., algo más viejo que Arquímedes, se conservó su obra “Sobre las dimensiones y distancias del Sol y de la Luna”. Para tratar el problema aplicó una geometría sumamente acertada. Consideró primero los fenómenos que se observan en un eclipse de luna y luego los que se advierten cuando la luna está a mitad de su plenitud, llegó a la conclusión de que la razón entre el diámetro del sol y el de la tierra tiene que ser alrededor de 7: 1. Aunque esta cifra era demasiado pequeña el principio de su investigación era correcto. La sola observación de que el sol era mayor que el tamaño de la Tierra representaba un notable adelanto.

Según Arquímedes, Aristarco, propuso la hipótesis que *las estrellas fijas y el sol permanecen quietas, que la tierra gira alrededor del sol siguiendo la circunferencia de un círculo, y que el sol ocupa el centro de la órbita*. Debemos considerar que esta concepción heliocéntrica del Cosmos, era muy avanzada para su época, de forma que no pudo gozar del consentimiento general. Una vez más el “sentido común”, reforzado por el de la “autoridad”, influían demasiado como para que se aceptara la revolucionaria concepción de Aristarco; así se seguía creyendo que la tierra ocupaba el centro del universo, concebida bien como un globo flotante, en torno al cual giraba el cielo; o bien considerada como una masa sólida, sin fondo, fija y estable; tal como la aprecian los sentidos.

*Eratóstenes*, que nació en Cierene (273 a.C.) y murió en Alejandría (192 a. C.) se encuadra en el grupo de hombres brillantes contemporáneos de Arquímedes, aunque algo más jóvenes. Fue bibliotecario del museo y el primer gran geógrafo físico. Sostuvo que la tierra era redonda y calculó su circunferencia midiendo por separado las latitudes y distancia de Siene y Meroe, que estaban comprendidas casi bajo el mismo meridiano. Los resultados de sus medidas fueron unas 24.000 millas. Como valor de la distancia al sol dio unos 92 millones de millas. Estas medidas son de una aproximación sorprendente si se comparan con los cálculos modernos. Observando el período de las mareas de los océanos Índico y Atlántico dedujo que debían estar comunicados. Posiblemente, fue él quien estableció conjeturas acerca de que el Atlántico podía estar dividido por un continente que lo cortase de Norte a Sur, que inspiró la profecía de Séneca sobre el descubrimiento de un nuevo mundo.

#### 6. Aplicaciones tecnológicas e implicaciones sociales de sus aportaciones científicas

Arquímedes al estudiar el principio de la palanca fundó la ciencia de la Estática y desarrolló las nociones de centro de gravedad. Cuando sus obras fueron traducidas al latín, en 1544, Galileo se inspiró en ellas para darle un nuevo impulso a dichos temas.

Respecto a la palanca dijo Arquímedes: *Dame un punto de apoyo y moveré el mundo (Contando con una palanca 10 suficientemente larga y resistente)*. Cuentan que Herón puso en duda esta afirmación y lo desafió a mover un gran peso; Arquímedes montó todo un sistema de palancas y sentado cómodamente, hizo entrar con una sola mano un barco totalmente cargado desde el puerto a la orilla. Arquímedes desafió la tradición del arte por el arte, impulsada por Platón, y se dedicó a otros intereses más prácticos. Así, inventó un cilindro helicoidal hueco que al girar alrededor de su eje servía de bomba para sacar agua, llamado «tornillo de Arquímedes». También se le asocia al invento de un planetario en el que se podía reproducir el movimiento de los cuerpos celestes.

Sus ingenios mecánicos aplicados a las máquinas de guerra permitieron evitar los ataques de los romanos durante varios años. Se cuenta que cuando los romanos intentaron conquistar Siracusa con una flota mandada por el general Marcelo, grúas mecánicas levantaban y volcaron sus barcos y grandísimas lentes, proyectaban rayos solares que quemaban los barcos invasores; detrás de toda la estrategia estaba el genio de Arquímedes.

Esto ha sido convertido en leyenda por Plutarco, historiador a través del cual conocemos la historia de aquellos tiempos.

### Actividad

Antes de leer el texto siguiente, tomado del escrito de Arquímedes, *El Arenario* o *El Contador de arenas* conteste a las siguientes cuestiones:

1. ¿Crees que el número de granos de arena que hay en el mundo es infinitamente grande?
2. ¿Quién crees que está inmóvil, la tierra o el sol?

Las cuestiones anteriores son algunas de las que se pueden plantear a los estudiantes sobre la lectura del texto.

#### EL CONTADOR DE ARENAS

... Algunos sostienen, ¡oh, rey Gelón!, que el número de granos de arena es infinitamente grande, refiriéndose no sólo a la arena de los alrededores de Siracusa y del resto de Sicilia, sino a la que se encuentra en todos los demás países habitados o inhabitados. Otros en cambio sostienen que ese número no es infinito, pero que no sería enunciar un número tan grande que superara esa enorme cantidad de granos de arena.

Por tanto, los que así piensan, si se representara un volumen de arena igual al volumen de la tierra, suponiendo todos los mares y todos los valles de la tierra llenos aún menos posible que se pudiera expresar un número tal que superara tal cantidad de granos de arena.

Ahora bien, trataré de mostrarles, mediante demostraciones geométricas cuyos raciocinios podrás seguir, que ciertos números... superan no solo al número de granos de arena cuyo volumen fuera igual al de la tierra de la manera que te he dicho, sino aún el número de granos de arena cuyo volumen fuera igual al del mundo.

Recordarás que “el mundo” es el nombre con que la mayoría de los astrónomos designan a la esfera cuyo centro es el de la tierra y cuyo radio es la recta entre el centro del sol y el centro de la tierra, pues bien, Aristarco de Samos ha emitido ciertas hipótesis cuyos argumentos permitirían suponer que el mundo es mucho mayor que el considerado hasta ahora. En efecto,

el supone que las estrellas fijas y el sol se mantienen inmóviles y que la tierra gira sobre una circunferencia alrededor del sol que está situado en el centro de la órbita de la tierra, y finalmente que la esfera de las estrellas fijas que también tienen por centro al sol, es tal que la circunferencia sobre la cual gira la tierra, guarda con la distancia a las estrellas fijas la misma proporción que el centro de la esfera a su superficie. Pues es claro que esto es imposible, pues como el centro de la esfera no tiene magnitud alguna, no puede admitirse que tenga ninguna razón con la superficie de la esfera. Puede, sin embargo, admitirse que Aristarco imaginara que si consideráramos la tierra, como lo es, el centro del mundo, la razón que la tierra guarda con lo que llamamos “el mundo” es la misma que la de la esfera sobre la que se supone que gira la tierra, con la esfera de las estrellas fijas. Es, en efecto, de una hipótesis semejante que hace depender sus demostraciones en las que parece admitir que la esfera sobre la cual se mueve la tierra es igual a la que nosotros llamamos mundo.

## Anexo 4

### Comentarios de textos científicos e históricos

Como ejemplo se presenta un comentario a realizar sobre un documento de Lavoisier (Repetto, 2007):

LAVOISIER Y LOS ELEMENTOS QUÍMICOS
<p>Hasta ahora se conocen 108 elementos diferentes, algunos muy frecuentes y otros extremadamente raros. De ellos, 15 no son naturales, sino que se han producido artificialmente. Lavoisier (1743-1794) considerado el padre de la Química moderna, escribe en 1789 su obra <i>Tratado elemental de la Química</i> en el que define los elementos como los últimos resultados de un análisis. En su tabla de elementos aparecen los 30 siguientes:</p> <p>luz , arsénico, calor, bismuto, cobalto, cobre, estaño, oxígeno, azoe (nitrógeno), hidrógeno, azufre, fósforo, carbono, tungsteno (wolframio), manganeso, mercurio, molibdeno, antimonio, níquel, oro, platino, plomo, hierro, magnesita, plata, zinc, cal, barita, alúmina, sílice.</p> <p>Lavoisier dio la siguiente explicación de su tabla de elementos:</p> <p>Sobre la tabla de las sustancias simples o, al menos de aquellas que el estado actual de nuestros conocimientos nos obligan a considerar como tales, no podemos asegurar que lo que consideramos hoy como simple lo sea realmente; lo más que podemos decir es que tal sustancia es el término actual a donde llega el análisis químico, y que no puede subdividirse más allá, según el estado actual de nuestros conocimientos. Como hasta ahora no se han descubierto los medios para descomponerlos, actúan para nuestros efectos como sustancias simples y no podemos suponer que sean compuestos hasta que la experimentación y la observación lo hayan demostrado. Sabemos que las sustancias puras tienen una composición y propiedades uniformes y constantes que le son características, lo que las diferencia de las mezclas, pero ¿cómo se clasifican las sustancias químicas?: las sustancias que se pueden descomponer o que pueden ser sintetizadas a partir de otras más sencillas se denominan compuestos. En cambio las sustancias que no pueden descomponerse por ningún procedimiento, ni ser sintetizadas a partir de otras más sencillas se denominan elementos.</p>
<p>Lavoisier A. L. (1798). <i>Tratado elemental de Química</i>. Madrid: Alfabeta (1982). Parte II, pp 168-171. Tabla de sustancias simples.</p>

Responder a las siguientes cuestiones:

1. Lee detenidamente el documento.
2. Estudia y anota el significado de los términos o expresiones que no conozca.
3. Realiza un resumen del texto, señalando las ideas principales.
4. Pon un título adecuado al texto.

5. Realiza un comentario personal sobre el mismo. Propósito del autor. Claridad de la exposición.
6. Notas biográficas de Lavoisier. Características de la sociedad de su tiempo. Señala la importancia de su obra, sus principales aportaciones a la ciencia y la influencia que ejerció sobre la sociedad de su época.
7. Nombra tres elementos químicos que no sean naturales.
8. En su tabla de elementos químicos, Lavoisier incluye dos elementos que dejaron de considerarse más tarde como materia. ¿De qué dos elementos se trata?
9. Di que cinco elementos de la tabla de Lavoisier se conocen hoy como compuestos, escribe los elementos de cada uno de ellos. ¿Por qué crees que los incluyó Lavoisier?
10. Realiza un informe señalando la influencia que tuvo la Revolución Francesa en el desarrollo de la Ciencia en la sociedad de su tiempo, señalando los principales científicos de la época y sus aportaciones.
11. Rellena la ficha “Análisis de documento histórico”.

<b>ANÁLISIS DE UN DOCUMENTO HISTÓRICO</b>	
Autor	
Título	
Año	
Publicación	
Editorial	
Resumen (ideas principales)	

**PRINCIPALES ACONTECIMIENTOS EN LA ÉPOCA DE LAVOISIER (1743-1794)**

<b>SOCIEDAD Y CULTURA</b>	<b>CIENCIA Y TECNOLOGÍA</b>
<p><b>1738:</b> Revueltas obreras en Inglaterra Meridional.</p> <p><b>1742:</b> Händel. “El Messias”.</p> <p><b>1746:</b> Fernando VI rey de España.</p> <p><b>1748:</b> Voltaire “La Ilustración”.</p> <p><b>1751:</b> Primer volumen de la “Enciclopedia metódica”.</p> <p><b>1756:</b> Iniciación de la guerra de los Siete Años”</p> <p><b>1762:</b> Catalina II sube al trono de Rusia. Rousseau publica “El contrato Social y “El Emilio”.</p> <p><b>1763:</b> Fin de la guerra de los Siete Años. Expansión del Imperio Colonial Inglés.</p> <p><b>1767:</b> Jesuitas expulsados de España.</p> <p><b>1770:</b> Conflicto Anglo-Español por las Islas Malvinas.</p> <p>Inicio de la Revolución Industrial en Inglaterra.</p> <p><b>1774:</b> Sube al trono de Francia Luis XVI. Comienza la guerra de la Independencia de los Estados Unidos de América.</p> <p><b>1776:</b> Independencia de los Estados Unidos de América.</p> <p>Primer Sindicato Obrero en Inglaterra.</p> <p><b>1781:</b> Kant “Crítica de la razón pura”.</p> <p><b>1783:</b> Paz de Versalles.</p> <p><b>1787:</b> Se redacta la Constitución de los Estados Unidos.</p> <p><b>1788:</b> Kant “Crítica de la razón práctica”.</p> <p>Carlos IV, rey de España.</p> <p><b>1789:</b> Comienzo de la Revolución Francesa. “Toma de la Bastilla”.</p> <p>“Declaración de los Derechos Humanos”.</p> <p>Washington primer presidente de EE.UU.</p> <p><b>1790:</b> Creación de la Comisión de Pesas y medidas en Francia.</p> <p><b>1792:</b> Proclamación de la República Francesa. Luis XVI es guillotinado.</p> <p><b>1794:</b> Lavoisier es guillotinado.</p> <p><b>1796:</b> Campaña de Napoleón en Italia.</p>	<p><b>1733:</b> Du Fay descubre dos clases de electricidad.</p> <p><b>1735:</b> Linneo “Systema Naturae”. Clasificación de los seres vivos.</p> <p><b>1736:</b> Expedición a Laponia de Maupertuis y Clairaut para probar y medir el achatamiento terrestre.</p> <p>“Traité de mecanique”. Primer tratado analítico y</p> <p><b>1733:</b> Du Fay descubre dos clases de electricidad.</p> <p><b>1735:</b> Linneo “Systema Naturae”. Clasificación de los seres vivos.</p> <p><b>1736:</b> Expedición a Laponia de Maupertuis y Clairaut para probar y medir el achatamiento terrestre.</p> <p>“Traité de mecanique”. Primer tratado analítico y racional de la mecánica.<b>1734:</b> Hume “Tratado sobre la naturaleza humana”.</p> <p><b>1738:</b> Bernoulli “Hydrodynamique”. Teoría Cinética de los gases y Principios de hidrodinámica.</p> <p><b>1742:</b> Celsius. Termómetro Centígrado.</p> <p><b>1743:</b> D’Alembert “Traité de dynamique”. Primera sistematización de la mecánica.</p> <p><b>1749:</b> Buffon. Primer tomo de su “Historia Natural”.</p> <p><b>1752:</b> Franklin. Demostración de la naturaleza eléctrica del rayo. Pararrayos.</p> <p><b>1756:</b> Black. Teoría del calor latente. Calorímetro. Obtención del CO<sub>2</sub>.</p> <p><b>1757:</b> Euler. Cuadraturas. Ecuaciones diferenciales. Principios generales del movimiento de fluidos.</p> <p><b>1762:</b> Lagrange. Cálculo de variaciones. Ensayos de determinación de máximos y mínimos.</p> <p><b>1766:</b> Cavendish descubre el Hidrógeno.</p> <p><b>1769:</b> Watt patenta la nueva máquina de vapor.</p> <p><b>1772:</b> Cavendish. Experiencias eléctricas.</p> <p><b>1774:</b> Priestley. “Observaciones de diferentes clases de aire”. Descubrimiento del O<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>.</p> <p><b>1774:</b> Scheele descubre el cloro.</p> <p><b>1775:</b> Volta inventa el electróforo (acumulador carga).</p> <p><b>1777:</b> Scheele “Tratado del aire y el fuego”</p> <p><b>1780:</b> Laplace-Lavoisier. “Memorias sobre el calor”. Surge la Termodinámica. Teoría de la combustión.</p> <p><b>1781:</b> Herschel. Descubrimiento de Urano.</p> <p><b>1783:</b> Cavendish descubre la composición del agua y la sintetiza.</p> <p><b>1785:</b> Coulomb. Leyes de la electrostática.</p> <p><b>1787:</b> Galvani descubre la electricidad animal. Lavoisier publica “Métodos de nomenclatura Química”.</p> <p><b>1789:</b> Laplace publica su “Mecánica analítica”.</p> <p>Lavoisier clasifica los elementos químicos y publica su “Tratado elemental de Química”.</p> <p><b>1790:</b> Comienzo de la producción industrial de sustancias.</p> <p>Método Leblanc de obtención de hidróxido sódico y carbonato sódico a partir de sal común.</p> <p><b>1796:</b> Laplace publica “Exposición del sistema del</p>

	<p>mundo”.</p> <p>Jenner descubre la vacuna contra la viruela.</p>
--	--

<b>ASPECTOS BIOGRÁFICOS DE ANTOINE LAURENT LAVOISIER</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Químico Francés. Nace en París el 26 de Agosto de 1743.</li> <li>- En 1760 diseña un método para mejorar la iluminación de las ciudades.</li> <li>- En 1764 realiza una Investigación sobre la composición del yeso, obteniendo su Licenciatura en Ciencias.</li> <li>- En 1766 se le concedió la medalla de oro de la Academia por su trabajo en un nuevo sistema de iluminación pública.</li> <li>- En 1768, entra al servicio del Estado como administrativo en la “Ferme générale”, institución privada al servicio del gobierno para recaudar impuestos.</li> <li>- En 1768, ingresa en la Academia de Ciencias Francesa.</li> <li>- En 1771 se casó con Marie-Anne Paulze aristocrata y lingüista competente, que fue su traductora del inglés y gran colaboradora.</li> <li>- En 1772 tras numerosas experiencias quemando sustancias, demuestra que los óxidos son combinaciones de los metales con el aire estableciendo la naturaleza de la oxidación y la teoría de la combustión, acabando con la teoría del flogisto y sentando las bases de la nueva química.</li> <li>- En 1778 es nombrado miembro retribuido de la Academia de Ciencias.</li> <li>- En 1780 es nombrado jefe de la sección del sistema de recaudación de impuestos rurales.</li> <li>- En 1787 escribe “Métodos de nomenclatura química”, estableciendo las bases para nombrar compuestos de acuerdo con los elementos que contienen, base de la nomenclatura actual.</li> <li>- En 1788 es elegido miembro de la Royal Society inglesa.</li> <li>- En 1789 publicó su “Tratado elemental de Química”, primer texto moderno de química.</li> <li>- En 1789 fue miembro de la comisión planificadora del sistema métrico decimal.</li> <li>- El 8 de mayo de 1794, acusado de conspiración, es guillotinado.</li> </ul>

## Anexo 5

### Entrevistas a científicos

A continuación se presenta una ficha informativa que se debe rellenar para guiar la lectura de los alumnos (Repetto, 2007):

ENTREVISTAS A CIENTÍFICOS	
Título de la entrevista	
Nombre del científico	
Periódico/ revista	
Páginas	
Autor	
Fecha	
Motivo	
Utilización didáctica	
Resumen	
Texto	

#### ENTREVISTA A MARIO MOLINA

Mario Molina es el primer mexicano que obtuvo el premio Nobel de Química que lo comparte con Frank Sherwood Rowland y Paul Crutzen por descubrir el deterioro de la capa de ozono estratosférica por los clorofluorcarbonos.

De la entrevista telefónica publicada en La Jornada (México) el 12 de octubre de 1995 por Arturo García Hernández hemos seleccionados varios párrafos que reproducimos a continuación:

...El investigador, que tiene más de 20 años de radicar en Estados Unidos, no se considera ejemplo de quien no es profeta en su tierra. "El haber salido de México simplemente lo veo como resultado del modo como funciona la comunidad científica mundial. Aquí hay un gran intercambio de estudiantes y, claro, muchos regresan a sus países, pero Estados Unidos brinda la posibilidad real para desarrollar científicos de primera categoría (...) Yo espero que en México se genere un ambiente que sea atractivo para trabajar, pero esto involucra dedicar recursos a la ciencia. El problema es de recursos y de

educación; en México hay que educar a una gran cantidad de estudiantes y es difícil aislarse para hacer una investigación de alta categoría”.

No obstante, Molina enfatiza: “Estoy orgulloso de haber estudiado en México, en la Universidad (...) Tengo la nacionalidad americana para poder trabajar en laboratorios federales de Estados Unidos, para obtener recursos, y pertenezco a un grupo de asesores de la Presidencia de Estados Unidos, para lo cual es indispensable tener la ciudadanía americana. Pero en mi trabajo abordo problemas que no tienen fronteras, que son de interés mundial. La ciencia es un gran medio de unificación para los pueblos del mundo, así que para mí es motivo de orgullo ser mexicano; pero vivir y trabajar en Estados Unidos es lo que requiere mi participación en la sociedad”.

Molina expresa su deseo y su esperanza de que el premio que comparte con Frank Sherwood Rowland y Paul Crutzen “estimule la investigación científica en México y muestre que los científicos mexicanos están a la altura para participar de manera activa en la comunidad internacional y que son capaces de alcanzar un reconocimiento como el que hay en la obtención del premio Nobel”.

El galardón también es importante para la comunidad científica en general “porque demuestra que no sólo podemos descubrir que hay problemas globales, sino que puede haber soluciones como es el acuerdo para limitar el uso de agentes contaminantes. Ahí pudimos ver un beneficio concreto para la humanidad”.

En 1974, cuando Mario Molina tenía 31 años de edad, él y su maestro, Frank Rowland, dieron a conocer estudios que demostraban que la capa de ozono que protege a la Tierra de las radiaciones ultravioletas estaba siendo afectada por los clorofluorocarbonos contenidos en diversos artículos de uso doméstico. Después de una larga polémica científica y comercial, en 1987 hubo un acuerdo internacional para restringir el uso de esos agentes contaminantes. Molina se muestra satisfecho de que ello haya sido resultado de una investigación científica: “Logramos que la situación no empeore. Claro, no vamos a ver mejoras inmediatas pero sí en una o dos décadas, a condición de que se sigan cumpliendo las medidas establecidas en el Protocolo de Montreal. Va a ser una cosa lenta, pero por fortuna la gente se puede proteger (...)”

Tenemos que seguir trabajando duro para que efectivamente se incrementen las medidas y se eliminen esos gases que afectan a la capa de ozono”.

El químico recuerda que la industria no aceptaba su hipótesis; “la polémica fue muy fuerte y no sólo desde el punto de vista científico sino del industrial. Por fortuna el aspecto científico de la investigación finalmente fue suficientemente claro para convencer a la industria. Cuando tomaron la decisión de cooperar, fue mucho más sencillo crear fórmulas para eliminar los compuestos dañinos. Esto vino a demostrar que es más fácil colaborar que pelear con la industria (...) Además, si todas las industrias del ramo son afectadas de igual manera, sufren las mismas consecuencias y nadie saca ventaja de la situación”.

Al recordar aquellos momentos críticos, Molina afirma que no llegó a dudar de su hipótesis, pero tenía claro que, puesto que la atmósfera es un sistema muy complicado, “era posible que nuestra teoría estuviera equivocada; pero esa es una de las virtudes del método científico, hacer hipótesis: nosotros continuamente estábamos postulando detalles que se pueden corroborar o refutar. Con el descubrimiento del agujero en la capa de ozono nuestra hipótesis quedó comprobada”.

Actualmente, el investigador de 52 años de edad sigue trabajando en problemas de química de la estratosfera y estudia las reacciones que ocurren en las partes de la atmósfera en que hace más frío. “A temperaturas muy bajas, de menos 40 o menos 60 grados centígrados, el agua se condensa y forma nubes congeladas de ligeros cristales de hielo que promueven una química especial que acelera la destrucción del ozono. Estamos viendo los mecanismos de esta destrucción a nivel molecular, en parte como trabajo académico y en parte para aplicar soluciones”.

El científico señala que también se encuentra haciendo investigaciones sobre cómo funcionan a nivel terrestre las emisiones que se hacen a la atmósfera en condiciones parecidas a las que se presentan en la ciudad de México, aunque no de tal magnitud. En este punto Molina expresa preocupación porque “en la medida en que se desarrollen las economías y aumente la población, van a aumentar las emisiones que se hacen a la atmósfera”. Sin embargo, “soy optimista, sobre todo por el ejemplo del problema de la capa de ozono, del cual

no sólo vimos su origen sino que contribuimos a su solución. Si la sociedad se pone de acuerdo, puede atacar este tipo de problemas”. (Repetto, 2007)

Contestar a las siguientes preguntas (Repetto, 2007):

1. Haz un resumen del documento.
2. ¿Por qué va Mario Molina a trabajar a Estados Unidos?
3. ¿Qué ha representado el descubrimiento de estos científicos para la Humanidad?
4. ¿Qué características del científico quedan patentes en la entrevista?
5. ¿Qué es el Protocolo de Montreal?
6. Las medidas internacionales tomadas para frenar el deterioro de la capa de ozono ¿han dado resultado? Infórmate antes de contestar.

### **ENTREVISTA A LINUS PAULING: Cinco años decisivos en mi vida**

El País, 14 de septiembre de 1994

Linus Pauling, un gigante de la química moderna, dos veces premio Nobel, murió el pasado 19 de agosto de 1995 a los 93 años. Poco antes escribió este artículo, recordando su primera época en la ciencia. Termina mostrándonos su importante faceta como gran humanista.

Hace 72 años, en la primavera de 1922, yo estaba acabando mi cuarto año en el Oregon Agricultural College. En junio recibí el título de licenciatura en ingeniería química. Había aprendido un poco de matemáticas y de física y algo de ingeniería. Además, había acumulado una enorme, cantidad de información sobre las propiedades de las sustancias, especialmente de compuestos inorgánicos, incluidos los minerales y las aleaciones. En 1919 me había interesado en la teoría electrónica de la valencia y seguía con fiando en que la información empírica sobre las propiedades de las sustancias podría llegar a ser asimilada en una teoría de la estructura de las moléculas. También había solicitado trabajo en varias universidades y había aceptado una oferta del Instituto de Tecnología de California (Caltech). Mi introducción a la investigación comenzó en septiembre de 1922, cuando llegué a Pasadena, y considero que mi educación continuó durante cinco años, hasta 1927, cuando regresé de Europa.

Durante mis tres años y medio de estudiante graduado aprendí mucho sobre física moderna, matemáticas y química, especialmente termodinámica química (que no me atraía) y mecánica estadística (que me gustaba mucho y me sigue gustando). Caltech era un sitio notable. El primer título de doctor se había dado allí en 1920, sólo dos años antes de que yo llegara. Entre los profesores había muchos investigadores destacados en matemáticas, física y química, incluido Roscoe Gilkey Dickinson (un pionero en la cristalografía de rayos X y primer doctor de Caltech), Harry Bateman, Paul Epstein, Robert A. Milikan, Arthur Amos Noyes y Richard C. Tolman. Había mucho interés en la espectrografía, la teoría cuántica y otros aspectos de la física moderna. En el departamento de química, dirigido por Noyes, se esperaba que los estudiantes graduados empezasen a investigar nada más llegar a Pasadena, y además seguir varios cursos avanzados, muchos de ellos impartidos por Tolman. Disfruté especialmente del curso de mecánica estadística de Teilman.

También había un seminario semanal de química, otro de física y otro que se hacía en Caltech o en el Observatorio de Mount Wilson de Pasadena a cargo del club de física y astronomía. Todos esos seminarios se dedicaban a descubrimientos importantes recientemente publicados, como el efecto Compton (...) o el *spin* del electrón. Conservo hasta el presente mi interés por la cristalografía de rayos X. Además, asistía a cursos o conferencias de físicos invitados: Sommerfeld, Born (sobre la mecánica de matrices), Ehrenfest, Raman y Charles Galton Darwin. Aunque la mayoría de mis primeras publicaciones se basaron en el trabajo experimental, la determinación de la estructura de cristales, empecé pronto a realizar investigación teórica.

He tenido buena suerte varias veces en mi vida. Un golpe de buena suerte importante fue ir a Caltech para mis estudios de graduado. Años después, ya familiarizado con muchas universidades destacadas, me di cuenta de que en 1922 no había ningún sitio en el mundo que me hubiera preparado mejor para mi carrera como científico.

Después de pasar tres años y medio en Pasadena, fui enviado a Europa como investigador asociado de Caltech, por un acuerdo alcanzado por Noyes. También había solicitado una beca John Simon Guggenheim Memorial, y poco

después de que mi esposa y yo llegásemos a Múnich supe que me había sido concedida. Estuvimos en Europa, un año en Múnich con Sommerfeld y un tiempo más corto en Copenhague y en Zúrich, además de las visitas a otros centros de investigación en física moderna durante un año y medio. Tenía un acuerdo con Caltech como profesor ayudante y regresamos a Pasadena en septiembre de 1927.

Mi educación había continuado durante ese periodo, sobre todo durante el año en el Instituto de Física Teórica de Sommerfeld. Justo cuando llegamos, en abril de 1926, Schrödinger había empezado a publicar sus artículos sobre funciones de onda y Sommerfeld dio conferencias sobre ellos. También se dedicaron otros varios seminarios a artículos recientemente publicados sobre las funciones de onda y otros aspectos de la mecánica cuántica. Inmediatamente empecé a pensar sobre lo que más me interesaba, que no era el átomo de hidrógeno o las moléculas de hidrógeno, sino más bien la cuestión de la estructura y las propiedades de átomos e iones de muchos electrones y de moléculas más complejas.

Mi artículo publicado en 1927 en *Zeitschrift für Physik* tenía que ver con una interesante combinación de la vieja teoría cuántica y las funciones de onda que había publicado Gregor Wentzel en 1926. El enfoque utilizaba un modelo atómico desarrollado en 1920 por Schrödinger, quien sugería que los átomos y los iones con muchos electrones podían ser tratados como un modelo en que las capas internas de electrones fueran reemplazada por cargas eléctricas superficiales, con un único electrón en una órbita que penetrara en esas capas. (...) Yo me di cuenta de que se podía hacer una extensión del método de Wentzel que condujese a unos valores que se ajustasen con el experimento. Creo que ésta fue la primera aplicación de la mecánica cuántica en átomos y en iones con muchos electrones. Seguí desarrollando este método y lo apliqué al cálculo de valores teóricos de la polarizabilidad eléctrica, susceptibilidad diamagnética, extensión en el espacio de átomos e iones de muchos electrones y también a la evaluación de un grupo de valores de radios de iones para su uso en cristales iónicos. Estos artículos se publicaron en 1927.

El hecho de estar en el instituto de Sommerfeld, precisamente cuando Schrödinger publicaba sus artículos sobre la función de onda es un segundo ejemplo de mi sorprendente buena suerte. Creo que las conferencias de Sommerfeld sobre las funciones de onda fueron las primeras que se dieron en el mundo sobre el tema. Fue una casualidad que yo llegase a Múnich en la primavera de 1926; de hecho, yo había pensado ir al instituto de Niels Bohr, en Copenhague, pero algunas circunstancias me hicieron cambiar de idea. Estoy seguro de que este golpe de suerte fue responsable en gran medida de que yo adquiriese una base sobre las funciones de ondas a los pocos meses de su descubrimiento, y probablemente responsable también de mi éxito posterior al aplicar la mecánica cuántica a algunas cuestiones de la química antes no claras, que culminó en la publicación de mi libro *La naturaleza del enlace químico*, en 1939.

He tenido suerte otras veces en mi vida y en otras ocasiones no tanta, pero no tengo motivo para quejarme. Miro hacia atrás, hacia aquellos cinco años, desde septiembre de 1922, con gran placer y gratitud hacia mis destacados maestros.

A lo largo de los años me he podido dar cuenta de la enorme deuda que he contraído con la humanidad. Como científico y como persona tengo que aportar, aunque solo sea una pequeña parte de las enormes contribuciones que tan generosamente he recibido. Todos nosotros debemos contribuir a que el enorme caudal de conocimientos acumulado, que es patrimonio de toda la humanidad, y sus principales aplicaciones pueda utilizarse para el disfrute y mejora de la población. Debemos oponernos con todas nuestras energías a que el conocimiento científico sea utilizado de nuevo para la destrucción de parte de la humanidad. ¡El holocausto nuclear no puede volver a repetirse! Para ello debemos frenar la carrera de armamentos y parar para siempre los ensayos de armas nucleares, que amenazan con destruir el Planeta.

Contestar a las siguientes preguntas:

1. Realiza un resumen de esta entrevista de Linus Pauling
2. Explica cuáles fueron las principales influencias y conocimientos que Pauling recibió durante su formación

3. Señala los principales problemas científicos, que eran objeto de su estudio. En qué principales campos recibió formación
4. A qué ejemplos de su buena suerte se refiere a lo largo de su vida.
5. ¿A qué deuda se refiere Pauling que ha contraído con la humanidad?  
¿Estás de acuerdo con sus palabras? Realiza un comentario crítico sobre las mismas.

## Anexo 6

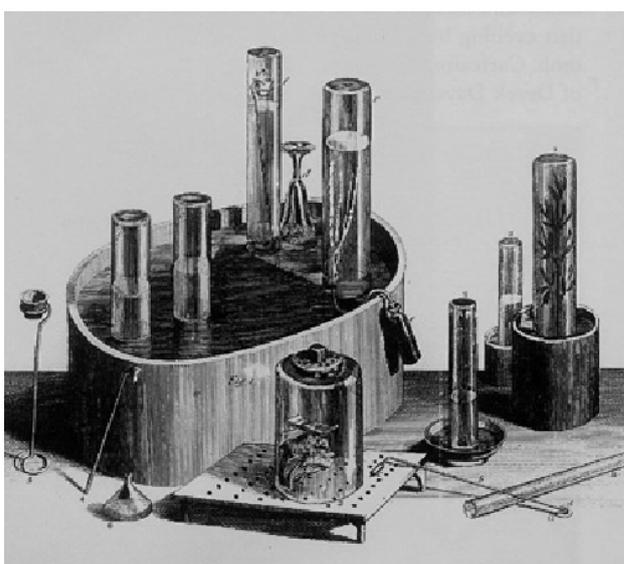
Práctica de laboratorio: *Del aire desflogisticado de J. Priestley al oxígeno de A. Lavoisier* (Chamizo, 2010)

### Contexto

Fecha d.C.	Acontecimientos políticos, artísticos y filosóficos	Acontecimientos químicos	Acontecimientos científicos y técnicos
1700	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se funda la Academia de Ciencias de Berlín.</li> <li>- Los ingleses ocupan Gibraltar.</li> <li>- Defoe: <i>Robinson Crusoe</i>.</li> <li>- Bach: <i>Conciertos de Brandenburgo</i></li> <li>- Vivaldi: <i>Las cuatro estaciones</i>.</li> <li>- Swift: <i>Los viajes de Gulliver</i>.</li> <li>- Hume: <i>Tratado de la Naturaleza humana</i>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Homberg descubre al ácido bórico. -</li> <li>Boerhave: <i>Elementos de Química</i>, donde se indica que el calor es un fluido.</li> <li>- Hales: <i>Ensayos estadísticos sobre la nutrición de las plantas y su fisiología</i>.</li> <li>- Brandt descubre el Co.</li> <li>- Se inventa el proceso de las cámaras de plomo para preparar el ácido sulfúrico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fahrenheit construye el primer termómetro de mercurio.</li> <li>- Bernoulli: cinética de los gases.</li> <li>- Euler demuestra que el número e es irracional.</li> <li>- Celsius construye su escala de temperatura.</li> <li>- Nollet descubre y explica la presión osmótica.</li> <li>- Buffon describe lo que es una especie biológica.</li> <li>- Linneo: <i>Systema naturae</i>.</li> <li>- Franklin: el pararrayos.</li> </ul>
1750	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Museo Británico.</li> <li>- Diderot y d'Alambert: <i>Enciclopedia</i></li> <li>- Un terremoto destruye una buena parte de Lisboa. -</li> <li>Independencia de Estados Unidos.</li> <li>- Kant: <i>Critica de la razón pura</i>.</li> <li>- Mozart: <i>Don Giovanni</i>.</li> <li>- Revolución Francesa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lomonosov: <i>Discurso sobre la utilidad de la química</i>.</li> <li>- Black aísla el dióxido de carbono al que llamó 'aire fijo'.</li> <li>- Cavendish aísla el H.</li> <li>- Macquer: <i>Diccionario de Química</i>.</li> <li>- Rutherford aísla el N.</li> <li>- <b>Priestley aísla el O.</b></li> <li>- Bergman: <i>Ensayo sobre las atracciones eléctricas</i>.</li> <li>- Los hermanos Elhuyar descubren el W.</li> <li>- Scheele descubre la glicerina</li> <li>- Lavoisier: <i>Tratado elemental de química</i>.</li> <li>- Richter establece los fundamentos de la estequiometría.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se abre la primera institución mental en Inglaterra.</li> <li>- Hunter: <i>Historia natural de la dentadura humana</i></li> <li>- Bassi establece el modelo sobre el origen de las infecciones.</li> <li>- Ley de Coulomb.</li> <li>- Ley de Charles.</li> <li>- Watt: máquina de vapor.</li> <li>- Laplace desarrolla el modelo del surgimiento de los planetas.</li> <li>- Galvani realiza experimentos con electricidad en animales.</li> <li>- Se propone en Francia el sistema de medidas en base 10.</li> <li>- Bramah inventa la prensa hidráulica.</li> <li>- Jenner realiza la primera vacuna.</li> </ul>

		-La primera sociedad de química del mundo se funda en Filadelfia.	-Humboldt inicia su viaje de exploración a América.
--	--	---	---

En 1774 Joseph Priestley hizo un descubrimiento famoso. Él ya había demostrado que calentando mercurio podría convertirse en un sólido rojo (que ahora llamamos óxido de mercurio). En 1774 encontró que calentando el sólido rojo se convertía de nuevo en mercurio plateado y líquido. Como resultado de estos experimentos anunció la existencia de un gas con características inusuales, el aire “desflogisticado”. Priestley, como la mayoría de los químicos de su tiempo aceptaba el modelo del flogisto, ésta era una sustancia que nunca se había aislado, es decir, separado en su forma pura. El modelo del flogisto explicaba la combustión indicando que cuando una sustancia se quemaba se liberaba flogisto que iba a parar al aire que de esa manera se volvía aire flogisticado, es decir lleno de flogisto. Así pues, cuando Priestley descubrió un gas en el cual las sustancias se quemaban fácilmente, concluyó que el gas debía estar libre de flogisto es decir, “desflogisticado”. De acuerdo con Priestley el aire “desflogisticado” empuja al flogisto de las sustancias razón por la que estas se queman. Los resultados de Priestley pronto fueron desafiados por el químico francés Antoine Lavoisier (1743-1794) que indicó que el modelo del flogisto era absurdo y que el aire “desflogisticado” era, de hecho, oxígeno.



Equipo de laboratorio empleado por J. Priestley.

## Preguntas iniciales

1. ¿Cómo fue la vida de J. Priestley?
2. ¿Cuáles fueron los materiales originales que utilizó Priestley en su experimento?
3. El descubrimiento del oxígeno tiene varios protagonistas. Además de J. Priestley y A. Lavoisier se considera también al sueco K.W Scheele ¿por qué no se puede asignar a una persona el descubrimiento de este elemento?
4. El modelo del flogisto fue muy utilizado en Europa para explicar la combustión hasta que fue sustituido por el modelo del oxígeno ¿cómo se explicaba la calcinación de los metales de acuerdo con el modelo del flogisto?
5. Una manera de explicar el cambio a lo largo de la historia de la ciencia ha sido incorporando el concepto de paradigma. Un paradigma es la constelación de creencias, valores, técnicas etc. que tienen en común los miembros de una comunidad dada. Un paradigma es lo que comparten los miembros de una comunidad científica y a la inversa, una comunidad científica consiste en personas que comparten un paradigma. Los episodios extraordinarios en que una comunidad cambia de paradigma se llaman revoluciones científicas ¿Por qué el descubrimiento del aire “desflogisticado” no es una revolución científica?
6. Indica cinco acontecimientos relevantes con este experimento.

## Materiales y sustancias sugeridos

- Mechero de Bunsen
- Tubos de ensayo
- Tubo de vidrio (aproximadamente de 25 cm de largo que se doblará)
- Gradilla
- Cuba neumática (o un recipiente de plástico)
- Tapones de hule para el tubo de ensayo con el orificio en el centro
- Tapones de hule sin orificios, para los tubos de ensayo
- Soportes metálicos con pinzas
- Astillas de madera

- Fósforos
- Espátula
- Lentes de seguridad
- Óxido de mercurio

### **Un procedimiento posible**

1. Coloca un poco de óxido de mercurio en un tubo de ensayo y tápalo con uno de los tapones horadados colocando en el agujero el tubo de vidrio. Sujétalo con una de las pinzas de uno de los soportes.
2. Llena la cuba neumática con agua y otro tubo de ensayo. Sostenlo con la pinzas de manera invertida de manera que el agua no se salga.
3. Inserta en la parte inferior del tubo lleno de agua el otro extremo del tubo de vidrio que está conectado a su vez al tubo de ensayo con óxido de mercurio.
4. Ponte los lentes de seguridad y enciende el mechero calentando el tubo con el óxido de mercurio.
5. Colecta el gas que desplaza al agua y tapa el tubo. Si puedes llenar varios tubos, ¡hazlo!
6. Las astillas sirven para reconocer que el gas obtenido aviva la combustión. ¡demuéstralo!

### **Preguntas finales**

1. ¿Qué sucedió cuando una astilla que brillaba intensamente fue insertada en uno de los tubos llenos con aire “desflogisticado”?
2. ¿El aire “desflogisticado se disuelve en el agua?
3. Lavoisier publico un famosísimo libro llamado *Tratado Elemental de Química* que se considera el que propició la primera gran revolución científica de la química. ¿Por qué el trabajo de Lavoisier es revolucionario y el de Priestley no?
4. ¿Cómo se obtiene industrialmente el oxígeno?
5. ¿Para qué se utiliza el oxígeno?
6. Identifica y explica si el experimento ejemplifica a la Historia Natural, al Análisis o a la Síntesis.
7. Explica el resultado del experimento utilizando los modelos actuales.

Ficha a cumplimentar durante la realización del experimento:

<b>TEMA DE LA INVESTIGACIÓN</b>	
<b>HECHOS</b> Información obtenida y/o observaciones realizadas respecto a algo que sucede en el mundo que nos lleva a formular una pregunta.	
<b>PREGUNTA</b> Enunciado de una pregunta centrada en un experimento histórico	
<b>CONCEPTOS</b>	<b>METODOLOGÍA</b>
Pasado	Presente
<b>Aplicaciones</b> Uso que tiene lo que estamos investigando	<b>Procedimiento para la obtención de datos</b> Lo que hacemos para obtener información pertinente para poder contestar la pregunta.
<b>Lenguaje</b> Términos que requerimos saber para contestar a la pregunta	<b>Procesamiento de los datos para obtener un resultado</b> Lo que hacemos para obtener la información pertinente para poder contestar la pregunta.
<b>Modelo</b> Modelo que se usa para dar la respuesta a la pregunta, por ejemplo, Modelo Atómico de Lewis, Modelo de Acidez de Arrhenius, etcétera	<b>Análisis y/o conclusión derivado de los datos</b> Obtenido a partir de los datos procesados
<b>RESULTADO O RESPUESTA</b> Explicación que responde a la pregunta que reúne los conceptos con la metodología o a las razones por las cuales el experimento falló, o no se puede contestar la pregunta.	
<b>REFERENCIAS</b> <b>De los hechos:</b> Libros, artículos de revistas y/o páginas web consultadas <b>De los conceptos:</b> Libros, artículos de revistas y/o páginas web consultadas <b>De la metodología:</b> Libros, artículos de revistas y/o páginas web consultadas	

## Anexo 7

### Actividad propuesta 1

Leer el documento y responder a las preguntas:

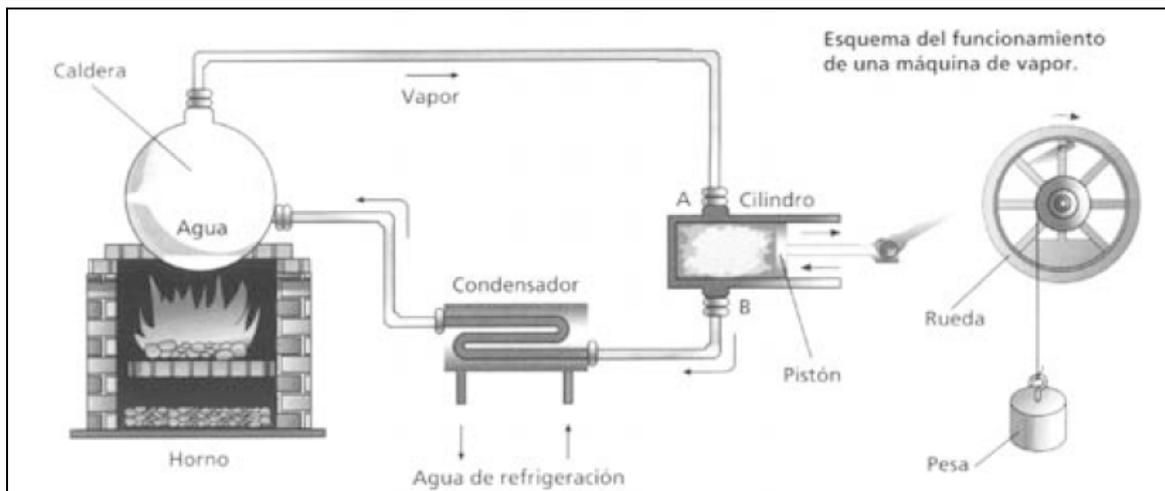
#### **CIENCIA Y SOCIEDAD: EL IMPACTO SOCIAL DE UN CONVERTIDOR: LAS MÁQUINAS TÉRMICAS**

Durante los siglos XVI y XVII se empezaron a utilizar máquinas (fundamentalmente ruedas hidráulicas y molinos de viento) que sustituían la acción del hombre y la de los animales. En el siglo XVIII se produjo el desarrollo de la máquina de vapor que entre otros problemas tenía el del excesivo consumo de carbón debido a su bajo rendimiento.

El primer convertidor que, a escala industrial, era capaz de transformar energía interna de tipo térmico en energía mecánica fue *la máquina de vapor*. En el siglo XVII un gran molino de viento, con aspas de 30 m de diámetro, no podía desarrollar una potencia mayor de 25 Kw. La máquina de vapor permitió conseguir potencias mucho mayores. Además, supuso una verdadera revolución, ya que, por primera vez en la historia de la humanidad, se podía disponer de energía útil que procedía no de un animal de tiro, ni del capricho del viento, ni de la existencia de una corriente de agua, sino de la más poderosa y dócil energía del vapor. La máquina de vapor, con sus cilindros de hierro y su corazón de fuego, sólo necesitaba carbón, agua y un poco de aceite, para funcionar ininterrumpidamente *allí donde se la colocase*. No es extraño que la máquina de vapor se difundiese rápidamente, modificando el transporte, la industria y toda la sociedad.

El origen de la máquina de vapor está asociado al problema de la extracción del agua que inundaba muchas minas de carbón. En efecto, la Inglaterra de finales del siglo XVII era un país casi deforestado y los pocos bosques que había se reservaban para la construcción de barcos (que todavía se hacían de madera). Esto contribuyó a que se recurriese a usar el carbón como fuente de energía. Sin embargo, muchas de las minas de carbón estaban inundadas de agua que había que sacar fuera constantemente mediante rudimentarias bombas de extracción. Dichas bombas se hacían funcionar muchas veces con caballos, sin que los resultados fuesen muy brillantes, pues era bastante común que los mineros tuviesen que trabajar todo el día con agua hasta las rodillas y, en algunos casos, había que cerrar minas por no poder drenarlas. Savery y Newcomen fueron dos ingenieros que diseñaron máquinas que funcionaban con vapor, capaces de bombear fuera el agua de las minas de forma efectiva. Posteriormente, estas primitivas máquinas fueron objeto de sucesivas mejoras, que dieron lugar a otras máquinas más eficientes. A continuación se expone un esquema y se describe el funcionamiento de una de dichas máquinas.

El vapor producido en la caldera entra a alta presión y temperatura en el cilindro metálico y empuja el pistón hacia la derecha. Cuando el pistón alcanza la posición más alejada, la válvula A se cierra y la B se abre. La inercia de la rueda hace que el pistón se mueva entonces hacia la izquierda y el vapor salga por la válvula B, del cilindro al condensador refrigerado por agua fría (donde la presión y temperatura son menores). Cuando el pistón llega a su posición más extrema, la válvula B se cierra y se abre de nuevo la A, comenzando el ciclo otra vez y así sucesivamente. El movimiento de vaivén del pistón se transmite a la rueda de la derecha, que girará de forma continua (mientras funcione la caldera).



Mediante diversos sistemas, el movimiento giratorio de dicha rueda puede ser aprovechado a su vez no sólo para hacer funcionar una bomba de extracción de agua (problema que dio origen a la primitiva máquina de vapor), sino también para mover una sierra, una máquina de hilar, una rueda de paletas (barcos de vapor) o incluso una locomotora, resolviendo con ello muchas necesidades de una era industrial que ya se había iniciado. A finales del XIX ya había máquinas de vapor capaces de desarrollar potencias del orden de 2 millones de vatios. Ello, junto con la posibilidad de trasladarlas o emplearlas para mover barcos, trenes y automóviles, hizo que su uso se generalizase y que al siglo XIX se le conociese con el sobrenombre de la era del vapor.

Preguntas:

1. Haz un resumen del texto señalando las ideas principales.
2. ¿Qué es un Kw?
3. Nombra tres físicos que contribuyeron al desarrollo del concepto de energía.
4. Realiza un informe que recoja las principales aplicaciones de las máquinas de vapor así como sus principales implicaciones sociales.

### Actividad propuesta 2

En el Seminario Ciencia, tecnología, empresa y sociedad para el siglo XXI, celebrado en Santander (2000) dirigido por F. Aldana, Richard Ernst pronunció una conferencia sobre Ciencia y Científicos: su responsabilidad ante la sociedad dentro de la sesión que estaba orientada a analizar el papel que deben jugar la ciencia y tecnología en la resolución de los problemas que se plantean en la actualidad. De ella se extraen algunas ideas recogidas en el siguiente documento que se debe leer detenidamente y luego contestar las correspondientes cuestiones (Repetto, 2007).

**Documento: Seminario de Ciencia, tecnología, empresa y sociedad para el siglo XXI**

Los sistemas económicos modernos, basados en una economía libre de mercado que se rige por la competitividad, son de una enorme complejidad e incluyen retrasos increíblemente

largos antes de que aparezcan los posibles problemas, como puede ser el agotamiento de los recursos naturales. Las consecuencias del despilfarro de materias primas o del calentamiento global pueden aparecer bruscamente, sin avisar y tiempo después de haber gastado los beneficios que se produjeron. Hoy en día podríamos estar en una situación así de peligrosa, viviendo significativamente por encima de nuestras posibilidades.

Es improbable que los líderes industriales o políticos adopten iniciativas para realizar los cambios que hacen falta. Ni siquiera son capaces de realizar un análisis crítico de los peligros de la economía actual. Le corresponde a las universidades el analizar críticamente las tendencias actuales en economía, política y estilos de vida. Solo las universidades y los profesores universitarios tienen la libertad necesaria, la independencia y los recursos para realizar estudios objetivos e imparciales.

Se propone que las universidades se conviertan nuevamente en centros de estimulación para la renovación de la sociedad y en centros de pensamiento para tratar cuestiones de importancia global y a largo plazo.

Ningún científico por sí solo puede encontrar soluciones duraderas en el dominio de los sistemas económicos y sociales globales. Para dar un asesoramiento fiable en una mejor organización global de la sociedad requiere la colaboración de muchos, sino todos los científicos, incluyendo los representantes de las humanidades y artes liberales. Tenemos que formar otra vez una comunidad creativa que resuelva las necesidades de una sociedad cada vez más fragmentada. Esta comunidad creativa será una nueva universidad del futuro.

Para permitir un desarrollo sostenido en el futuro es necesario crear un nuevo sistema ético y crear unas estructuras supranacionales que permitan afrontar los problemas globales.

Es necesario que los científicos se impliquen en mantener la salud y vitalidad de la ciencia y que se garantice que los conocimientos que ésta genera se utilicen en beneficio de la humanidad.

Se defiende la ciencia como actividad que debe englobar a todas las culturas y razas, para enriquecerse y encontrar soluciones más originales a los distintos problemas que se plantean. También se destaca que la ciencia no tiene país y que el conocimiento se compartirá cada vez más a escala global y de forma virtualmente instantánea. Cada vez deberemos estar más conectados en forma de red.

Los científicos deben implicarse más en la búsqueda de soluciones ejerciendo un mayor papel de líderes. Debe señalarse que los problemas globales son de tal magnitud que es necesario abordarlos entre todos, ya que las organizaciones actuales o incluso los países no tienen masa crítica para resolverlos.

Desde la universidad se destacan los avances realizados para estar más implicados con la sociedad. La universidad está sometida a cambios importantes en la generación y transmisión de conocimientos. También hay cambios profundos en la formación, en la cual se está alcanzando el nivel de formación continua, con nuevos centros de enseñanza que compiten con la propia universidad. La ciencia y tecnología, como complemento de la formación, son una fuente de recursos externos para la propia universidad, con una progresiva componente de internacionalización.

Es importante destacar que son siempre los científicos los que están detrás de los debates correctamente tratados y de las decisiones políticas acertadas.

Existe bastante coincidencia en señalar la necesidad de una nueva universidad, hacia la cual estamos avanzando, más implicada en los problemas de nuestra sociedad. También se coincide en la necesidad de atraer a la ciencia las mejores mentes, lo que requiere motivación como estímulo a la enseñanza. El descenso en el número de estudiantes de carreras científicas o ingeniería es motivo de preocupación.

La formación cultural de la sociedad debe incluir la ciencia como un elemento indispensable. Gran parte de la incultura científica se asocia al mismo tiempo con las supersticiones y la charlatanería, especialmente dañinas en los casos en que los grupos o sectas que las promueven adquieren cuotas de poder que les permiten influenciar la enseñanza primaria o

secundaria en los colegios. Por ello, uno de los mayores desafíos a resolver por la comunidad científica es el de comunicar la ciencia al público en general. Esto redundaría en beneficio de la propia ciencia, que es mejor comprendida y percibida como una actividad beneficiosa por los ciudadanos, lo que permite mejorar su financiación.

La comunidad científica y los ingenieros tienen la responsabilidad de establecer la iniciativa para mejorar la educación científica de la sociedad.

Los científicos actuales deben trabajar, junto con el resto de la sociedad, en mejorar la vida de todos en el futuro.

Cuestiones:

1. Lee atentamente el texto, resalte las ideas principales. Póngale un título a este texto.
2. ¿Qué papel asigna el autor a la formación científica?
3. ¿Cómo define la ciencia?
4. ¿Qué papel juega la Universidad?
5. Haz una pequeña biografía de Richard Ernst.