

Manuales docentes de Educación Primaria

Nº 21

La Historia de la Ciencia: su utilización como recurso didáctico

Emigdia Repetto Jiménez



UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA
Vicerrectorado de Ordenación Académica
y Espacio Europeo de Educación Superior

2007

COLECCIÓN: *Manuales docentes de Educación Primaria*
Nº 21 - LA HISTORIA DE LA CIENCIA: SU UTILIZACIÓN COMO RECURSO DIDÁCTICO

© del texto:

Emigdia Repetto Jiménez

© de la edición:

Vicerrectorado de Ordenación Académica
y Espacio Europeo de Educación Superior
UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

Primera edición, 2007

Maquetación y diseño:

SERVICIO DE PUBLICACIONES Y DIFUSIÓN CIENTÍFICA DE LA UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

ISBN: 978-84-96502-95-6

Depósito Legal:

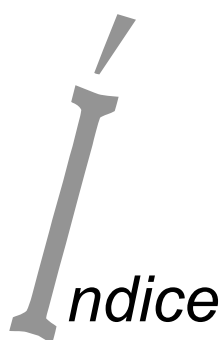
GC 364-2007

Impresión:

SERVICIO DE REPROGRAFÍA, ENCUADERNACIÓN Y AUTOEDICIÓN DE LA ULPGC

Impreso en España. *Printed in Spain*

Queda rigurosamente prohibida, sin la autorización escrita de los titulares del «Copyright», bajo las sanciones establecidas por las leyes, la reproducción parcial o total de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático.



Índice

PRESENTACIÓN	9
GUÍA ACADÉMICA	11
PRESENTACIÓN DE LA ASIGNATURA	11
OBJETIVOS GENERALES DE LA ASIGNATURA	11
CONTENIDOS	12
Módulo 1. La Historia de la Ciencia como recurso didáctico	12
Módulo 2. Recursos bibliográficos e Historia de la Ciencia	12
Módulo 3. Utilización de recursos didácticos cooperativos en la enseñanza de las ciencias experimentales	13
Módulo 4. Los descubrimientos científicos	14
Módulo 5. La ciencia en Canarias	14
ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS	15
MATERIAL DIDÁCTICO	16
BIBLIOGRAFÍA	16
EVALUACIÓN	19
MÓDULO 1. LA HISTORIA DE LA CIENCIA COMO RECURSO DIDÁCTICO	21
PRESENTACIÓN	23
OBJETIVOS	24
ESQUEMA DE LOS CONTENIDOS	24
EXPOSICIÓN DE LOS CONTENIDOS	24
1. Una aproximación a la historia de la ciencia en educación	25
2. La historia de la ciencia y los libros de texto	27
3. Influencia en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias experimentales	28
4. Utilización de la historia de la ciencia en el aula	30
5. Las relaciones CTSA	38
BIBLIOGRAFÍA	44
Bibliografía básica	44

Referencias bibliográficas	44
EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN	46
SOLUCIONES A LOS EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN	47
GLOSARIO DE TÉRMINOS	48
 MÓDULO 2. RECURSOS BIBLIOGRÁFICOS E HISTORIA DE LA CIENCIA	49
PRESENTACIÓN	51
OBJETIVOS	51
ESQUEMA DE LOS CONTENIDOS	52
EXPOSICIÓN DE LOS CONTENIDOS	52
1. Comentario de textos científicos	53
1.1. Documentos originales de los científicos	54
1.2. Utilización de la prensa	59
2. Utilización de las biografías de los científicos	64
2.1. Ejemplificación	67
3. Utilización didáctica de las entrevistas	73
4. La mujer en la historia de la ciencia	76
4.1. Mujeres Premios Nobel	80
4.2. Una física olvidada: Lise Meitner	81
4.3. Premios Nobel alternativos	82
BIBLIOGRAFÍA	85
Bibliografía básica	85
Referencias bibliográficas	85
EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN	86
SOLUCIONES A LOS EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN	87
GLOSARIO DE TÉRMINOS	88
 MÓDULO 3. UTILIZACIÓN DE RECURSOS DIDÁCTICOS COOPERATIVOS EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES	89
PRESENTACIÓN	91
OBJETIVOS	91
ESQUEMA DE LOS CONTENIDOS	92
EXPOSICIÓN DE LOS CONTENIDOS	92
1. Las exposiciones temáticas	93
2. Exposiciones hechas por alumnos	97
3. Congresos de alumnos	98
4. La Simulación o Juego de Rol	100
5. El puzzle como estrategia de trabajo colaborativo	102

BIBLIOGRAFÍA	107
Bibliografía básica	107
Referencias bibliográficas	107
EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN	109
SOLUCIONES A LOS EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN	110
GLOSARIO DE TÉRMINOS	111
 MÓDULO 4. LOS DESCUBRIMIENTOS CIENTÍFICOS	113
PRESENTACIÓN	115
OBJETIVOS	115
ESQUEMA DE LOS CONTENIDOS	116
EXPOSICIÓN DE LOS CONTENIDOS	116
1. Los experimentos históricos	117
2. Algunos descubrimientos o inventos	123
3. Descubrimientos accidentales de la ciencia	124
4. Actualidad científica	127
5. Los desafíos de la Humanidad	131
BIBLIOGRAFÍA	134
Bibliografía básica	134
Referencias bibliográficas	134
EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN	135
SOLUCIONES A LOS EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN	136
GLOSARIO DE TÉRMINOS	137
 MÓDULO 5. LA CIENCIA EN CANARIAS	139
PRESENTACIÓN	141
OBJETIVOS	141
ESQUEMA DE LOS CONTENIDOS	142
EXPOSICIÓN DE LOS CONTENIDOS	142
1. Historia de la Ciencia en Canarias	142
2. Biografía de científicos canarios	153
2.1. José de Viera y Clavijo (1731-1813)	154
2.2. José Clavijo y Fajardo (1726-1806)	155
2.3. Agustín de Betancourt y Molina (1758-1828)	156
2.4. Gregorio Chil y Naranjo (1881-1901)	157
2.5. Juan León y Castillo (1834-1912)	158
2.6. Blas Cabrera y Felipe (1878-1945)	159

2.7. Juan Negrín López (1892-1956)	160
2.8. Telesforo Bravo Expósito (1913-2002)	161
2.9. Antonio González González (1917-2002)	162
BIBLIOGRAFÍA	164
Bibliografía básica	164
Referencias bibliográficas	165
EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN	166
SOLUCIONES A LOS EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN	167
GLOSARIO DE TÉRMINOS	168

| Presentación

Hace mil años se fundaron las primeras universidades en Europa y algunas de ellas aún perduran, demostrando su capacidad de pervivencia y adaptación a lo largo del tiempo. La Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, sin embargo, no es una institución de enseñanza superior que hunda sus raíces en el Medievo. Desde su creación en 1989, la ULPGC se ha convertido en una universidad pública consolidada, en cuyas aulas se pueden estudiar todas las grandes áreas del saber, como muestra la amplia oferta académica de títulos de grado, posgrado y doctorado.

La relativa juventud de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria le ha permitido avanzar con paso decidido en la implantación de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC). Mientras otras universidades españolas con mayor tradición aún no han hecho más que tímidos avances en la incorporación de las TIC como apoyo a la enseñanza presencial, nuestra Universidad, desde hace ya varios años, no sólo ha apostado por su utilización, sino que incluso, ha sabido aprovechar estos progresos tecnológicos para ofertar algunas enseñanzas en modo no presencial.

El resultado es ya bien conocido por los cientos de estudiantes, tanto nacionales como extranjeros, que están cursando algunas de las titulaciones oficiales que la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria oferta a través de su Estructura de Teleformación. En la actualidad, la ULPGC oferta cinco titulaciones oficiales en la modalidad no presencial, que han permitido acercar a nuestra Universidad a aquellos estudiantes que, por razones geográficas o por falta disponibilidad horaria, no pueden acercarse de forma presencial a nuestras aulas. Paralelamente, se ha ido incrementado la oferta de estudios de posgrado y los títulos propios, también en la modalidad de enseñanza no presencial.

A pesar de los avances tecnológicos en el acceso a la información por parte de los estudiantes, somos conscientes de que los manuales y las guías docentes constituyen una pieza clave en el sistema de enseñanza universitaria no presencial. Nuestra Universidad ha sabido apostar por la edición de estos materiales didácticos, realizados por los expertos universitarios que imparten estas materias en el Campus Virtual de la ULPGC. No quiero dejar pasar la oportunidad para agradecer a sus autores la profesionalidad y el empeño que han puesto en la realización de estas obras.

Nadie puede asegurar cuántas de las universidades actuales pervivirán, no ya dentro de mil años, sino siquiera dentro de unas decenas de años. Pero no me cabe la menor duda de que, en el inmediato futuro que nos aguarda, aquellas instituciones universitarias que no sepan rentabilizar la utilización de las Tecnologías de la Información y la Comunicación, pueden comprometer seriamente su desarrollo inmediato. En este sentido, desde la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, podemos sentirnos satisfechos por el trabajo realizado hasta la fecha, aunque somos conscientes de que el camino por recorrer en los próximos años es prometedor.

José Regidor García

Rector

PRESENTACIÓN DE LA ASIGNATURA

Esta asignatura forma parte del plan de estudios de la titulación de Maestro Educación Primaria como materia optativa con una asignación de 4,5 créditos. En ella se pone de manifiesto que las implicaciones de la Historia de la Ciencia en el aprendizaje de las diferentes disciplinas científicas constituyen no sólo una línea de innovación educativa sino también de investigación didáctica desde hace bastantes años y debe repercutir, con su utilización, en la forma en que los profesores ayuden a que sus alumnos aprendan, de manera que los estudiantes descubran una forma de conocer la realidad que les permita comprenderla y actuar sobre ella de diversas maneras, a la vez que desarrollan sus capacidades personales.

En la actualidad existe una opinión casi unánime entre los investigadores en educación sobre la importancia de la perspectiva histórica en la enseñanza de las ciencias. En los últimos años se ha notado una progresiva incorporación de la Historia de la Ciencias tanto a la teoría como a la práctica de la enseñanza de las ciencias. De este modo se produce un acercamiento entre áreas del conocimiento tradicionalmente ajenas entre sí, según una antigua clasificación que separa las ciencias de las humanidades. (Lombardi, 1997).

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).

Pensamos que la incorporación de la Historia de la Ciencia en la enseñanza de las mismas permite mostrarla como una construcción humana colectiva, fruto del trabajo de muchas personas y no como una actividad hecha básicamente por genios. Presenta el carácter tentativo de la ciencia, las limitaciones de sus teorías, los problemas pendientes de solución evitando visiones dogmáticas.

OBJETIVOS GENERALES DE LA ASIGNATURA

- Motivar a los estudiantes 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, Técnica y Sociedad y Medio Ambiente.
- Adquirir técnicas de investigación bibliográfica.
- Saber interpretar documentos científicos.
- Ejercitarse en la planificación de actividades fuera del aula.
- Motivar a los alumnos.

CONTENIDOS

Módulo 1. La Historia de la Ciencia como recurso didáctico.

Módulo 2. Recursos bibliográficos e Historia de la Ciencia.

Módulo 3. Utilización de recursos didácticos cooperativos en la enseñanza de las ciencias experimentales.

Módulo 4. Los descubrimientos científicos.

Módulo 5. La ciencia en Canarias.

MÓDULO 1. LA HISTORIA DE LA CIENCIA COMO RECURSO DIDÁCTICO

Tras una breve exposición sobre el concepto de recurso didáctico y las diversas maneras de utilizarlos se seleccionaran los que se consideran más apropiados para el nivel educativo de Educación Primaria y teniendo como base los contenidos de Historia de la Ciencia.

Se hará una introducción a la importancia de la Historia de la Ciencia en la motivación y en el aprendizaje de los estudiantes y se establecerán las relaciones Ciencia-Tecnología-Sociedad y Medio Ambiente.

Los contenidos a desarrollar en este módulo serán:

1. Una aproximación a la Historia de la Ciencia.
2. Recursos didácticos.
3. Historia de la Ciencia y aprendizaje.
4. La Historia de la Ciencia en los libros de texto.
5. Relaciones CTSMA.

Actividades.

Las actividades irán introduciendo gradualmente a los estudiantes en la utilización de textos históricos y en este módulo se hará especial hincapié en las relaciones que existen siempre entre la ciencia y la sociedad.

MÓDULO 2. RECURSOS BIBLIOGRÁFICOS E HISTORIA DE LA CIENCIA

En este Módulo hemos agrupado, para su estudio, una serie de recursos didácticos que hemos llamado “bibliográficos” ya que podemos encontrarlos, fundamentalmente, en este

tipo de publicaciones. Son documentos muy interesantes y podemos acceder a ellos tanto en bibliotecas como hemerotecas tanto en soporte papel como digitalizados y a través de Internet, por ello están al alcance de todos.

Se utilizan las biografías para poner de manifiesto aspectos humanos de los científicos. Consideramos que presentan unos valores didácticos indiscutibles ya que por una parte, ponen de manifiesto aspectos humanos de los científicos y por otra, 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, puede ser complementar del trabajo de clase y pensamos que el descubrir y resaltar los aspectos humanos de estos científicos puede generar interés en los alumnos.

Se estudiarán, por un lado aspectos biográficos, se analizarán las posibilidades didáctica que ofrecen, se acostumbrará al estudiante a la confección de unas fichas biográficas y a cómo pueden utilizarse en la educación Primaria.

También hemos incluido en este Módulo un apartado final dedicado al estudio de las mujeres científicas y hacemos mención de la biografía de alguna de ellas. Para no hacer excesivamente largo el módulo hemos elegido, a título de ejemplo dos científicas de la antigüedad y otra del siglo XX cuya biografía pone de manifiesto cómo se trataban a las mujeres que querían acceder al campo de la ciencia.

Los contenidos que conforman este módulo son:

1. Comentario de textos científicos.
2. Utilización didáctica de biografías de científicos.
3. Utilización didáctica de entrevistas.
4. Las mujeres en la Historia de la Ciencia.

Actividades.

MÓDULO 3. UTILIZACIÓN DE RECURSOS DIDÁCTICOS COOPERATIVOS EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES

En este módulo hemos incluido una serie de recursos que se caracterizan por emplear el trabajo en grupo para su desarrollo. Son recursos poco utilizados normalmente, que requieren una seria planificación por parte del profesor y una coordinación por parte de los estudiantes. No cabe duda que son recursos laboriosos que tienen carácter interdisciplinario y que consumen mucho tiempo para su preparación. Hemos comprobado experiencialmente que son fuertemente motivantes y que los alumnos participan con gran entusiasmo y buen rendimiento. Se trata de aprender haciendo y comprometiéndose. Me estoy refiriendo a las exposiciones hechas por ellos; los Congresos de estudiantes ; los juegos de rol y los puzles. También en este Módulo hemos incluido la utilización de las exposiciones temáticas que se hagan fuera del aula en diversos centros culturales para analizar cómo se puede llevar a cabo un aprendizaje no formal introduciendo una serie de consejos sobre aspectos didácticos a tener en cuenta para que el rendimiento sea óptimo.

Los contenidos que se desarrollan son:

1. Exposiciones temáticas.

2. Exposiciones realizadas por los alumnos.
3. Congresos de estudiantes.
4. La simulación o juego de rol.
5. El puzle como estrategia de trabajo cooperativo.

MÓDULO 4. LOS DESCUBRIMIENTOS CIENTÍFICOS

En este cuarto módulo está dedicado al estudio de los descubrimientos científicos. Queremos primero recordar que la Metodología Científica es la base de la planificación del desarrollo del quehacer científico y, como tal, es el camino normal de llegar a un descubrimiento. Sin embargo, muchas veces los descubrimientos “surgen” en el camino trazado para resolver otro problema y es la preparación, la agudeza, el ingenio o la agilidad mental del investigador las que le hacen caer en la cuenta que allí puede existir la solución a otro problema diferente. Estaríamos en un descubrimiento por azar y que trataremos en este Módulo como descubrimientos serendípicos.

Desde el primer tercio del siglo XX se empezó en España a “hacer ciencia” y desde entonces hemos progresado bastante. Por otra parte, en la segunda mitad del siglo pasado la ciencia en el mundo se desarrolló mas que en el resto de los siglos anteriores. Por ello, y después de tener una visión de algunos descubrimientos históricos intentaremos acercarnos a la actualidad científica. Hoy es fácil acceder a esta información pues son numerosas las publicaciones mensuales que dan cuenta de los últimos avances, por otra parte los medios de comunicación nos informan puntualmente de cualquier hallazgo que se produzca y finalmente, a través de Internet, es difícil no estar enterado de lo que ocurre en cualquier laboratorio del mundo.

Por último, queremos hacer un análisis rápido sobre los retos que la Humanidad tiene planteados para este siglo que acaba casi de empezar.

Los contenidos son:

1. Los experimentos históricos.
2. Algunos descubrimientos o inventos.
3. Descubrimientos accidentales de la Ciencia.
4. Actualidad científica.
5. Los desafíos de la Humanidad.

MÓDULO 5. LA CIENCIA EN CANARIAS

Vivimos en una época en que nuestras vidas están influenciadas directamente por la Ciencia y la Tecnología, por ello, sería deseable tener ciudadanos científicamente cultos que sean capaces de seguir los mensajes científicos y tecnológicos que transmiten los distintos medios de comunicación y que después de pasar por la enseñanza obligatoria puedan integrar nuevos conocimientos de forma autónoma.

Asimismo, queremos resaltar el lado humano de los científicos, sus grandezas y debilidades, es decir, mostrar una ciencia con rostro humano, y poner de manifiesto que la ciencia es parte de la cultura, que es otra mirada a la realidad, que nos da nuevos matices de la misma, mostrando que un científico es también un humanista.

Igualmente, queremos dejar patente que detrás de cada investigación o descubrimiento existen además de ideas, seres humanos que las generan y que no suelen ser héroes inaccesibles sino que viven como la mayoría de la gente. En este sentido, Aarón Ciechanover que compartió el Premio Nobel de Química con Avram Hershko, en el 2004, se expresaba así ante los estudiantes que participaron en el Campus de Excelencia de la UPLGC, en junio del 2005:

... Un Premio Nobel no es Dios, es una persona normal, que tiene brazos, piernas y ojos, a la que un día le cambia la vida, se le produce una mutación genética al ganar este galardón pero lo importante no es ganar el premio sino trabajar con entusiasmo e ir hacia la búsqueda de la verdad a través de la ciencia.

Pues bien, en este último Módulo vamos a realizar un estudio escueto aunque suficiente para que los estudiantes adquieran una idea de cómo era culturalmente Canarias desde el siglo XVIII hasta nuestros días. Vamos a estudiar científicos que fueron célebres tanto dentro el archipiélago como fuera de él.

Los contenidos del Módulo son:

1. Historia de la Ciencia en Canarias.
2. Biografías de científicos canarios.
 - 2.1. José de Viera y Clavijo.
 - 2.2. José Clavijo y Fajardo.
 - 2.3. Agustín de Betancourt y Molina.
 - 2.4. Gregorio Chil y Naranjo.
 - 2.5. Juan León y Castillo.
 - 2.6. Blas Cabrera y Felipe.
 - 2.7. Juan Negrín López.
 - 2.8. Telesforo Bravo Expósito.
 - 2.9. Antonio González González.

ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS

La metodología didáctica viene marcada por el carácter no presencial de la asignatura. Como en el resto de las asignaturas habrá mensualmente una sesión presencial, no obligatoria, pero si conveniente ya que facilita su desarrollo. No obstante, después de cada una de ellas se pondrá en la plataforma un resumen del contenido de la sesión para que los que no hayan asistido estén al corriente de lo tratado.

La secuencia de la asignatura será:

1. Presentación general de la asignatura al empezar en el foro de la plataforma. En cada sesión presencial se mostrará un resumen de los aspectos más importantes de cada uno de los Módulos, haciendo hincapié en las actividades a realizar, que se presentarán en la plataforma según la planificación, indicando la normas para su correcto desarrollo. Al ser estas actividades de aprendizaje, se insistirá mucho en la necesidad de hacerlas después de una reflexión sobre los contenidos de los Módulos para intentar conseguir un verdadero aprendizaje.
2. Una vez que los estudiantes han profundizado en el contenido de los Módulos, se plantearán las dudas o problemas que puedan surgir que serán contestadas por el profesor tutor en un plazo máximo de cuarenta y ocho horas.
3. Dentro del tiempo señalado para ello, el estudiante enviará las actividades al tutor que las corregirá y hará cuantas sugerencias estime necesarias para el mejor aprovechamiento de los materiales a fin de conseguir un mayor rendimiento académico.

MATERIAL DIDÁCTICO

Básicamente será el Manual de la asignatura. En cada Módulo aparece una bibliografía recomendada que puede servir al estudiante para aclarar sus ideas y para profundizar en el estudio de los diversos tema.

No obstante, a lo largo del curso pueden suministrarse a través del foro, documentos complementarios que por su actualidad o interés ayuden a la consecución de los objetivos.

BIBLIOGRAFÍA

- Benlloch, M. y Williams, V. N. (1998). Influencia educativa de los padres en una visita al museo de la ciencia: actividad compartida entre padres e hijos frente a un módulo. *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (3), 451-460.
- Caamaño, A. et ál. (1995). Monografía: La educación Ciencia-Tecnología-Sociedad. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 3.
- Delgado, M.; Martínez, F.; Morera, P.; Yolanda, T.; López, P.; LLamas, C. y Botín, P. (2002). Ciencia y género. La mujer en la Historia de la Ciencia. Mujeres en la sombra. Una propuesta de enseñanza y aprendizaje para la física y química de la ESO y bachillerato. Análisis de una experiencia. *XX Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 96-104.
- Fagés, Y. y Virgili, J. *Discurso leído el 27 de junio de 1909*. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Madrid.
- Gagliardi, R. (1988). Cómo utilizar la Historia de la Ciencia en la enseñanza de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(3), 291-296.
- García, A.; Martínez, F.; Repetto, A. y Repetto, E. (1994). Doscientos años de Lavoisier, sugerencias didácticas. *Actas del VIII Congreso de la ACEC Viera y Clavijo*, 116-126.

- Guitián, C. y Repetto, E. (Eds.) (1993). Galileo. *II Congreso de alumnos de la E.U. de Profesorado*. Departamento Didácticas Especiales. ULPGC.
- Izquierdo, M. (1996). Relación entre la historia y la filosofía de la ciencia y la enseñanza de las ciencias. *Alambique*, 18, 7-21.
- Lightman, A. (1995). *Grandes ideas de la Física. Cómo los descubrimientos científicos han cambiado nuestra visión del mundo*. Madrid: McGraw-Hill.
- Lombardi, O. L. (1997). La pertenencia de la historia en la enseñanza de las ciencias: argumentos y contraargumentos. *Enseñanza de las Ciencias*, (15) 3, 343-349.
- Marco, B. y Valle, C. (1982). *Historia de la Ciencia I*. Madrid: Material Didáctico. Documentos I.E.P.S.
- Marco, B. (1984). *Historia de la Ciencia II*. Madrid: Material didáctico. Documentos I.E.P.S.
- Martínez, F. y Repetto, E. (1987). Estudio experimental e histórico de la constitución de la materia. Clasificación de las sustancias. *Actas IV Congreso de la ACEC Viera y Clavijo*, 32-57.
- Martínez, F. y Repetto, E. (1997). Un ejemplo bibliográfico de las profundas relaciones ciencia, técnica y sociedad: Blas Cabrera Felipe (1878-1945). *Alambique*, 13, 95-103.
- Martínez, F.; Mato, M. C. y Repetto, E. (1997). Aplicaciones didácticas de Historia de la Ciencia. *Curso de extensión universitaria de la ULPGC*.
- Martínez, F.; Mato, M^a.C. y Repetto, E. (1997). La Historia de la Ciencia en los currículos oficiales: implicaciones para la formación del profesorado. Murcia. *V Congreso Internacional. Enseñanza de las Ciencias*. 111-112.
- Martínez, F. y Repetto, E. (1997). Un ejemplo biográfico de las profundas relaciones Ciencia, Tecnología y Sociedad. Blas Cabrera Felipe (1878-1945). *Alambique*, 13, 95-103.
- Martínez, F. y 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, 105-113.
- Matínez, F. y Repetto, E. (2005). *Blas Cabrera Felipe*. Las Palmas de Gran Canaria: Oficina de Ciencia, Tecnología e Innovación del Gobierno de Canarias.
- Martínez, F. y Repetto, E. (2006). *Biografías de científicos canarios. Guía de recursos didácticos*. Las Palmas de Gran Canaria: Oficina de Ciencia, Tecnología e Innovación del Gobierno de Canarias.
- Matthews, M. R. (1994). Historia, Filosofía y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), 255-277.
- Mato, M^o. C. y Repetto, E. (1991). La Historia de la Ciencia como recurso didáctico. Congresos de alumnos . *IV Simposio de Enseñanza e Historia de las Ciencias*. Puerto de la Cruz. Tenerife.
- Mato, M. C.; Mestres, A. y Repetto, E. (1996). Recursos Didácticos (I). En: E. Repetto y G. Marrero. *Las estrategias de intervención en el aula desde la LOGSE*, 335-393. Las Palmas de Gran Canaria: ICEPS.
- Mato, M^a. C.; Martínez, F. y Repetto, E. (1998). La Historia de la Ciencia como estrategia facilitadora de la Educación en Ciencias: Algunas propuestas didácticas. *Actas del VI Simposio de Enseñanza e Historia de las Ciencias*. Jaca: Universidad de Zaragoza.

- Núñez, R. (2001). Educación y cultura científica. En M. Toharia. *La Ciencia es Cultura. II Congreso sobre Comunicación Social de la Ciencia*. Valencia.
- Repetto, E. y Mato, M. C. (Eds). (1991). *La relatividad cumple 75 años. I Congreso de alumnos*. Las Palmas de Gran Canaria: Departamento Didácticas Especiales de la ULPGC.
- Repetto, E.; Martínez, F. y Mato, M^a. C. (1997). Aproximación a una enseñanza de la física con rostro humano: Las biografías de los científicos. *7º encuentros ibéricos para la enseñanza de la física*. XXVI Reunión Bienal de la Real Sociedad española de Física, 91-92.
- Repetto, E.; Mato, M^a. C. y Martínez, F. (1997). Aplicaciones didácticas de la Historia de la Ciencia para la enseñanza de la física en bachillerato. Ejemplificaciones y propuestas. *7º encuentros ibéricos para la enseñanza de la física*. XXVI Reunión Bienal de la Real Sociedad española de Física, 45-46.
- Repetto, E. (Ed). (1998). *I Congreso de alumnos del Master de Educación para la Salud*. Las Palmas de Gran Canaria: Departamento Didácticas Especiales de la ULPGC.
- Repetto, E. y Martínez, F. (2002). Utilización de las biografías de los científicos en la enseñanza de las ciencias con una orientación de ciencia, tecnología y sociedad. *XX Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*. La Laguna, 279-287.
- Rix, C. y McSorley, J. (1999). An investigation into the role that school-based interactive science centers may play in the education of primary-age children. *International Journal of Science Education*, 21(6), 577-593.
- Roberts, R. M. (1989). *Serendipia. Descubrimientos accidentales en la ciencia*. Madrid: Alianza editorial.
- Sánchez Ron, J. M. (1988). Usos y abusos de la Historia de la Física en la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), 179-188.
- Sánchez Ron, J. M. (1992). *El poder de la ciencia. Historia socio-económica de la física (siglo XX)*. Madrid: Alianza.
- Sánchez Ron, J. M. (1992). Interacciones Ciencia-Sociedad a la luz de la relatividad y de su creador, Einstein. En L. Navarro. *El siglo de la Física*. Barcelona: Tusquets.
- Solbes, J. y Traver, M. (2001). Resultados obtenidos introduciendo la 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*, 19(1), 151-162.
- Solsona, N. (1997). *Mujeres Científicas de todos los tiempos*. Madrid: Talasa.
- Sutton, C. (2003). Los profesores de ciencias como profesores de lenguaje. *Enseñanza de las Ciencias*, 21 (1), 21-27.
- Usabiaga, C. et ál. (1981). *Historia de la ciencia en el aula*. Madrid: Narcea.
- Usabiaga, C. et ál. (1982) *Científicos en el aula*. Madrid: Narcea

Referencias bibliográficas

- Lombardi, O. L. (1997). La pertenencia de la historia en la enseñanza de las ciencias: argumentos y contraargumentos. *Enseñanza de las Ciencias*, (15) 3, 343-349.
- Solbes, J. y Traver, M. (2001). Resultados obtenidos introduciendo la 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*, 19(1), 151-162.

EVALUACIÓN

La evaluación de la asignatura incluye la realización de trabajos prácticos, la participación en las actividades en línea (foros de discusión, charlas, aportaciones, iniciativas y propuestas del alumnado) y una prueba escrita presencial:

Parte I. La participación en las actividades en línea y la realización de las tareas programadas aporta el 40% de la nota final y se evaluará a partir de la participación en las actividades en línea y la realización de los trabajos previstos. La nota oscila entre 0 y 4. Será necesario obtener una nota mínima de 2 puntos para superar esta parte de la asignatura.

Parte II. La parte teórica de la asignatura aporta el 60% de la nota final y se evaluará mediante una prueba escrita que consta de 30 preguntas de respuesta múltiple. La nota del examen oscila entre 0 y 6. La nota mínima necesaria para superar esta parte de la asignatura es de 3 puntos.

La asignatura se considera superada cuando el estudiante ha conseguido los mínimos necesarios (2 puntos en la parte I y 3 puntos en la parte II). La nota final consiste, superados los mínimos señalados anteriormente, en la suma de las puntuaciones de la parte I y de la parte II.

Manuales docentes de Educación Primaria

Módulo 1

La Historia de la Ciencia como recurso didáctico

PRESENTACIÓN

El papel de la Ciencia en la sociedad contemporánea cobra cada día mayor importancia. La velocidad y la trascendencia de los cambios que el desarrollo científico y tecnológico implican, exigen la máxima participación social y, consecuentemente, la puesta en marcha de nuevas estrategias que permitan el acceso generalizado a la cultura científica.

Por ello, la formación científica está llamada a desempeñar una función cada vez más decisiva en las sociedades democráticas. No sólo para hacer ciudadanos cultos sino también, y sobre todo, para hacerles partícipes de los cambios que se van produciendo y que, de una forma u otra, nos involucran a todos con el convencimiento de que una sociedad más informada es también una sociedad más libre de elegir su propio destino

El objetivo fundamental de la utilización didáctica de la Historia de la Ciencia es contribuir a un mejor aprendizaje de la Ciencia por parte de los estudiosos y a la alfabetización científica de todo ciudadano en general, a fin de que sea capaz de comprender los problemas de nuestro tiempo y pueda tomar las decisiones pertinentes.

Las implicaciones de la Historia de la Ciencia en el aprendizaje de las diferentes disciplinas científicas constituyen no sólo una línea de innovación educativa sino también de investigación didáctica desde hace bastantes años y debe repercutir, con su utilización, en la forma en que los profesores ayuden a que sus alumnos aprendan, de manera que los estudiantes descubran una forma de conocer la realidad que les permita comprenderla y actuar sobre ella de diversas maneras, a la vez que desarrollan sus capacidades personales.

Pensamos que su incorporación en la enseñanza de las diferentes materias permite mostrarla como una construcción humana colectiva, fruto del trabajo de muchas personas y no como una actividad hecha básicamente por genios. Presenta el carácter tentativo de la ciencia, las limitaciones de sus teorías y los problemas pendientes de solución evitando visiones dogmáticas.

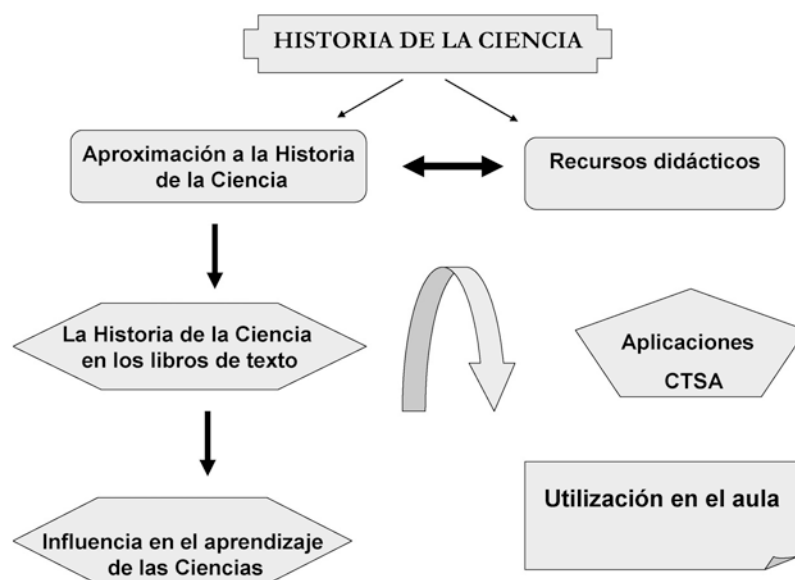
Para nosotros, el uso que puede hacerse de la Historia de la Ciencia como recurso didáctico, es muy variado. Y en este Módulo después de una introducción sobre lo que son la Historia de la Ciencia y los recursos didácticos, presentaremos una panorámica general de la utilización de algunos de estos para el aprendizaje de las Ciencias en la Escuela en el nivel de la enseñanza Primaria.

Finalmente, las características de la actitud científica como señala Núñez, (2001) son: curiosidad; crítica; constancia; creatividad y cariño hacia la humanidad y el planeta Tierra, estas son las que pretendemos desarrollar en los estudiantes a lo largo de esta asignatura.

OBJETIVOS

- Reconocer diversos medios didácticos.
- Determinar la importancia de la Historia de la Ciencia en la formación cultural de las personas.
- Valorar la Historia de la Ciencia como recurso didáctico.
- Aprender la utilización de la Historia de la Ciencia en el aula.
- Establecer las relaciones existentes entre Ciencia, Técnica y Sociedad.
- Adquirir técnicas de investigación bibliográfica.

ESQUEMA DE LOS CONTENIDOS



EXPOSICIÓN DE LOS CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN

En la enseñanza de las ciencias, aún en la actualidad, la Historia de la Ciencia y las relaciones entre la ciencia, la tecnología, la sociedad y el Medio Ambiente (CTSA), siguen mayoritariamente ausentes y tienen una escasa influencia en el desarrollo de los currículos y en las actividades de enseñanza y aprendizaje. Se sigue difundiendo en las aulas los estereotipos, tópicos y visiones deformadas aún dominantes sobre la ciencia, el trabajo científico y las rela-

ciones CTSA. Estas visiones son difundidas por una gran parte de los libros de textos y por el propio profesorado que los utiliza, de forma implícita. Se transmite inconscientemente en la forma de enseñar y en las relaciones que se establecen en el aula. Esto sigue siendo así pese a la importancia, cada vez mayor, que le otorga a la Historia de la Ciencia la investigación didáctica.

Es importante, tener en cuenta que la Historia de la Ciencia nos ayuda a determinar las propias raíces de la ciencia, el origen del conocimiento científico, contribuye a determinar cuál ha sido la evolución de las ideas científicas, cuáles fueron las condiciones sociales, políticas o económicas que condicionaron o determinaron el desarrollo científico.

Introducir la perspectiva histórica nos facilita la comprensión de la naturaleza de la ciencia y su crecimiento, nos permite destacar los aspectos humanos de la ciencia, como hecha por hombres y mujeres.

La Historia de la Ciencia contribuye a la adquisición de una imagen más real de la ciencia y del trabajo científico, a adiestrarnos en valorar y sopesar aspectos positivos y negativos de la investigación científica y en sus aplicaciones y nos ayuda a capacitarnos para tomar decisiones una vez analizada críticamente la situación objeto de nuestro estudio.

1. UNA APROXIMACIÓN A LA HISTORIA DE LA CIENCIA

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. En 1917 el *Science Teaching in Secondary Schools Report* de la Asociación Británica, pone el acento en el uso de materiales históricos en los cursos de ciencia. El *Thompson Report* considera que es una manera de destacar los aspectos humanos y sociales de la ciencia. En el año 1919 sale por vez primera el *School Science Review*, cuyo objetivo era promover la educación científica en las escuelas, y publica con cierta regularidad biografías de científicos y artículos sobre el desarrollo de la ciencia.

Entre 1970 y 1980, la *Brithis Association for Science Education*, en algunos de sus informes insistía en la recomendación de la incorporación de más material histórico y filosófico en el currículo de ciencias. Reconocían que el profesorado no estaba preparado.

En Estados Unidos, después de la segunda guerra mundial, la Historia de la Ciencia figuró de forma destacada en cursos universitarios de ciencias para no científicos. La influencia del presidente de la Universidad de Harvard, James Conant no debe olvidarse tanto que, algunos historiadores lo consideran como el iniciador en Estados Unidos de la introducción de la Historia de la Ciencia en educación científica. De hecho, sus alumnos universitarios de humanidades estudiaban “casos históricos” basados en el análisis de procesos clave en el desarrollo de la ciencia, sus implicaciones filosóficas, sociales, etc. Igualmente Cohen, historiador de la ciencia de la Universidad de Harvard, también defendió la introducción del material histórico, en los programas universitarios de ciencias. Holton y Roller (1963), marcan la continuación de la utilización de la historia y filosofía de la ciencia en la enseñanza de las ciencias. Estos libros tardaron bastantes años en llegar traducidos a nuestro país.

Sin embargo, y como afirma Matthews, las grandes reformas curriculares de ciencias de los años 60 se llevaron a cabo sin la participación de historiadores ni filósofos de la ciencia.

Como excepción podemos citar el *Harvard Project Physics Course* y la versión americana del *American Biological Science Curriculum Study (BSCS)*.

El *Harvard Project Physics Course* (estudiantes de física de secundaria) ha sido el currículo educativo de ciencias basado en principios históricos y relacionados con la dimensión cultural y filosófica de la ciencia que se ha implantado más ampliamente en Estados Unidos.

A principios de los años 60, la *International Commission on Physics Education*, defendió la utilidad de la historia de la física en la enseñanza de la física. En 1970 se llevó a cabo un encuentro en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), para defender la utilidad de la historia de la física en la enseñanza de la física. La publicación de las conclusiones constituye un reto para cualquier proyecto sobre la utilización de la historia de la física.

En los años 70, la *American Physical Society* estableció una sección de Historia de la Física y al mismo tiempo la *History of Science Society* estableció un Comité de Educación y han producido numerosos estudios históricos para su uso en el aula. La historia de la química en US ha sido empleada menos que la de la física o la biología, no obstante, el *Journal of the Chemical Education* es una de las revistas más clásicas de didáctica de la Química y en casi todos sus números está presente la Historia de la Ciencia.

En nuestro país, es un dato contrastable que las Instituciones Científicas se ha aproximado a la Historia de la Ciencia no solo con un propósito divulgador sino también formativo. Basta citar a título de ejemplo las memorias originales del descubrimiento del wolframio recogidas por Fagés, o Moles en sus discurso de entrada en la Real Academia Española de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales donde explícitamente se habla de *la conveniencia de que los investigadores jóvenes dediquen parte de su atención al estudio de la historia y a la lectura de los trabajos originales*.

Actualmente puede afirmarse que la mayoría de las revista de pensamiento o de divulgación científica que pueden leerse en lengua española, nacionales o extranjeras, contienen secciones fijas o incluyen esporádicamente artículos sobre Historia de la Ciencia.

Sin embargo, tardó más en introducirse la historia de las ciencia dentro de la enseñanza de las disciplinas científicas. Podemos citar como excepción las aportaciones de Beltrán y otros (1976, 1977) en libros de textos de BUP, las del Grupo Recerca Faraday; la contribución del Instituto de Estudios Pedagógicos de Somosaguas no sólo con la elaboración de materiales curriculares para su aplicación en el aula, centrándose en el trabajo sobre escritos de los propios científicos, sino también con los numerosos cursos de formación para el profesorado en este campo. También podemos citar a los grupos de profesores de la Universidad de Barcelona, de Valencia, de Santiago de Compostela, de Las Palmas de Gran Canaria, etc. Por otra parte, no debemos obviar la labor de divulgación, mentalización y formación llevada a cabo en este aspecto por la revista *Enseñanza de las Ciencias* desde su primer ejemplar en 1983.

Como es normal también hay críticas negativas para esta utilización. Así, por ejemplo, en la conferencia MIT (1970) se dijo:

La única historia posible en un curso de ciencias como sugiere Klein es pseudohistoria, ya que los profesores de ciencias (física) seleccionan y usan materiales históricos más allá de los propósitos científicos o pedagógicos y además existe una diferencia esencial entre las perspectivas del físico y la del historiador.

Por otra parte, Khun afirma que exponer la Historia de la Ciencia debilita las convicciones científicas necesarias para conseguir con éxito el aprendizaje de las ciencias.

Estas objeciones son serias pero no es para abandonar la historia en los cursos de ciencia. De hecho la materia de enseñanza necesita, muchas veces ser simplificada, pero esto ocurre para todas no sólo para la Historia de la Ciencia. Según Matthews (1994), la tarea pedagógica es producir una historia simplificada que ilustre la materia, pero sin que sea una caricatura del proceso histórico. La simplificación estará adecuada a la edad del grupo al que se enseñe y al currículo que se presenta.

Sánchez Ron (1988), distingue sobre la conveniencia de su utilización según sea en los niveles no universitarios y universitarios y dentro de éstos si se refieren a carreras de ciencias o 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 del bachillerato y sí mucho que los recomienda*. (Sánchez Ron, op. cit. p. 181). Con respecto al bachillerato de Ciencias no cree que aporte nada positivo como no sea en ejemplos que se puedan insertar en los libros de texto de ciencias para ilustrar algún punto de interés.

Con respecto a la enseñanza universitaria y en las facultades de ciencias, si se introducen cursos (preferible en los últimos cursos, en los de doctorado o en los de extensión universitaria) su contenido debe ser las descripciones más precisas y autorizadas que un historiador de la ciencia pueda ofrecer de la manera que se realizó un descubrimiento o desarrollada y aceptada o rechazada una teoría por científicos.

2. LA HISTORIA DE LA CIENCIA Y LOS LIBROS DE TEXTO

Utilizar un enfoque histórico también contribuye a hacer más motivante y significativo el aprendizaje de las ciencias, no obstante, los aspectos de tipo histórico están ausentes en los libros de texto y cuando aparecen son tratados de forma superficial sin atribuirles un papel relevante.

La enseñanza habitual, donde tampoco aparecen aspectos históricos, transmite una imagen deformada de la ciencia y del trabajo científico, ya que la mayoría del alumnado cree que la ciencia consiste en descubrir una realidad objetiva existente, asumiendo una visión empirista, básicamente formalista y acumulativa de la ciencia y de su crecimiento.

En la enseñanza usual de las ciencias la utilización de recursos históricos es escasa y se suele concretar en el uso explícito de algunos aspectos de la historia interna de la ciencia, como biografías de científicos, anécdotas o grandes inventos de la técnica, y la historia de algunos conceptos o modelos solo en algunos capítulos por ejemplo, la naturaleza de la luz, la estructura del átomo y muy poco más, perdiendo así la oportunidad de proporcionar una visión mucho más positiva de la ciencia y contribuir a familiarizar al alumnado con la metodología científica

Basándonos en los trabajos de Gil (1993), señalamos algunos errores o deformaciones de la ciencia y el trabajo científico a evitar que se transmiten en la mayoría de los libros existentes que son más utilizados por el profesorado y en la docencia habitual:

- *No aparecen biografías más o menos detalladas de científicos y científicas*

Solo aparecen breves referencias marginales sobre aspectos biográficos de muy pocos científicos o simples anécdotas, mucho menos de científicas, como material complementario, sin integrarlo en las actividades de la unidad.

- *No se presenta el desarrollo histórico de algunos conceptos y teorías científicas*

Apenas aparecen referencias al desarrollo histórico de conceptos y casi siempre asociadas a muy pocos temas y a los grandes genios. Así es tradicional citar: alguna controversia histórica como la dualidad de la luz entre Newton y Huygens y la evolución de los modelos atómicos: Thomson, Rutherford, Bohr, etc.

- *No aparecen citas textuales de autores científicos, ni se proponen comentarios de sus textos*

Este es uno de los factores más deficitarios, de la que prácticamente no hay presencia en todos los textos analizados.

- *Presentan la física y la química como obra de grandes genios varones*

De hecho, no destacan el trabajo colectivo o la presencia de las mujeres, ni siquiera en los casos en que las mismas han jugado un papel central en el desarrollo de la ciencia

- *Se ignora el papel de los problemas en el desarrollo de la ciencia*

Es común que no se mencionen ni siquiera los problemas que originaron el desarrollo de algunas teorías importantes.

- *El formalismo*

La ciencia constituida básicamente por las “formulas”, cuya aplicación mecánica permite resolver los problemas. Se transmite así un operativismo extremo, que reduce muchos conceptos al aprendizaje y aplicación mecánica de formulas carentes en muchos casos, para el alumnado de ningún significado físico. El desarrollo matemático y la aplicación de formulas coge en algunos casos más del 50% de la extensión del tema.

- *No muestran el carácter tentativo de toda investigación científica*

No aparece el carácter de búsqueda, de intentos sucesivos no carentes de errores. El análisis de los errores cometidos en la construcción del conocimiento científico esta prácticamente ausente en todos los libros analizados.

Prácticamente no hay diseñadas actividades explícitas sobre la Historia de la Ciencia propuestas para el trabajo personal o en clase de los alumnos. Aunque cada vez se hace notar su presencia en ediciones más recientes sobre todo posteriores a 1995. En casi todos los casos no se trata de un material integrado en la estructura principal del libro, se trata de material complementario.

3. INFLUENCIA EN LA ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS

La historia de las ciencias en el aula contribuye a conseguir que el alumnado se convenza de que las ciencias tienen que ver con la cultura: con la literatura, con la poesía, con el arte, con la historia, con la religión.

Como muestra de los muchos aspectos que se potencian con la utilización en el aula de este recurso vamos a destacar únicamente los siguientes:

- Genera motivación e interés lo que hace que las clases sean más estimulantes.
- Presenta una visión más humana y menos abstracta de los contenidos ya que relata los acciones de los hombres y de las mujeres en el ámbito de las ideas científicas.
- Ayuda a comprender mejor los contenidos científicos al mostrar su desarrollo y los cambio que se han producido.
- 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 integrativa e interdependiente de los diferentes logros humanos.
- Ayuda a desarrollar valores al conocer que los científicos son personas que con su esfuerzo hacen que progrese el conocimiento.
- Logra una mayor comprensión de los contenidos científicos.
- Proporciona un elevado número de situaciones que evidencian las relaciones CTSA.

Por todo ello, la Historia de la Ciencia puede contribuir a mejorar el aprendizaje de las diferentes ciencias. Entre las ventajas que la perspectiva histórica puede aportar al aprendizaje de las ciencias destacamos:

- Permite conocer el paralelismo existente entre las preconcepciones del alumnado y las concepciones vigentes a lo largo de la historia. Se puede extraer así de la historia información sobre las dificultades de los estudiantes, a partir de las resistencias de los obstáculos que se manifiestan a lo largo de la Historia de la Ciencia.
- Favorece la selección de contenidos fundamentales de la disciplina en función de ellos conceptos estructurantes para introducir nuevos conocimientos y superar obstáculos epistemológicos (Gagliardi y Giordan, 1986).
- Permite mostrar la existencia de grandes crisis en el desarrollo de la física y química. Se trata de mostrar el carácter tentativo de la ciencia. Esto puede favorecer los cambios conceptuales del alumnado al ajustarlos a los grandes cambios de modelos y teorías en las ciencias.
- Posibilita mostrar el carácter hipotético tentativo de la ciencia y mostrar las limitaciones de las teorías, sus problemas pendientes de solución, etc. Mostrar como la contribución de cada científico está basado en el trabajo de muchos otros, en la naturaleza colectiva del trabajo científico.
- Se puede mostrar la ciencia como una construcción humana, colectiva, fruto del trabajo de muchas personas, evitando la idea de una ciencia hecha por unos pocos genios, la mayoría hombres.

La utilización didáctica de la Historia de la Ciencia según la literatura científica contribuye en el aula a:

- 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.

Hemos de concluir afirmando que los enfoques históricos conducen a familiarizar a los alumnos con el desarrollo histórico de la ciencia y a fomentar habilidades de exploración bibliográficas pero hay que tener en cuenta la importancia de una buena organización de los contenidos ya que es necesaria para transformar los conocimientos científicos y los conocimientos cotidianos en contenido escolar deseable, decidiendo la forma en la que el contenido se presenta en el aula para ser enseñado y aprendido.

4. UTILIZACIÓN DE LA HISTORIA DE LA CIENCIA EN EL AULA

Vamos a establecer varios apartados intentando clasificar las diversas formas de utilizar didácticamente la Historia de la Ciencia y haremos una sucinta presentación de cada una de ellas:

a) Como disciplina

En primer lugar hemos de considerarla como materia de aprendizaje, es decir, una disciplina en sí misma. De hecho, los conocimientos actuales no son verdades eternas e inamovibles, sino construcciones realizadas en un contexto social definido con la utilización de métodos de análisis complicados de los que derivan nuevas teorías. En los niveles de enseñanza no universitaria aparece así tanto en la ESO como en el Bachillerato. En el nivel universitario existen cátedras y departamentos específicos en algunas universidades

b) Como medio de determinar obstáculos epistemológicos

La enseñanza actual debe cambiar de forma que cada vez se aleje más de un aprendizaje basado en la transmisión - repetición de conocimientos y se acerque a una metodología donde se establezcan estrategias que permitan al alumno realizar un trabajo cognitivo. Desde esta perspectiva, lo más importante es la determinación de los obstáculos epistemológicos, es decir, los derivados de la estructura del sistema cognitivo que tiene el alumno, ya que debe transformarlo en función de lo que aprende, lo que significa que se determina según la formación que son capaces de adquirir y no según los conocimientos que son capaces de memorizar.

c) Estudio de la evolución histórica de determinados conceptos

Algunas investigaciones en Didáctica de las Ciencias han puesto de manifiesto el “carácter histórico de determinados errores o concepciones previas de los estudiantes, es decir,

puede encontrarse un cierto paralelismo entre determinados errores de nuestros alumnos y algunas creencias que la comunidad científica ha mantenido durante algún tiempo y que después se ha demostrado que eran erróneas. Es importante, pues, el estudio de los errores conceptuales y la Historia de la Ciencia y la tecnología, así como el análisis de las diferentes controversias científicas a lo largo de la Historia de la Ciencia, esto ayudará a los alumnos a que encuentren la razón de los hechos actuales y les facilite la mejor comprensión del proceso científico.

d) *Como forma de analizar, elegir y secuenciar los contenidos de un curso*

Siguiendo las ideas de Gagliardi (1986) se pueden centrar los cursos en los conceptos estructurantes, es decir, en aquellos conceptos que una vez son construidos por el alumno determina una transformación de su sistema conceptual que le permite seguir aprendiendo. Con la utilización de la Historia de la Ciencia pueden señalarse cuales han sido los conceptos que han permitido el desarrollo de una ciencia.

e) *Como ayuda para la comprensión de los distintos procesos del quehacer científico*

Se pretende promover una discusión sobre los mecanismos de construcción y reproducción del conocimiento, a nivel del propio alumno y en el ámbito de la sociedad. Es importante que los alumnos sepan que están reproduciendo conocimientos ya elaborados anteriormente y como afirma Gagliardi (1988), los alumnos no hacen ciencia en la clase, su actividad no es similar a la científica.

f) *Como recurso didáctico*

Un *recurso didáctico*, en un sentido amplio puede ser cualquier objeto o acción que pueda utilizarse para favorecer el aprendizaje de los alumnos así como el desarrollo profesional de los docentes. Por otra parte, los recursos, permiten interpretar el currículo; son intermediarios entre los contenidos y las decisiones que sobre los mismos debe tomar el profesor: análisis de los contenidos, selección, secuencia y distribución temporal.

Creemos que no es necesario resaltar que los recursos que se utilizan responden lógicamente, a un proyecto educativo determinado y a un modelo didáctico previo. Nosotros basados en la metodología propugnada por los diseños curriculares nos vamos a referir normalmente al modelo constructivista de enseñanza y aprendizaje.

La utilización de este modelo prescribe como conveniente que el profesorado ya que, debe preparar las condiciones necesarias para favorecer procesos significativos en el aula y fuera de ellas, debe dominar la utilización de los recursos que ha de emplear ya que esto incide directamente sobre el aprendizaje de sus alumnos. Y podríamos preguntarnos sobre las características básicas que debe presentar un recurso cualquiera para que podamos considerarlo como eficaz. Consideramos que deben responder a las características siguientes:

- Que estén incluidos en la planificación de la unidad didáctica correspondiente.
- Que el profesor los conozca perfectamente.
- Que sean los más adecuados para la consecución de los objetivos propuestos, al menos dentro de los que se dispongan.
- Que sean sencillos de utilizar.
- Que faciliten la investigación del alumno.

Pues bien, el uso que puede hacerse de la Historia de la Ciencia como recurso didáctico, según la literatura científica, es muy variado: estudio de documentos originales, anécdotas, biografías, estudio de la evolución histórica de los conceptos, etc. Por otra parte, también es interesante conocer la imagen del científico en la realidad escolar, en el contexto socio-ambiental más próximo. Todo ello brinda a los estudiantes diferentes ideas para su actividad profesional, bien como historia de sujetos particulares que se presentan en clase de una manera explícita, bien como fuente de ideas para la construcción de conceptos y habilidades científicas.

Estimamos también que es necesario ayudar a los alumnos a encontrar razón de los acontecimientos actuales y a facilitarles una mejor comprensión del proceso científico. Para ello podemos introducir paulatinamente elementos de la Historia de la Ciencia. Por otra parte, creemos interesante insistir en el hecho real de que cuando la información que se facilita a los estudiantes no proviene de los libros de texto aumenta la posibilidad de que vuelvan nuevamente a ella y crece el estímulo hacia la búsqueda de información en lugares variados (Repetto, 1990).

Fundamentado en todo lo anteriormente expuesto, los alumnos pueden abordar el estudio de diferentes textos históricos con objeto de deducir las características de los procesos científicos. Por otra parte, les puede servir para aclarar lo que significa la metodología de la Ciencia, la influencia que ejerció en su tiempo, la relación con otros de su época y la contribución de sus aportaciones a la humanidad.

Trataremos brevemente la utilización de alguno de estos recursos aunque alguno de ellos lo desarrollemos con más amplitud en los módulos siguientes.

1) Las biografías de científicos

Las biografías se utilizan para poner de manifiesto aspectos humanos de los científicos junto con sus principales aportaciones científicas. Consideramos que presentan unos valores didácticos indiscutibles ya que, la lectura de una biografía, además de motivar el estudio de los temas científicos, puede ser complementaria del trabajo de clase y pensamos que el descubrir y resaltar los aspectos humanos de estos científicos puede generar interés en los estudiantes.

Tiene un gran interés formativo el que el alumnado después de buscar información, tanto en la biblioteca del centro como en Internet, la trate, seleccione y realice una biografía estructurada completando los diferentes apartados que aparecen en la ficha que hemos diseñado al efecto y que exponemos en las ejemplificaciones.

2) El comentario de textos científicos

El texto a comentar puede ser original del científico que estudiamos o bien referirse a su vida o sus investigaciones.

Consideramos como documentos originales aquellos en que los científicos describen algún descubrimiento, una experiencia, una reflexión, etc. Estos textos originales pueden

perfectamente utilizarse para motivar el aprendizaje de algunos temas de las diferentes disciplinas científicas, así como para el estudio interdisciplinar de una determinada época histórica, estableciendo las correspondientes relaciones entre la Ciencia, la Tecnología, la Sociedad y el Medio Ambiente.

Comentar un texto científico es fundamentalmente desentrañar el lenguaje científico contenido en el mismo, buscar relaciones entre lo escrito y lo conocido por la sociedad en el momento de ser escrito. Es también, entresacar las ideas fundamentales, separándolas de las secundarias; encontrar implicaciones de lo desarrollado en el texto en otros campos de la ciencia y la sociedad; es saber hacer un juicio crítico y valorativo de las ideas que en el texto se recogen y, finalmente es contribuir a comprender y expresar mensajes científicos utilizando el lenguaje oral y escrito con propiedad.

3) Los experimentos históricos

La experimentación es uno de los procesos involucrados en la investigación, en la construcción del conocimiento científico. Mediante la experimentación el científico puede contrastar las hipótesis emitidas; reproduciendo el fenómeno en estudio, en condiciones controladas y determinadas; existiendo la posibilidad de estudiar la influencia que determinados factores pueden tener. Es aplicable tanto para defender una teoría como para rechazarla; así como para justificar una observación, reproducir fenómenos de la naturaleza, o bien para dar a conocer nuevos instrumentos que aumentan las posibilidades de intervenir en la naturaleza.

4) Las exposiciones didácticas

Las exposiciones son ofertas informales de aprendizaje que actúan como recurso didáctico y donde los visitantes casi nunca la perciben como una organización educativa. Deben ser poco complejas y estar bien estructuradas para que sean fáciles de observar; permitan reconocer relaciones; incluso desarrollar escalas de valores y ayudar a que se consigan los objetivos de aprendizaje que se han establecido. Es importante aclarar que en este contexto se entiende por aprendizaje no sólo la adquisición de hechos y conceptos científicos sino más bien la posibilidad de aplicar las ideas aprendidas en las exposiciones, así como el cambio de algunas actitudes y también las interacciones socialmente mediadas entre los grupos de compañeros o familiares que visitan la exposición.

Hemos de considerar que el modelo didáctico “exposición educativa” exige un ambiente bien estructurado.

Por ello, se deben presentar las láminas donde figura la información de forma perfectamente organizadas siguiendo un hilo conductor que facilite el aprendizaje del visitante al ofrecerle una visión general y presentándole algunas cuestiones que les conduzcan a la búsqueda de algunos elementos. Estas exposiciones deben ser cortas y sin excesiva información para que no abrumen al visitante, por una parte, y sea más fácil retener las ideas fundamentales.

El diseño de la exposición, lógicamente trata de favorecer un proceso de aprendizaje y podríamos entender como “formal” la intención educativa que lo anima. Pero también hemos de tener en cuenta que en ella los visitantes deciden lo que quieren aprender y son libres de planificar el recorrido que hacen, dónde se detienen, lo que observan y lo que no.

El visitante puede aprender algo, pero no depende sólo de la calidad de la exposición en sí misma, sino también de la capacidad del visitante de observar la exposición de una manera activa, por ello, es muy importante la preparación de esta visita didáctica en el caso del alumnado de un centro o cuando van a participar personas que pertenecen a algún colectivo.

Es cierto que la mera contemplación de las imágenes y la lectura de los textos producen motivación pero no es óbice para que también el profesorado pueda y deba planificar una serie de actividades para antes o después de la visita a la exposición. Igualmente, los organizadores de la exposición, en el catálogo o guía que realicen pueden incluir algunas preguntas que motiven más al visitante o le hagan reflexionar sobre los aspectos que crean más interesantes.

La atmósfera informal que se crea en una exposición propicia la interacción entre los visitantes, padres, profesores, lo que ayuda a consolidar el aprendizaje.

Especial interés tiene la guía didáctica o catálogo de la exposición. No obstante queremos resaltar que más que el catálogo tradicional de una exposición, en estas muestras de carácter didáctico debe primar la ayuda al visitante para que aprenda. El profesorado o la persona que pueda guiar, en su caso la visita, debe prepararla con antelación además de facilitar las cuestiones que en el caso de los estudiantes tendrán que resolver en casa o en el aula como complemento a ella. Para grupos organizados de visitantes, familias o para el que asiste solo a visitar la exposición debe existir también un material que guíe el recorrido y donde se resalten los aspectos dignos de destacar.

4.1.) Las exposiciones hechas por el alumnado

Una variante de las exposiciones podemos encontrarlas en las que puedan ser diseñadas y llevadas a cabo por los estudiantes de un curso, nivel, centro o incluso entre varios centros para estudiar un tema determinado, para celebrar el aniversario de algún acontecimiento, el año o el día de..., etc.

Una vez elegido el tema se divide la clase en grupos de trabajos y el profesorado da las instrucciones generales para su desarrollo. Asigna, por elección o por sorteo, un apartado del tema a cada grupo y explica cómo ha de hacerse el diseño y confección de los diferentes murales o paneles que han de formar parte de la exposición. El alumnado después de documentarse, hace un esbozo o diseño del trabajo de investigación y lo discute con el profesorado y elaboran los materiales. Una vez montada la exposición llevan a cabo la función de guías de los visitantes y atienden al público. Lógicamente tienen que preparar previamente un esquema que debe ser también discutido con el profesorado.

5) *El vídeo educativo*

Existen muchos vídeos que presentan la biografía de científicos, otros que muestran algunas experiencias históricas, o descubrimientos que han influido en la vida de los hombres y mujeres. Su utilización dependerá del momento de la acción didáctica donde el profesorado decida que debe hacer uso de él. Como norma general, el alumnado debe tomar nota de los datos fundamentales del mismo y que aparecen reseñados en la ficha diseñada al efecto. Igualmente, el profesorado debe preparar unas cuestiones para que los alumnos las cumplimenten antes de la proyección. La razón de ello es introducir al estudiante en el tema de estudio así como hacerles recapacitar sobre fenómenos o hechos que le pueden ayudar a la comprensión de la película que van a visionar. Una vez cumplimentadas el profesor hará una puesta en común o debate para comprobar que los alumnos las conocen y aclarar las posibles dudas. También tendrán que leer la ficha donde figuran las cuestiones ductoras que deberán contestar después de la proyección. Es una forma de guiar la actividad del alumno y que fije la atención en los aspectos más importantes. Después de visionar la proyección y realizar las cuestiones respectivas, se hará otra puesta en común o debate entre todos los alumnos de la clase.

Es conocida de todos la importancia que tiene la imagen para la información y la comprensión de los mensajes en general y, por tanto, de los contenidos científicos. Por ello vamos a exponer como utilizar un vídeo con fines didácticos para lograr una mayor efectividad del aprendizaje.

Existen muchos vídeos que presentan la biografía de científicos, otros que muestran algunas experiencias históricas, o descubrimientos que han influido en la vida de los hombres. Su visionado se llevará a cabo en el momento de la acción didáctica donde el profesor decida que debe hacer uso de él. Como norma general, los alumnos deben tomar nota de los datos fundamentales del mismo. Normalmente el profesor presenta una ficha guía al alumno y en ella también figuran, unas cuestiones que el profesor debe preparar con antelación para que los alumnos las cumplimenten antes de la proyección, esto tiene una justificación didáctica ya que su objetivo fundamental es introducir al estudiante en el tema de estudio así como hacerle recapacitar sobre fenómenos o hechos que le pueden ayudar a la comprensión de la película que van a visionar. Una vez cumplimentadas el profesor hará una puesta en común-debate para comprobar que los alumnos las conocen y procederá a aclarar las posibles dudas. A continuación, tendrán que leer las cuestiones que deberán contestar después de la proyección y que lógicamente también figuran en la ficha. Es una forma de guiar la actividad del alumno y hacer que fije la atención en los aspectos más importantes. Después de la proyección y realizar las cuestiones, se hará otro debate entre todos los alumnos de la clase.

6) *Las simulaciones o juegos de rol*

Es una técnica de dramatización en grupo que tiene la finalidad de ensanchar el campo de experiencias de las personas. Los participantes actúan como en un escenario en el que ni los argumentos de lo que representan ni los papeles de los diferentes actores están totalmente

escritos con anterioridad. Puede ser muy útil para interpretar controversias científicas históricas. Cada estudiante o grupo de ellos representan los diferentes papeles o visiones sobre el problema en estudio.

7) *Los congresos realizados por el alumnado*

Es interesante tanto desde el punto de vista científico como didáctico que los alumnos organicen, preparen y lleven a cabo *congresos*, convencidos como estamos de la influencia positiva de la Historia de la Ciencia en la formación de los estudiantes (Repetto, 1992). Por otra parte, y como afirman Pozo y Gómez Crespo (1997), la motivación no sólo es un requisito previo al aprendizaje sino también una consecuencia de la enseñanza, por otra parte, el clima del aula deriva del desarrollo de lecciones interesantes y de una buena práctica educativa.

Por ello, tanto la motivación como la disciplina en el aula depende, en gran medida en la implicación de los alumnos en tareas que le sean relevantes y de la valoración positiva de los trabajos que haga, todo lo cual contribuye a generar un ambiente de trabajo ordenado y distendido y, en definitiva, a un cambio actitudinal (Gil, et ál. 1991).

Pues bien, el *congreso* podría utilizarse para estudiar la vida y obra de un científico cuya efeméride se celebre o bien para analizar una obra concreta de un autor. Los estudiantes son los que elaboran y defienden las diferentes comunicaciones, después de un trabajo de investigación bibliográfica. Nuestra experiencia demuestra la evaluación positiva de esta actividad que hemos llevado a cabo en repetidas ocasiones. (Repetto y Mato, 1991; Guitián y Repetto, 1993; García, Martínez y Repetto, 1994 y Repetto, 1998).

Para su organización, el profesor divide la clase en grupos de trabajo y les asigna el tema de la comunicación que deberán presentar, que será el resultado de los trabajos de investigación bibliográfica que cada grupo ha de llevar a cabo. Según el nivel educativo donde se vaya a poner en práctica, esta distribución de tareas se hará con más o menos antelación con objeto de que tengan el tiempo suficiente para el desarrollo del trabajo previo. Los alumnos también diseñarán un cartel anunciador con motivos alusivos al tema y tendrán previsto los recursos didácticos que estimen necesarios para la exposición y defensa de su trabajo. Las comunicaciones serán corregidas por el profesor y después discutidas con el grupo correspondiente, se fotocopian y entregan al resto de los grupos de la clase para que el día del *congreso* ya conozcan el tema y puedan participar en el debate que se ha de establecer después de cada presentación.

El día señalado para el evento los alumnos irán exponiendo paulatinamente, y según un horario previamente elaborado por ellos, los temas asignados. Entre una y otra intervención se dejan unos minutos para que pueda establecerse un debate; hemos comprobado que es una buena ocasión para que desarrollen su creatividad, se relacionen entre ellos así como que se responsabilicen de tareas de dirección y coordinación.

8) *La 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.

El uso que puede hacerse de este recurso es muy variado. A título orientativo señalamos:

- Utilización de un artículo sobre determinados problemas científicos, como información para los alumnos.
- 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.
- Noticias sobre acontecimientos de actualidad que pueden ser empleados como motivación. Es lo que en la enseñanza tradicional se denominaba como *lección ocasional*.
- Requerir la opinión de los alumnos sobre el nivel científico o cultural de determinados artículos, reportajes, noticias, etc, que aparecen en prensa, sobre temas relacionados con las diversas materias que se estudian en cada etapa o ciclo.

Unas veces podrá utilizarse como motivación e introducción del tema y otras para la adquisición de determinados conceptos o para su aplicación o evaluación, siendo el profesor el que en su planificación de la unidad debe determinar tanto el momento de su introducción como el objetivo específico a desarrollar.

En todos los casos la metodología será muy similar: se elegirán textos adecuados, se elaborarán claves de lectura apropiadas para facilitar a los alumnos su comprensión, y se desarrollará finalmente una puesta en común o debate para su discusión.

9) *Las entrevistas de prensa realizadas a científicos*

Es un recurso importante cuando se pretende conocer o descubrir la faceta humana de un científico. Pueden utilizarse preferentemente las realizadas a ellos mismos pero también pueden ser válidas las que se llevan a cabo a parientes, compañeros o personas de reconocido prestigio que los conocieron o que se han especializado en su obra científica. Pueden emplearse las que aparecen en las revistas, periódicos, televisión, radio o bien las que podamos hacer directamente nosotros.

En primer lugar se recortará la entrevista o se transcribirá, si es muy larga se puede resumir, resaltando los aspectos de mayor interés. 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.

10) *El puzle como estrategia de trabajo cooperativo*

La técnica del puzle o rompecabezas es una actividad que exige que el profesorado divida el tema de estudio en tantas partes como miembros vayan a constituir cada grupo de trabajo.

Como ejemplo si dividimos a los 30 alumnos de la clase en seis grupos de cinco cada uno tendremos que hacer cinco partes del tema a tratar. Si se trata de una biografía de un científico la dividiremos en cinco partes o piezas que habrá que reconstruir de forma cooperativa.

Los estudiantes, en grupos, leen individualmente la fracción del tema que les ha correspondido con la intención de entenderlo bien.

El segundo paso consiste en la agrupación de los que tengan el mismo tópico o documento, reunión de expertos, para poner en común la misma información, se aclaran dudas y se hacen síntesis, acordando la forma de explicarlo a los demás miembros del grupo de origen.

Una vez garantizada la comprensión individual se vuelve al grupo de origen. En este tercer momento o fase, cada miembro del grupo explica su fragmento del tema a los demás, que atienden, toman notas y preguntan sus dificultades.

Cuando los conocimientos están adquiridos, después de un tiempo de estudio y reflexión personal, se puede realizar una evaluación de lo aprendido de cada tópico y del conjunto del tema, en este ejemplo, la reconstrucción de la biografía.

5. LAS RELACIONES CIENCIA, TECNOLOGÍA, SOCIEDAD Y MEDIO AMBIENTE

Es una de las formas de utilizar la Historia de la Ciencia como recurso didáctico. La hemos separado del resto con objeto de proceder en este primer Módulo de la asignatura a estudiarla con más profundidad cosa que iremos haciendo a lo largo de la asignatura con cada uno de los descritos en el apartado anterior. Queremos dejar constancia que únicamente hemos utilizado criterios meramente organizativos para establecer este orden.

La historia social de la ciencia no es otra cosa que las relaciones CTSA a lo largo de la historia. La perspectiva histórica y las interacciones CTSA hay que integrarlas en el modelo de enseñanza aprendizaje de problemas relevantes por investigación orientada, no pueden introducirse al margen de la construcción del conocimiento por el alumnado.

La ciencia y la tecnología no se pueden estudiar fuera del contexto social en el que se manifiestan. Ellas conviven en beneficio mutuo y repercuten tanto en la sociedad como en Medio Ambiente y, el papel de la ciencia en la sociedad es inseparable del papel de la tecnología y es precisamente, por ello, por lo que empiezan a surgir preguntas cada vez más serias sobre el papel que cumple la ciencia y la tecnología en nuestra sociedad y cuáles son sus repercusiones en el Medio Ambiente.

De hecho podemos afirmar con que si el siglo XVII fue de las matemáticas, el siglo XVIII el de las ciencias físicas, el siglo XIX el de la biología en el siglo XX empezó el siglo del cambio y continua hasta estos comienzos del XXI, ya que es lo único constante; no sólo cambios que se manifiestan en la ciencia y en la tecnología sino también en la sociedad y en el Medio Ambiente.

Por otra parte, al estudiar los efectos de la ciencia en la sociedad, no se trata solamente de los efectos en la sociedad actual, sino también de los efectos sobre la sociedad futura. Hemos de considerar que en las sociedades tradicionales estaban bien definidas las funciones

del individuo, había una armonía entre la naturaleza, la sociedad y el hombre. Ahora bien, la ciencia trajo consigo la desaparición de este marco tradicional, la ruptura del equilibrio entre el hombre y la sociedad y una profunda modificación del ambiente. Aunque no debemos culpar directamente de esto a la ciencia. Es notoria la diferencia desde hace unos años atrás cómo la tecnología ha modificado la vida cotidiana, hoy por hoy, el hombre se ve arrastrado al pluriempleo, al horario nocturno de trabajo el cual es producto de los avances tecnológicos para satisfacer las necesidades de la humanidad, con el fin de alcanzar cierto nivel de vida, que por otra parte es muy difícil de mantener.

Desde la Edad del Hierro, el hombre ha tenido una tecnología, es decir, la capacidad de modificar la naturaleza en un grado u otro. Si bien es verdad que la tecnología proporciona estimables beneficios a corto plazo: una mayor productividad proporciona a la sociedad unos recursos que permiten disponer de más tiempo libre e incluso, promover la propia labor científica, etc. No obstante, cuando quedan satisfechas esas necesidades básicas y la tecnología empieza a proporcionar beneficios cada vez más triviales, es cuando surgen esencialmente los problemas. Por ejemplo, los desechos ambientales que produce la tecnología han creado nuevas formas de enfermedades y fomentado otras; el propio trabajo es hoy más monótono y decepcionante; el hecho de tener que dedicar mucho tiempo al desplazamiento al lugar del trabajo e incluso al colegio de los hijos así como el trabajo de la mujer fuera del hogar altera el concepto de convivencia familiar en muchas ocasiones.

Por otro lado si consideramos que la libertad es “el poder elegir”, vemos que la gran mayoría de la humanidad ha elegido hipotecar en cuotas su libertad para obtener los beneficios y placeres que le brinda la tecnología.

Bajo el punto de vista didáctico hemos de considerar que una de las posibles causas del desinterés hacia las ciencias y su estudio y de las actitudes negativas de los estudiantes es la desconexión entre la ciencia que se enseña y el mundo que les rodea, su falta de aplicaciones prácticas, es decir, la ausencia de las interacciones CTSA.

El aprendizaje de los conocimientos científicos no debe reducirse exclusivamente a su componente conceptual, sino que debe integrar los problemas asociados a los mismos, abordando las aplicaciones de dichos conceptos, fundamentalmente en sus aspectos biológico, industrial o ambiental y sus implicaciones sociales. Las interacciones Ciencia, Tecnología, Sociedad y Medio Ambiente, tienen como objetivo ayudar a comprender el mundo en el que vivimos y facilitar la respuesta a preguntas que surgen del entorno cotidiano. Esta dimensión de la Ciencia posee un carácter intrínsecamente formativo (cultural) que además puede contribuir a despertar o a aumentar el interés por el estudio de las diferentes disciplinas científicas y sobre todo favorece la toma de decisiones fundamentada.

Pero como afirma Caamaño (1995), basta con fijarnos en la Historia de la Ciencia para darnos cuenta que el desarrollo científico ha venido marcado por la controversia, las luchas por la libertad de pensamiento, las persecuciones, la búsqueda de soluciones a los grandes y pequeños problemas que la humanidad tenía planteados, y todo ello está lejos de resultar algo aburrido y monótono (Gagliardi 1988, Gil et ál. 1991).

De ahí la necesidad de recuperar los aspectos socio históricos, de relación CTSA, que permiten una visión más contextualizada de la ciencia y suministran un elevado potencial motivador. La discusión del papel social de la ciencia, del mito de la neutralidad del científico de los espectaculares avances del siglo XX, que permiten contraponer los medios para

salvar y mejorar la vida, con los medios para destruirla, así como del cada vez mayor conocimiento de nosotros mismos y de nuestro universo, o de los condicionamientos del desarrollo científico y tecnológico y sus consecuencias, deben suministrar a la enseñanza de las ciencias el potencial e interés del propio desarrollo científico enmarcado en un progreso social sostenible.

La inclusión de las relaciones CTSA en la enseñanza da relevancia a las clases de ciencias, ya que, por un lado, atraen la atención de los estudiantes que quizás antes no habían visto la necesidad de estudiar ciencias y, por otro, estimulan también la enseñanza de las ciencias, al relacionarlas con las discusiones sobre cuestiones humanas, éticas e incluso políticas, contribuyendo a la comprensión pública de la ciencia.

Los objetivos básicos son:

- Promover el interés por conectar la ciencia con las aplicaciones tecnológicas y los fenómenos de la vida cotidiana y abordar el estudio de aquellos hechos y aplicaciones científicas que tengan una mayor relevancia social.
- Abordar las implicaciones sociales y éticas que el uso de la tecnología conlleva.
- Adquirir una comprensión de la naturaleza de la ciencia y del trabajo científico.

Estos objetivos de la educación CTSA pueden resumirse y articularse en torno a tres campos: el de la ciencia aplicada, el de la ciencia y la sociedad y el de la naturaleza de la ciencia.

Actividad 1

Lea el documento I y elabore las correspondientes cuestiones ductoras.

DOCUMENTO I. 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 qué entre otros problemas tenía el del excesivo consumo de carbón debido a su bajo rendimiento.

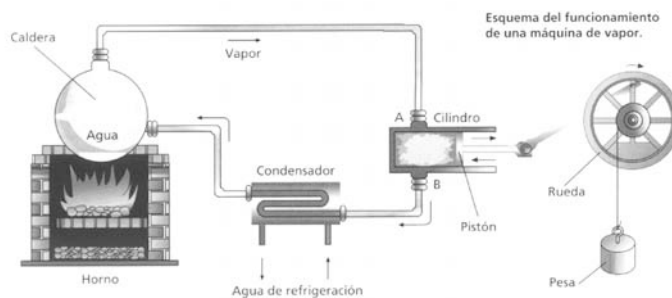
El primer convertidor que, a escala industrial, era capaz de transformar energía interna de tipo térmico en energía mecánica fue *la máquina de vapor*. En el siglo XVII un gran molino de viento, con aspas de 30 m de diámetro, no podía desarrollar una potencia mayor de 25 Kw. La máquina de vapor permitió 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.

CUESTIONES DUCTORAS

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

Actividad 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 extraemos algunas ideas en el documento II que deben leer detenidamente y luego contestar las correspondientes cuestiones dutoras.

DOCUMENTO II

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 DUCTORAS

1. Lea 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. Haga una pequeña biografía de Richard Ernst.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

- Álvarez, A. y ál. (1995). La Historia de la Ciencia como estrategia para la enseñanza en el Bachillerato. Análisis interdisciplinar de la figura de Albert Einstein. *Alambique*, 5, 123-129.
- Guitián, C. y Repetto, E. (1993). Galileo. *Actas del II Congreso de alumnos*. Las Palmas de Gran Canaria: Departamento Didácticas Especiales de la ULPGC.
- Marco, B. (1982). *Científicos en el Aula*. Apuntes IEPS, 30. Madrid: Narcea.
- Marco, B. (1984). *Historia de la Ciencia (I) y (II)*. Material Didáctico. Madrid: Documentos IEPS. Narcea.
- Martínez, F.; Mato, M^a. C. y Repetto, E. (1997). La Historia de la Ciencia en los currículos oficiales: implicaciones para la formación del profesorado. Murcia. *V Congreso Internacional. Enseñanza de las Ciencias*. 111-112.
- Martínez, F. y Repetto, E. (1997). Un ejemplo biográfico de las profundas relaciones Ciencia, Tecnología y Sociedad. Blas Cabrera Felipe (1878-1945). *Alambique*, 13, 95-103.
- Martínez, F. y Repetto, E. (2006). Biografía de científicos canarios. *Guía de recursos didácticos*. Las Palmas de Gran Canaria: Consejería de Educación, Cultura y Deportes del Gobierno de Canarias.
- Mato, M^a. C.; Martínez, F. y Repetto, E. (1998). La Historia de la Ciencia como estrategia facilitadora de la Educación en Ciencias: Algunas propuestas didácticas. *Actas del VI Simposio de Enseñanza e Historia de las Ciencias*. Jaca: Universidad de Zaragoza.
- Matthews, M. R. (1994). Historia, filosofías y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual. *Enseñanza de las Ciencias*(1994), 12 (2), 255-279.
- Medina, M. y Sanmartín, J. (1990). *Ciencia, Tecnología y Sociedad*. Barcelona: Anthropos, 1.
- Núñez, R. (2001). Educación y cultura científica. En M. Toharia. *La Ciencia es Cultura. II Congreso sobre Comunicación Social de la Ciencia*. Valencia.
- Vilches, A. (1994). La Introducción de las interacciones Ciencia, Técnica y Sociedad (CTS). Una propuesta necesaria en la Enseñanza de las Ciencias. *Aula de innovación*, 27, 32-40.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Beltrán, J. et ál (1976). *Física y Química*, 2º BUP. Madrid: Anaya.
- Beltrán, J et ál (1977). *Física y Química*, 2º BUP. Madrid: Anaya.
- Caamaño, A. et ál.(1995). Monografía: La educación Ciencia-Tecnología-Sociedad. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 3.
- Fagés, Y. y Virgili, J. *Discurso leído el 27 de junio de 1909*. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Madrid.
- Gagliardi, R. (1986). Los conceptos estructurales en el aprendizaje por investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(1), 30-35.

- Gagliardi, R. (1988). Cómo utilizar la Historia de la Ciencia en la enseñanza de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(3), 291-296.
- Gil, D.; Carrascosa, J.; Furió, C. y Martínez Torregrosa, J. (1991). *La enseñanza de las Ciencias en la educación Secundaria*. Barcelona: ICE- Horsori.
- Gil, D. (1993). Contribución de la historia y de la filosofía de las Ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza-aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (2), 197-212.
- Gil, D. (1993). Contribución de la historia y de la filosofía de las Ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (2), 197-212.
- Grup Recerca (1982). *Projecte Faraday. Física i química per al batxillerat*. Barcelona: ICE Universidad Autónoma.
- Holton, G. y Roller, D. (1963). *Fundamentos de la Física Moderna*. Barcelona: Reverté.
- Matthews, M. R. (1994). Historia, Filosofía y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), 255-277.
- Moles, E. *Discurso leído el 28 de marzo de 1934*. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Madrid.
- Pozo, J. I. y Gómez-Crespo, M. A. (1998). *Aprender y enseñar ciencias*. Madrid: Morata.
- Repetto, E. (1990). *Diseño, aplicación y evaluación de módulos de aprendizaje para la formación inicial del profesorado de E.G.B. de Ciencias*. Las Palmas de Gran Canaria: Departamento de Didácticas Especiales de la ULPGC.
- Repetto, E. y Mato, M. C.(1991). *La Relatividad cumple 75 años*. Las Palmas de Gran Canaria: Departamento de Didácticas Especiales de la ULPGC.
- Sánchez Ron, J. M. (1988). Usos y abusos de la Historia de la Física en la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), 179-188.

EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN

1. Un recurso didáctico es:
 - a) Cualquier medio que ayude al estudiante a aprender.
 - b) Únicamente el profesor y los libros de texto.
 - c) Actualmente sólo los medios audiovisuales.
 - d) En nuestra metodología únicamente la plataforma educativa.

2. La Historia de la Ciencia se utiliza ampliamente en el área de Conocimiento del medio.
V F

3. La enseñanza de las Ciencias en Bachillerato se fundamenta en la historia de los descubrimientos científicos.
V F

4. Los profesores están mentalizados de la importancia didáctica del desarrollo histórico de las diversas teorías.
V F

5. ¿Es de uso normal en un Centro la representación de hechos históricos como recurso para el aprendizaje de las ciencias?
V F

6. Por su experiencia personal ¿puede afirmar que los congresos de alumnos son eficaces para adquirir algunas competencias de las señaladas en la Educación Primaria?

SOLUCIONES A LOS EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN

1. a
2. F
3. F
4. F
5. F

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Ciencia: conocimiento cierto de las cosas por sus principios y causas.

Cuerpo de doctrina metódicamente formado y ordenado que constituye un ramo particular del humano saber.

Saber o erudición. (*Diccionario RAC*, 1970).

Caballo de vapor: unidad de potencia mecánica, que sirve para medir la capacidad de un motor o una máquina. Equivale a 736 vatios. Abreviadamente se escribe CV. Se llama también caballo de vapor métrico o internacional para distinguirlo del caballo de vapor inglés o *horse-power* (HP), o, 12 veces mayor que él. Esta unidad se concibió por James Watt para apreciar la capacidad de trabajo de una máquina de vapor comparándola con la de un caballo ordinario.

Desarrollo sostenible: es el que permite satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades.

Energía: es la capacidad de realizar un trabajo.

Energía cinética: la que posee un cuerpo debida a su movimiento, es decir a la velocidad que lleva. $E = mv^2 / 2$

Energía mecánica: es la energía que se obtiene por un trabajo cualquiera.

Energía potencial: es la que tiene un cuerpo en virtud de su posición en un campo de gravedad, eléctrico, magnético, etc.

Julio: unidad de trabajo mecánico equivalente al trabajo que realiza la fuerza de un newton cuando desplaza su punto de aplicación un metro.

También es unidad práctica de trabajo eléctrico. Representa el producido en un segundo por una corriente de un amperio al pasar por una resistencia de un ohmio.

Medio Ambiente: Medio Ambiente, conjunto de elementos abióticos (energía solar, suelo, agua y aire) y bióticos (organismos vivos) que integran la delgada capa de la Tierra llamada biosfera, sustento y hogar de los seres vivos.

MIT: el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT, del inglés *Massachusetts Institute of Technology*) es una de las principales instituciones dedicadas a la docencia y a la investigación en Estados Unidos especialmente en ciencia, ingeniería y economía. El Instituto está situado en Cambridge, Massachusetts y cuenta con numerosos premios Nobel entre sus profesores y antiguos alumnos. MIT es considerada como la mejor universidad de ciencia e ingeniería del mundo.

Watio: unidad de potencia llamada así en honor de Watt equivalente al trabajo de un julio por segundo. Un caballo de vapor equivale a 746 vatios.

Manuales docentes de Educación Primaria

Módulo 2

Recursos bibliográficos

PRESENTACIÓN

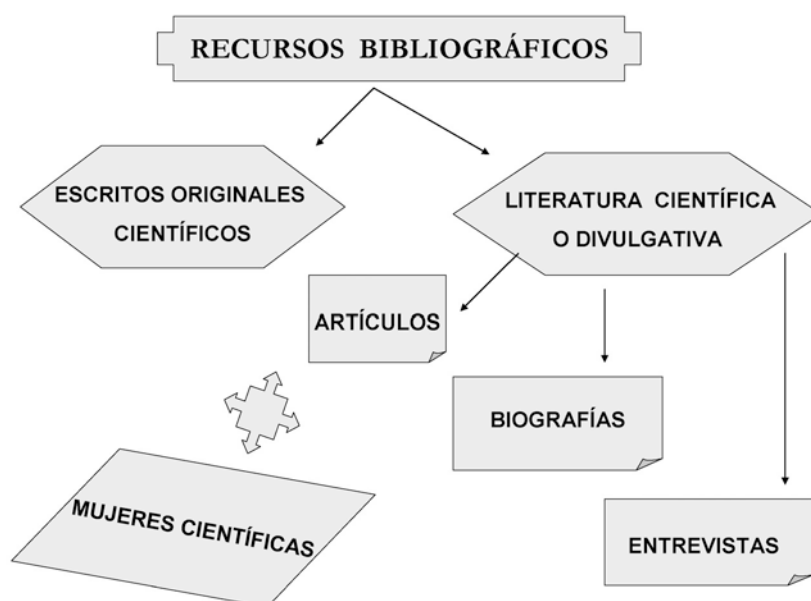
En este Módulo hemos agrupado, para su estudio, una serie de recursos didácticos que hemos llamado “bibliográficos” ya que podemos encontrarlos, fundamentalmente, en este tipo de publicaciones. Son documentos muy interesantes y podemos acceder a ellos tanto en bibliotecas como hemerotecas tanto en soporte papel como digitalizados y a través de Internet, por ello están al alcance de todos.

También hemos incluido en este Módulo un apartado final dedicado al estudio de las mujeres científicas y hacemos mención de la biografía de alguna de ellas. Para no hacer excesivamente largo el módulo hemos elegido, a título de ejemplo dos científicas de la antigüedad y otra del siglo XX cuya biografía pone de manifiesto cómo se trataban a las mujeres que querían acceder al campo de la ciencia.

OBJETIVOS

- Capacitar al estudiante en el dominio de su lengua.
- Aumentar su comprensión lectora de textos.
- Dotar al estudiante de un vocabulario científico básico.
- Aumentar el gusto por la lectura de ensayos científicos.
- Servir de información y documentación.
- Ayudar a mejorar la forma de expresión que le ayude a comunicar por escrito sus ideas científicas.
- Ejercitar la interdisciplinariedad, viendo las relaciones entre las diversas ciencias y entre éstas y la sociedad.
- Ayudar a la elaboración de juicios críticos y de opiniones positivas.
- Conseguir una actitud positiva y activa del alumno hacia el texto científico.
- Conseguir una actitud ante la ciencia que resalte su valor crítico en el conocimiento de la realidad y su potencialidad transformadora de la concepción del mundo.

ESQUEMA DE LOS CONTENIDOS



EXPOSICIÓN DE LOS CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN

Prácticamente en todo este módulo utilizamos como recurso el comentario de texto ya que para aprender, no es suficiente leer, escuchar y discutir, sino que además cada estudiante 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. Por otra parte, es de todos conocido que el lenguaje científico es específico, distinto del que se utiliza en la vida ordinaria y además tiene que ser muy preciso. Es sabida la influencia en las preconcepciones de los alumnos del lenguaje cotidiano. Igualmente un número importante de profesores han llegado a la conclusión de que muchas veces los alumnos fracasan en la resolución de los problemas porque no entienden el enunciado de los mismos, y esto quizás sea debido a que desconocen el significado de algunos términos.

Por todo lo anterior, consideramos que un recurso a utilizar, para ayudar a los alumnos en 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; adiestrarles en 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.

1. COMENTARIO DE TEXTO

Hemos de tener en cuenta que comentar un texto científico es fundamentalmente desentrañar el lenguaje científico el contenido, buscar relaciones entre lo escrito y lo conocido por la sociedad en el momento de ser escrito. Es también entresacar las ideas fundamentales, separándolas de las secundarias; encontrar implicaciones de lo desarrollado en el texto en otros campos de la ciencia y la sociedad, es saber hacer un juicio crítico y valorativo de las ideas que en el texto se recogen; es contribuir a comprender y expresar mensajes científicos utilizando el lenguaje oral y escrito con propiedad.

Y como afirma Sutton (2003):

En el proceso de creación de la ciencia se van conectando entre sí nuevas formas de observar, hablar, hacer y estas se mantienen unidas mediante argumentaciones basadas en pruebas (...) la transferencia metafórica de discurso al sistema que se investiga es lo que inicia un avance en el pensamiento.

Igualmente hace caer en la cuenta que:

...las luchas mentales para comprender y explicar son olvidadas y la explicación científica suena como una descripción literal de hechos simples.

Todo ello lleva a que algunos libros de texto al simplificar los hechos los muestran como que se han llegado a ellos con facilidad. Por ello, es tan interesante introducir a los estudiantes en algunas de las controversias que han existido a lo largo de la Historia de la Ciencia

Conviene recordar que un comentario de texto científico consta, al menos de las siguientes fases:

- a) Lectura comprensiva del texto.
- b) Análisis de términos (significado de conceptos o expresiones).
- c) Análisis del contenido (estructura del texto. Ideas principales).
- d) Resumen del contenido (utilizar propias palabras).
- e) Valoración y conclusiones (comentario personal).
- f) Análisis del escenario sociológico de la sociedad de su tiempo.
- g) Proyecciones culturales, fuera de la ciencia e influencias mutuas. Actualidad científica y Perspectiva histórica. Relaciones CTSA.

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

Bajo el punto de vista del análisis científico el procedimiento es idéntico y únicamente variarán algunos detalles en el diseño de la ficha guía.

1.1. Documentos originales de los científicos

Cuadro I. Análisis de un documento histórico

ANÁLISIS DE UN DOCUMENTO HISTÓRICO	
Autor	
Título	
Año	
Publicación	
Editorial	
Resumen: ideas principales	

Actividad 1

Lea el documento I y elabore las cuestiones dctoras:

DOCUMENTO I. LAVOISIER Y LOS ELEMENTOS QUÍMICOS

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 *Tratado elemental de la Química* en el que define los elementos como los últimos resultados de un análisis. En su tabla de elementos aparecen los 30 siguientes:

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.

Lavoisier dio la siguiente explicación de su tabla de elementos:

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 ¿como 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.

Lavoisier A. L. (1798). *Tratado elemental de Química*. Madrid: Alfaguara (1982). Parte II, pp 168-171. Tabla de sustancias simples.

Cuestiones ductoras

1. Lea detenidamente el documento.
2. Estudie y anote el significado de los términos o expresiones que no conozca.
3. Haga un resumen del texto, señalando las ideas principales.
4. Ponga un título adecuado al texto.
5. Realice 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. Señale la importancia de su obra, sus principales aportaciones a la ciencia y la influencia que ejerció sobre la sociedad de su época.
7. Nombre 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. Diga que cinco elementos de la tabla de Lavoisier se conocen hoy como compuestos, escribe los elementos de cada uno de ellos. ¿Por qué cree que los incluyó Lavoisier?
10. Realice 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. Rellene la ficha “Análisis de documento histórico” (cuadro I).

PRINCIPALES ACONTECIMIENTOS EN LA ÉPOCA DE LAVOISIER (1743-1794)	
SOCIEDAD Y CULTURA	CIENCIA Y TECNOLOGÍA
1738: Revueltas obreras en Inglaterra Meridional. 1742: Händel. “El Messias”. 1746: Fernando VI rey de España. 1748: Voltaire “La Ilustración”. 1751: Primer volumen de la “Enciclopedia metódica”. 1756: Iniciación de la guerra de los Siete Años” 1762: Catalina II sube al trono de Rusia. Rousseau publica “El contrato Social y “El Emilio”. 1763: Fin de la guerra de los Siete Años. Expansión del Imperio Colonial Inglés. 1767: Jesuitas expulsados de España. 1770: Conflicto Anglo-Español por las Islas Malvinas. Inicio de la Revolución Industrial en Inglaterra. 1774: Sube al trono de Francia Luis XVI. Comienza la guerra de la Independencia de los Estados Unidos de América. 1776: Independencia de los Estados Unidos de América. Primer Sindicato Obrero en Inglaterra. 1781: Kant “Crítica de la razón pura”. 1783: Paz de Versalles. 1787: Se redacta la Constitución de los Estados Unidos. 1788: Kant “Crítica de la razón práctica”. Carlos IV, rey de España. 1789: Comienzo de la Revolución Francesa. “Toma de la Bastilla”. “Declaración de los Derechos Humanos”. Washington primer presidente de EE.UU. 1790: Creación de la Comisión de Pesas y medidas en Francia. 1792: Proclamación de la República Francesa. Luis XVI es guillotinado. 1794: Lavoisier es guillotinado. 1796: Campaña de Napoleón en Italia.	1733: Du Fay descubre dos clases de electricidad. 1735: Linneo “Systema Naturae”. Clasificación de los seres vivos. 1736: Expedición a Laponia de Maupertuis y Clairaut para probar y medir el achatamiento terrestre. “Traité de mecanique”. Primer tratado analítico y racional de la mecánica. 1734: Hume “Tratado sobre la naturaleza humana”. 1738: Bernoulli “Hydrodynamique”. Teoría Cinética de los gases y Principios de hidrodinámica. 1742: Celsius. Termómetro Centígrado. 1743: D’Alembert “Traité de dynamique”. Primera sistematización de la mecánica. 1749: Buffon. Primer tomo de su “Historia Natural”. 1752: Franklin. Demostración de la naturaleza eléctrica del rayo. Pararrayos. 1756: Black. Teoría del calor latente. Calorímetro. Obtención del CO₂. 1757: Euler. Cuadraturas. Ecuaciones diferenciales. Principios generales del movimiento de fluidos. 1762: Lagrange. Cálculo de variaciones. Ensayos de determinación de máximos y mínimos. 1766: Cavendish descubre el Hidrógeno. 1769: Watt patenta la nueva maquina de vapor. 1772: Cavendish. Experiencias eléctricas. 1774: Priestley. “Observaciones de diferentes clases de aire”. Descubrimiento del O₂ y N₂. 1774: Scheele descubre el cloro. 1775: Volta inventa el electróforo (acumulador carga). 1777: Scheele “Tratado del aire y el fuego” 1780: Laplace-Lavoisier. “Memorias sobre el calor”. Surge la Termodinámica. Teoría de la combustión. 1781: Herschel. Descubrimiento de Urano. 1783: Cavendish descubre la composición del agua y la sintetiza. 1785: Coulomb. Leyes de la electrostática. 1787: Galvani descubre la electricidad animal. Lavoisier publica “Métodos de nomenclatura Química”. 1789: Laplace publica su “Mecánica analítica”. Lavoisier clasifica los elementos químicos y publica su “Tratado elemental de Química”. 1790: Comienzo de la producción industrial de sustancias. Método Leblanc de obtención de hidróxido sódico y carbonato sódico a partir de sal común. 1796: Laplace publica “Exposición del sistema del mundo”. Jenner descubre la vacuna contra la viruela.

ASPECTOS BIOGRÁFICOS DE ANTOINE LAURENT LAVOISIER

- Químico Francés. Nace en París el 26 de Agosto de 1743.
- En 1760 diseña un método para mejorar la iluminación de las ciudades.
- En 1764 realiza una Investigación sobre la composición del yeso, obteniendo su Licenciatura en Ciencias.
- En 1766 se le concedió la medalla de oro de la Academia por su trabajo en un nuevo sistema de iluminación pública.
- En 1768, entra al servicio del Estado como administrativo en la “Ferme générale”, institución privada al servicio del gobierno para recaudar impuestos.
- En 1768, ingresa en la Academia de Ciencias Francesa.
- En 1771 se casó con Marie-Anne Paulze aristocrata y lingüista competente, que fue su traductora del inglés y gran colaboradora.
- 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.
- En 1778 es nombrado miembro retribuido de la Academia de Ciencias.
- En 1780 es nombrado jefe de la sección del sistema de recaudación de impuestos rurales.
- 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.
- En 1788 es elegido miembro de la Royal Society inglesa.
- En 1789 publicó su “Tratado elemental de Química”, primer texto moderno de química.
- En 1789 fue miembro de la comisión planificadora del sistema métrico decimal.
- El 8 de mayo de 1794, acusado de conspiración, es guillotinado.

Actividad 2

Lea el documento II y elabore la cuestiones ductoras:

DOCUMENTO II. CARTA DE EINSTEIN AL PRESIDENTE ROOSEVELT

F. D. Roosevelt. Presidente de los Estados Unidos. Casa Blanca, Washington D. C.

Señor: Recientemente ha llegado a mi conocimiento la versión manuscrita de algunos trabajos de E. Fermi y L. Szilard que hacen concebir la esperanza de que el elemento Uranio pueda ser convertido en una nueva e importante fuente de energía en un futuro inmediato. Algunos aspectos de la situación actual parecen obligar a la Administración a una gran vigilancia y, si es necesario a una rápida acción. Considero, por lo tanto, que mi deber es llamarle la atención sobre los siguientes hechos y recomendaciones.

En los cuatro últimos meses, la obra de Joliot en Francia y de Fermi y Szilard en los Estados Unidos ha demostrado la posibilidad -muy viable- de producir reacciones nucleares en cadena, en una gran masa de uranio; con ellas se generarían grandes cantidades de energía y de nuevos elementos radiactivos. Parece seguro que todo ello puede conseguirse en un futuro inmediato.

Este nuevo fenómeno permitiría la construcción de bombas y es concebible -aunque no tan seguro- que podrían construirse bombas extremadamente poderosas, de un nuevo tipo. Una sola de estas bombas, transportada en un barco, o lanzada en un puerto, podría destruir todo el puerto y una gran parte de sus alrededores. Puede ocurrir sin embargo, que estas bombas sean demasiado pesadas para poderlas transportar por aire.

Estados Unidos dispone de minerales de uranio muy pobres y en cantidades moderadas. Hay buenos yacimientos en el Canadá y en la ex-Checoslovaquia; pero los yacimientos de uranio más importantes se encuentran en el Congo Belga.

En vista de esta situación, quizá considere usted deseable establecer un contacto permanente entre la Administración y el grupo de físicos dedicados a los problemas de la reacción en cadena en los Estados Unidos. Una de las formas posibles de esta relación podría consistir en que Usted, nombrase para encargarse de ella a una persona que goce de su confianza y que pueda actuar de manera oficiosa. Su tarea comprendería los siguientes extremos:

1. Relacionarse con los diversos departamentos gubernamentales, mantenerles informados de la evolución de las investigaciones y hacer recomendaciones para la acción del gobierno, con particular atención al problema de asegurar un suministro continuo de mineral de uranio a los Estados Unidos.
2. Acelerar el trabajo experimental, que se realiza actualmente dentro de los límites de los presupuestos de los laboratorios universitarios; para ello habría que suministrar recursos económicos, si fuese necesario, estableciendo contacto con personas privadas deseosas de contribuir a esta causa y obteniendo quizá, la colaboración de laboratorios industriales dotados del equipo necesario.

Sé que Alemania ha prohibido la venta del uranio de las minas checoslovacas, sometidas actualmente a su control. Esta medida puede explicarse, quizá, porque el hijo del secretario de Estado alemán, von Weizsäcker, trabaja en la Kaiser - Wilhelm - Gesellschaft de Berlín, donde están repitiendo actualmente algunos de los experimentos norteamericanos sobre el Uranio.

Su affmo. s.s. A. Einstein

(Enviada el 12 de octubre de 1939 al presidente Roosevelt)

Cuestiones dctoras:

1. ¿Por qué cree que Einstein anima al presidente de los EEUU a la fabricación de la bomba?
2. ¿Cómo se pueden obtener grandes cantidades de energía del núcleo atómico?
3. ¿Cree que la Ciencia es neutral? Comente la frase: *Si quieres la paz prepárate para la guerra.*
4. ¿Es responsable el científico de la inadecuada utilización de sus descubrimientos? Elabore un resumen biográfico de Albert Einstein en el que se destaquen los aspectos históricos, sociales, políticos y culturales de la sociedad de su época.
5. Cumplimente la ficha “Análisis de documentos históricos” (cuadro I).

1.2. Utilización de la prensa

Es un hecho comprobado que al mejorar las situaciones motivacionales en el aula, se consigue un mejor y mayor aprendizaje y rendimiento dentro de la materia que se esté estudiando. Por otra parte, es evidente que el alumno recibe la mayoría de sus conocimientos a través de la información suministrada por los diferentes medios de comunicación. De ellos destacamos en este momento la “prensa escrita” por ser más asequible para los estudiantes de Primaria e incluimos en esta denominación tanto a la prensa diaria como los teletextos, las revistas de divulgación y las monografías fácilmente al alcance de los alumnos.

Aunque existen didácticas específicas sobre la utilización de la prensa en el aula, no es normal encontrar relacionada, entre las áreas que pueden beneficiarse de ella utilizándola como recurso didáctico a la de Conocimiento del Medio ni a la de Ciencias de la Naturaleza. Sin embargo, nosotros consideramos que puede resultar muy interesante, no sólo porque conecta los acontecimientos de la vida cotidiana con las Ciencias de la Naturaleza, 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, porque puede contribuir también a lograr algunos de los objetivos generales de estas áreas.

El uso que puede hacerse de este recurso es muy variado. A título orientativo señalamos:

- a) Utilización de un artículo sobre determinados problemas científicos, como información para los alumnos. Para que sea rentable bajo el punto de vista didáctico, el profesor deberá elaborar una clave de lectura adecuada. 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-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. Es lo que en la enseñanza tradicional se denominaba como “lección ocasional”, ya que al estar el alumnado impresionado por un suceso, se favorece el interés por conocer sus causas, propiedades, efectos sobre el hombre o la tierra...etc. Como ejemplo citamos a nivel internacional: la noticia sobre terremotos, accidentes en fábricas, temporales, lanzamiento

de satélites, etc. A nivel 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. que aparecen en prensa sobre temas relacionados con el Área de Conocimiento del Medio y la de Ciencias de la Naturaleza.

Actividad 3

Con objeto de familiarizar a los estudiantes con estas aplicaciones didácticas proponemos a continuación un artículo publicado en el periódico La Provincia de Las Palmas de Gran Canaria con motivo de la celebración de año de la Física (2005) al celebrarse el centenario de la Teoría de la relatividad.

Podrán observar que el objetivo es obtener el mayor rendimiento posible de elementos de la vida diaria y comprobar cómo pueden servir para la alfabetización científica de la población en general. Hemos diseñado una ficha de lectura que deberán cumplimentar dentro de las cuestiones ductoras. (cuadro II).

La actividad 3 consiste en leer el artículo y elaborar la cuestiones ductoras:

La Provincia: Enero de 2005 1905-2005: Centenario de la teoría de la relatividad

1905-2005: CENTENARIO DE LA TEORÍA DE LA RELATIVIDAD (5)

EL MOVIMIENTO BROWNIANO

Emigdia Repetto Jiménez y Francisco Martínez Navarro

En el año 1828 el botánico inglés Robert Brown (1773-1858) observó que en una solución de agua el polen de cierta hierba (*Clarkia pulchella*) realizaba un movimiento continuo, muy accidentado, en zigzag. El orden de magnitud de la longitud lineal de estas partículas de polen variaba entre 5 y 6 micras (1 micra = 0,001 mm). Brown apuntó lo siguiente:

"Al examinar la forma de estas partículas inmersas en agua, vi muchas de ellas evidentemente en movimiento; éste consistía no solamente en un cambio de lugar en el fluido, manifestado por alteraciones en sus posiciones relativas, sino que también, con no poca frecuencia, por un cambio en la forma de la misma partícula [...]. En algunos casos se veía a la partícula girar sobre su eje mayor. Estos movimientos eran tales que me convencieron, después de observaciones repetidas, de que no surgían de corrientes en el fluido, ni de su gradual evaporación, sino que pertenecían a la misma partícula."

¿Qué es el movimiento Browniano?

Es el movimiento que lleva a cabo una partícula muy pequeña que está inmersa en un fluido. Este movimiento se caracteriza por ser continuo y muy irregular, la trayectoria que sigue la partícula es en zigzag.

Si observamos en la oscuridad del cine el haz de luz que emite el proyector, nos daremos cuenta de que hay muchas partículas, muy pequeñas, que se están moviendo incesantemente. Veremos que lo hacen en forma zigzagueante y en todas direcciones.

Observaremos que también se mueven hacia arriba! ¿Qué partículas son éstas? Sencillamente son las partículas de polvo que hay en el aire.

LOS ARTÍCULOS SOBRE el movimiento browniano de Albert Einstein tocan dos problemas centrales de la física del siglo XX: cómo probar que las moléculas son reales y su relación con conceptos como la temperatura.



Observemos con cuidado la bocanada de humo que lanza al aire un fumador. Veremos que está compuesta de pequeñísimas partículas que se están moviendo continuamente en todas las direcciones, también en zigzag.

Otro caso es el siguiente: Póngase polvo de color en un vaso y luego, poco a poco, viértase agua sobre él. Observaremos que las partículas de polvo, una vez que empiezan a estar en contacto con el líquido se mueven en forma incesante, accidentada y en todas las direcciones. En particular veremos que se mueven también ¡hacia arriba! Si esperamos un intervalo de tiempo lo suficientemente grande nos daremos cuenta de que el polvo se mezcla con el agua, formando lo que se llama una suspensión. Esta mezcla con el tiempo se homogeniza sin que ocurra, como uno esperaría intuitivamente, que las partículas de polvo caigan y se depositen en el fondo del vaso. Veremos que algunas partículas efectivamente caen, pero hay otras que suben. El hecho común en estos tres casos es que partículas muy pequeñas se hallan inmersas en un fluido. En el caso del haz de luz del cine, el fluido es el aire de la sala; en el caso del fumador, el fluido es también el aire de la atmósfera y en el tercer caso, el fluido es el agua.

El estudio de ese curioso movimiento que, aunque extrañó a los científicos de su tiempo, no pudo ser explicado y así permaneció desde la fecha de los trabajos de Brown (1828) hasta 1905, cuando el genio de Alberto Einstein lo explicó en uno de los cuatro famosos trabajos que publicó ese año, utilizándolo contra los escépticos que no creían en los átomos.

El físico francés Jean Perrin (1870-1942) dió una bella descripción de este fenómeno: "En un fluido en equilibrio, como el agua dentro de un vaso, todas sus partes aparecen completamente sin movimiento. Si ponemos en el agua un objeto de mayor densidad, cae. La caída, es cierto, será más lenta si el objeto es menor; pero un objeto visible siempre termina en el fondo del vaso y no tiende a subir. Sin embargo, sería difícil examinar durante mucho tiempo una preparación de partículas muy finas en un líquido sin observar un movimiento perfectamente irregular. Se mueven, se detienen, empiezan de nuevo, suben, bajan, suben otra vez, sin que se vea que tiendan a la inmovilidad."

Al ocuparse del movimiento browniano, Einstein contrastó las predicciones de las leyes de la termodinámica con las de la teoría cinética, que estaba basada en la suposición atómica. En particular se interesó por las conclusiones que se obtendrían si el movimiento browniano se tratara de explicar por medio de la hipótesis atómica.

Einstein obtuvo además de conclusiones cualitativas predicciones cuantitativas que podrían compararse con resultados experimentales.

Entre estas predicciones destacan dos muy importantes: predijo la distancia que debe recorrer una partícula suspendida en un fluido y además, mostró que la segunda ley de la termodinámica se cumple sólo en promedio.

EL MOVIMIENTO BROWNIANO (continuación)

Por otro lado, Einstein hizo ver además, que en el caso del movimiento browniano efectivamente se violaba la segunda ley de la termodinámica, y no porque esta ley no fuera correcta, sino porque no se la podía interpretar de la manera absoluta en que los energéticos lo hacían. De hecho había que darle una interpretación estadística: la segunda ley se cumple solamente en promedio.

De esta forma, Einstein planteó un problema al que solamente la naturaleza, a través de un experimento, podría dar solución: la posibilidad de medir el desplazamiento cuadrático medio de una partícula browniana.

¿Cuál fue la explicación de Einstein?

Einstein desarrolló un análisis matemático del **movimiento browniano** y demostró que, de acuerdo con la teoría cinética-molecular, el agua en la que se dejaban en suspensión las partículas está compuesta de moléculas que se mueven al azar, bombardeando constantemente por todos lados a las partículas que se encuentran en suspensión.

El número de moléculas que chocan con un objeto de tamaño medio con un cierto ángulo, es prácticamente el mismo que el número de las que chocan con él en ángulo opuesto. La diferencia entre ambos es tan insignificante, en comparación con el total de los choques, que su efecto puede no tomarse en cuenta. Es por esto que no existe efecto conjunto en objetos de tamaño medio y no se observa en este caso el movimiento browniano.

Sin embargo, cuando el objeto es más pequeño, el número total de moléculas que inciden sobre él disminuye y las pequeñas diferencias entre los bombardeos en las distintas direcciones se pueden apreciar.

Sin embargo, cuando el objeto es más pequeño, el número total de moléculas que inciden sobre él disminuye y las pequeñas diferencias entre los bombardeos en las distintas direcciones se pueden apreciar.

Por ejemplo, partículas de tintura o granos de polen tienen la suficiente pequeñez para ser desplazados en diferentes direcciones por un pequeño exceso de moléculas que chocan en distintas direcciones. El movimiento es aleatorio, pues las propias moléculas tienen un movimiento también aleatorio. Cuanto mayor es el tamaño medio de las moléculas, mayor será el cuerpo para el cual la diferencia de los bombardeos puede producir efectos detectables. La ecuación inferida por Einstein para descubrir el movimiento browniano sirve para determinar el tamaño de las moléculas y el de los átomos que las integran.

Los artículos sobre el movimiento browniano de Albert Einstein y su tesis doctoral tienen su origen en dos problemas centrales de la física de comienzos del siglo XX. El primero era la misma existencia de las moléculas: ¿cómo probar que son reales? El segundo era consecuencia del primero. Si son reales, ¿cómo relacionar su movimiento con conceptos como la temperatura?

¿Existen los átomos?

La solución al primer interrogante pudo ocurrírsele mientras tomaba el té. Al poner un terrón en el agua, se disuelve y se difunde por toda la taza, haciéndola más viscosa. De esta simple observación, Einstein dedujo una forma de calcular el tamaño de las moléculas y un valor para una constante fundamental llamada *el número de Avogadro*, que dice la cantidad de moléculas de un gas que hay en un volumen dado en unas condiciones concretas. Con él se puede determinar la masa de cualquier átomo. Este fue el contenido de su tesis. Lo curioso es que al enviarla a la Universidad de Zúrich el encargado de evaluarla, Alfred Kleiner, la rechazó por ser demasiado corta. Einstein añadió una frase más y fue aceptada.

Su artículo, publicado en los *Anales de Física*, discute un fenómeno estudiado en 1827 por el botánico-conservador del Museo Británico Robert Brown: los granos de polen en suspensión en el agua se mueven de manera errática e imposible de predecir. En 1905 nadie había logrado explicar este *movimiento browniano*.

Los problemas teóricos y matemáticos a los que se enfrentaba eran insuperables, pero Einstein los salvó con su brillante intuición física.

Por un lado, dijo, tenemos el comportamiento microscópico del grano de polen, que podemos asimilarlo a una molécula gigante. Por otro, ese grano es lo suficientemente grande como para que también obedezca las mismas leyes que gobiernan el movimiento de un sólido en un líquido, como un submarino. Einstein llegó a la conclusión de que midiendo el desplazamiento medio del polen podía calcular el valor de constantes fundamentales como el número de Avogadro.

La chispa de su genio son las palabras desplazamiento medio: no importa el recorrido real sino la distancia en línea recta desde el principio al final (imaginemos un coche subiendo un puerto; no importa las vueltas que dé la carretera –el camino browniano–; lo que interesa es la distancia recorrida en línea recta). Con todo ello se deduce que el polen se mueve porque las moléculas de agua chocan con él como en un billar microscópico. Por tanto, el calor no es otra cosa que agitación molecular. Einstein había demostrado la existencia de los átomos.

El movimiento browniano hoy

Se podría pensar que una vez explicado el movimiento browniano por el trabajo de Einstein ya no había nada que hacer en este campo. Sin embargo, esto no es cierto. La importancia del movimiento browniano dejó de residir en la explicación de sus causas o en la confirmación de la hipótesis atómica, adquiriendo un renovado interés por otras posibilidades que ofreció. Solamente mencionaremos algunas de ellas: dar luz en el campo de los procesos irreversibles; impulsar al campo de las matemáticas que estudia las llamadas funciones no-diferenciables; aplicaciones en la teoría de suspensiones coloidales; utilización de estas ideas en otros campos, como el de los láseres; abrir sorprendentes horizontes en el desarrollo de la teoría de los fractales, teoría que lleva, entre otras muchas cosas, a la conclusión de que la frontera entre dos países cualquiera puede ser infinita. "Parece ser que el movimiento browniano, que se creyó pieza de museo, apenas está empezando a vivir".

Emigdia Repetto Jiménez es Catedrática de Didáctica de las Ciencias de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria y Francisco Martínez Navari es Catedrático de Física y Química de Secundaria y Doctor en Ciencias de la Educación.

Cuestiones dctoras:

1. Haga una valoración del texto, señalando sus opiniones sobre lo tratado en el mismo.
2. ¿Qué observó Robert Brown en 1828 sobre el movimiento del polen en el agua y cómo lo describió?
3. Indique en qué consiste el movimiento browniano y cómo el mismo es explicado por Perrin y por Einstein.
4. ¿Cuáles son los problemas centrales que aborda Einstein para explicar las causas del movimiento browniano?
5. ¿Qué importantes determinaciones, medidas y constantes fundamentales, se pueden hallar con el movimiento browniano?
6. Según Einstein ¿a qué es debido el movimiento en zig-zag de las partículas en el interior de un fluido?
7. Indique otros fenómenos, otras posibilidades y aplicaciones en las que se utilice actualmente el movimiento browniano.
8. Valore el texto, y exprese su opinión sobre lo tratado en el mismo.
9. Cumplimente el cuadro II.

Cuadro II. Ficha de lectura

FICHA DE LECTURA DEL ARTÍCULO	
✎ Autor	
✎ Año de publicación	
✎ Título	
✎ Lugar y Editorial	
✎ Palabras clave que identifican la valoración	
✎ Objetivos del artículo	
✎ Resumen o esquema de las valoración e ideas del artículo	

FICHA DE LECTURA DEL ARTÍCULO (Reverso)	
✎ Valoración y conclusiones	
✎ Valoración personal	

Son aquellos que los científicos utilizan para describir algún descubrimiento, una experiencia, una reflexión, o simplemente la libreta de laboratorio. Estos textos originales pueden perfectamente utilizarse para motivar el aprendizaje de algunos temas de Física, Química, Biología, Geología, etc., así como para el estudio interdisciplinar de una determinada época histórica, estableciendo las correspondientes relaciones entre la Ciencia, la Tecnología, la Sociedad y el Medio Ambiente.

Para familiarizar a los estudiantes con este recurso presentamos dos documentos que sirven como ejemplo. Se incluye también una ficha que deberán en cada caso cumplimentar al final de la actividad (cuadro 1).

2. UTILIZACIÓN DIDÁCTICA DE LAS BIOGRAFÍAS DE LOS CIENTÍFICOS

Las biografías presentan unos valores didácticos indiscutibles ya que por una parte, ponen de manifiesto aspectos humanos de los científicos y por otra, 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, puede ser complementar el trabajo de clase y pensamos que el descubrir y resaltar los aspectos humanos de estos científicos puede generar interés en los alumnos.

El profesorado tiene que conocer las posibilidades didácticas que le brinda la biografía que pretende utilizar en el aula, de esta forma será capaz de conducir al alumnado en su lectura de forma que logre unos mejores resultados. Esto además le permitirá proponer una ampliación o matización de algunos aspectos, hacerle reflexionar sobre las características humanas, la incidencia de sus descubrimientos, el esfuerzo o trabajo metódico, etc.

Para seleccionar una biografía publicada del científico que interesa estudiar, habrá que tenerse en cuenta que cumpla las características de todo libro a emplear en el aula como puede ser la presentación, ilustraciones, tipo de letra, estilo, número de páginas. Así mismo, pueden beneficiarse de las posibilidades que nos brindan actualmente la utilización de las TIC. No obstante, vamos a hacer ahora hincapié en los aspectos que bajo el punto de vista metodológico nos interesa resaltar más, tales como:

- 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.

Debe considerarse que los científicos que se propongan a los estudiantes, sobre todo a los de Educación Primaria y Educación Secundaria Obligatoria, no estén muy lejanos históricamente, es decir, deben ser personas próximas a sus intereses, bien porque les sean familiares, bien porque sus descubrimientos hayan despertado o sean capaces de despertar, su curiosidad.

De todas formas 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 su alumnado de los niveles no universitarios, donde se recojan

los aspectos fundamentales del mismo. También, se puede solicitar que sea realizada por el alumnado después de buscar la información adecuada.

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 los diferentes apartados que aparecen en la ficha, (cuadro III) según hemos desarrollado en anteriores trabajos, Martínez y Repetto (2002) y que exponemos brevemente con intención de aclarar cada uno de los apartados:

1. *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.

2. *Perfil biográfico*

Se destaca el significado de los científicos, sus aportaciones, sus cualidades humanas y científicas, su talante y su preocupación ética, los problemas a los que se enfrentó. Se trata de establecer una cronología que recoja los principales aspectos de su vida. Algunos rasgos biográficos a incluirse serían: 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.

3. *Formación científica*

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

4. *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. Nos muestra la penetrante influencia de la Ciencia en nuestra Sociedad así como repercutieron en la Sociedad las ideas del científico, sus métodos y sus propias concepciones, su imagen de la Ciencia, así como las actitudes de los científicos ante los problemas sociales más importantes de su época. Sus compromisos sociales, sus opiniones ante los problemas de su 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.

5. *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. Cuál era el estado de la cuestión antes de sus aportaciones, cuál fue su contribución, qué problemas quedaron pendientes tras su intervención, cómo se han resuelto posteriormente. Se trataría de dar una imagen dinámica del desarrollo científico, en continua evolución, relacionando la perspectiva histórica con la actualidad científica.

Cuadro III. Ficha biográfica

FICHA: BIOGRAFÍA DEL CIENTÍFICO: (_____ - _____)	
1. PERFIL BIOGRÁFICO (Cronología que recoja los principales aspectos de su vida y de su obra. Principales aportaciones realizadas. Hechos más destacados) 	
2. FORMACIÓN CIENTÍFICA 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. Estado en que se encontraban los problemas que más tarde abordó.	
3. LA CIENCIA Y LA SOCIEDAD DE SU ÉPOCA 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.	
4. APORTACIONES A LA CIENCIA. Descubrimientos realizados y teorías elaboradas. Principales obras escritas por orden cronológico.	
5. RELACIONES CON SUS CONTEMPORÁNEOS Otros científicos o personas relevantes de la sociedad de su época.	
6. APLICACIONES TECNOLÓGICAS E IMPLICACIONES SOCIALES DE LOS DESCUBRIMIENTOS CIENTÍFICOS Establecer un paralelismo cronológico que señale las interrelaciones entre la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad.	
7. BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA Libros o artículos de revistas utilizados, materiales o documentos de apoyo entregados por el profesorado y utilizados. Reseñar en la forma: APELLIDO, Nombre (año): <i>Título del libro o artículo.</i> Ciudad, Editorial o nombre número y páginas de la revista.	

6. 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. Se deberían recoger opiniones de personas relevantes sobre el científico, citas sobre su vida y su obra.

7. *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 trataría de recoger tanto los estilos de investigación como el significado social de la figura del científico. Se podría establecer, en una tabla, un paralelismo cronológico que señale las relaciones de la ciencia con la tecnología la sociedad y el Medio Ambiente. Mediante la Historia de la Ciencia se pueden mostrar los distintos aspectos sociales y tecnológicos implicados en los procesos científicos. Con su discusión se conseguirá facilitar a los alumnos la comprensión de estos últimos pero además, servirá para propiciar la imagen de una ciencia no dogmática sino en continua evolución.

8. *Selección de textos originales para su comentario*

De acuerdo con los objetivos propuestos debe seleccionarse un texto adecuado y preparar una secuencia de actividades que orienten su lectura, su aprovechamiento. Es tarea del profesorado adecuar el material a su alumnado, teniendo claro para qué se trabaja un texto, decidiendo 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. Esta clave de lectura, o cuestiones ductoras, una vez cumplimentada, habrá de discutirse en el aula dentro de la planificación establecida.

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.

9. *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. También se deben reseñar otros materiales (vídeos, CD-Rom, páginas Web, etc.) que puedan servir como documentos de apoyo para interpretar la vida y obra de los científicos así como la sociedad de su tiempo.

2.1. Ejemplificación

Presentamos 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 presentaremos una actividad con un texto original del mismo.

DOCUMENTO III. 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

resolución de problemas, influyó en el desarrollo posterior de la ciencia; sobre todo a través 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

aparentes de los cuerpos celestes con algún detalle mostrando incluso los eclipses. Construyó un aparato para medir el ángulo sobrentendido 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 mostró 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 π , 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 π 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 4

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

1. ¿Cree 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. Analice la posible utilidad didáctica de este texto. ¿Qué actividades podría proponer para su empleo? ¿En qué Áreas podría ser utilizado?

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

de arena hasta el nivel de sus más altas montañas, es evidente que estimarían, 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 consideraremos 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.

3. UTILIZACIÓN DIDÁCTICA DE ENTREVISTAS REALIZADAS A CIENTÍFICOS

Otros de los recursos a utilizar, dentro de la línea de pretender conocer o descubrir la faceta humana de un científico o investigador, es el estudio de las entrevistas realizadas a los mismos, a parientes o compañeros del científico, 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. 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. Por otra parte sirve para dejar constancia del medio de comunicación que la publicó, de su autor y de la fecha. Es interesante reflexionar sus posibilidades didácticas, esto facilitará la tarea del profesor en algún momento.

Cuadro IV. Entrevistas a científicos

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

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 tales como:

- 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.

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.

Actividad 5

Lea el documento IV y elabore las cuestiones ductoras que se le plantean:

DOCUMENTO IV. 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 cloro-fluorcarbonos.

De la entrevista telefónica publicada en La Jornada (México) el 12 de octubre de 1995 por Arturo García Hernández hemos seleccionado 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 ``estime 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 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”.

Cuestiones ductoras:

1. Haga 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? Infórmese antes de contestar.
7. Cumplimente la ficha que aparece en el cuadro IV.

4. LA MUJER EN LA HISTORIA DE LA CIENCIA

En el camino hacia la consecución de la igualdad de derechos, algunos logrados ya como el derecho de sufragio que en España con una reforma legislativa en 1978, convirtió a las mujeres en sujetos de derecho y no sólo en hijas o esposas de... pueden citarse muchas pioneras

en diferentes frentes. Queremos resaltar que las mujeres no pretenden ser igual que los hombres, sino tener la igualdad de derechos.

Porque, es un hecho lamentable que si analizamos el refranero español, que como saben es un reflejo de la sabiduría popular depositada durante más de cinco siglos encontramos perlas como:

...la rosa en el rosal; la uva en el lagar y la mujer con escoba y delantal o aquel de la mujer y la sartén en la cocina están bien.

O bien alusiones a la corta sabiduría de las mujeres: *la mujer más avisada, o sabe poco o nada* y además resaltan que no son precisamente guapas las que se dan al estudio: *talentosa y fea van por la misma verea*.

No obstante, la mujer, desde la antigüedad ha tomado parte activa en la ciencia. Así por ejemplo, desde 8.000 a 3.000 a. C. en Próximo Oriente las mujeres obtuvieron conocimientos empíricos sobre la transformación de los materiales. Ellas provocaron los primeros cambios químicos:

- Calentando la arcilla, se elimina el agua del silicato de aluminio hidratado y se obtienen tierra cocida.
- Con el movimiento de rotación del huso, convirtieron ciertas fibras naturales como la lana, el lino, el algodón y la seda en hilos, provocando así diferentes ordenamiento de las moléculas.
- Los cultivos de las plantas.
- Los materiales para la recolección.
- El proceso de fabricación del pan y preparación de un licor fermentado.

Todos estos procesos según investigaciones etnográficas estaban en manos de las mujeres y la transmisión de estos saberes prácticos está en el origen de lo que hoy llamamos ciencia.

Las mesopotámicas Tapputi-Belatekallim y Ninn que se dedicaban a la fabricación de perfumes y son las autoras de un texto sobre la materia se pueden considerar como las primeras mujeres químicas según consta en tablillas encontradas de 1.200 a. C.

La educación de las niñas no se da de una forma uniforme en todas las culturas. En Grecia y Roma se suponía que desempeñarían el papel de hijas, esposas, madres y viudas por lo que debían estar preparadas para sus funciones que serían: saber tejer, gobernar la casa y cuidar de los hijos.

En el año 800 a. C. las mujeres compartieron las discusiones filosóficas con los hombres pero luego perdieron su prestigio y las mujeres atenienses lograron recuperarlos cuando las guerras del Peloponeso.

Algunas mujeres, sin embargo, tuvieron el privilegio de la alfabetización y en algunas ciudades como Esparta, a partir de cierta edad, se les enseñaba a leer y escribir. Y eran las coristas las que tenían acceso a la cultura que estaba en manos de los hombres.

En los siglos V y IV a. C. se organizó en Atenas un movimiento de emancipación femenina que ejerció un impulso destacado en la educación y en la participación de la mujer en la vida intelectual. Quedó recogido en la literatura en obras como *Medea* de Eurípides o en *La República* de Platón.

En esta época podemos destacar a Aspasia de Mileto que según Platón, fue una mujer que formó parte de los círculos intelectuales y políticos de su tiempo y una experta en retórica. Fue autora del epitafio, es decir del discurso funerario del *Menéxeno* y del que pronunció Pericles al comienzo de la guerra del Peloponeso. Fue la esposa de Pericles hasta la muerte de éste en 429 a. C. Se comportaba como una cortesana de lo contrario no hubiera asistido a reuniones con hombres o practicando actividades no propias de una ama de casa. Por ello fue sometida a un proceso de impiedad, cuya intención era atacar a Pericles.

Aspasia fue maestra de oratoria según se puede leer en el *Menéxeno* platónico:

En efecto, Menéxeno, nada de extraño tiene que yo también sea capaz de hablar, pues casualmente tengo por maestra a una mujer muy experta en la retórica, que precisamente ha formado a muchos excelentes oradores y a uno en particular, que sobresale entre los de Grecia, Pericles, hijo de Jantipo... Ayer precisamente escuché a Aspasia que elaboraba una oración fúnebre completa sobre este mismo tema. Se había enterado de lo mismo que tu dices, de que los atenienses se disponían a elegir orador. Entonces, de improviso, expuso ante mí una parte del discurso, según lo que era preciso decir para la otra parte, que ya tenía pensada de antes, de cuando, según creo, compuso la oración fúnebre que pronunció Pericles, juntando algunos retos de este discurso.

Dentro de la cultura helénica podemos destacar a Hipatía de Alejandría (380-415).

Era hija del matemático Teone. Se mantuvo soltera y enseñó públicamente lógica, matemáticas y geometría durante 20 años. Su discípulo más importante fue Sinesio.

La escritura de libros en aquel momento consistía en el comentario y la edición corregida de los textos antiguos. Ello permitió la transmisión de obras de autores que de no ser así estarían hoy perdidos

Hipatía escribió tres libros que no se conservan: *Comentario a la aritmética de Diofanto*, *Canon astronómico* y *Comentario a las crónicas de Apolonio*. Fue asesinada por una fanática multitud cristiana.

Damascio, en su *Vida de Isidoro*, dice de ella:

La mujer, poniéndose encima la capa, realizaba sus salidas en medio de la ciudad, explicaba públicamente, a quien quisiera escucharla, Platón, Aristóteles o las obras de cualquier otro filósofo. Además de conseguir el grado más alto de la virtud práctica en el arte de enseñar, era justa y sabia, se mantuvo toda la vida virgen y era tan bella y accesible a todos los que la frecuentaban se enamoraban de ellas.

A lo largo de los años los conventos fueron para las monjas un centro de cultura, pues tenían bibliotecas en las que se disponía de libros de matemáticas y astronomía. Podemos mencionar a Juana de Asbaje, conocida como Sor Juana Inés de la Cruz, vivió en México (1651-1695). Su obra se mueve en el mundo de las alegorías como forma de expresar el conocimiento sin problemas de censura.

Pero además en los conventos se trabajaba, no sólo para alimentar a la comunidad, sino también en obras de caridad tales como curar a los enfermos, por ello, los monasterios disponían de una botica, adjunta al hospital donde preparaban sustancias medicinales. Era un proceso algo complejo ya que primero, recolectaban plantas medicinales, después las trabajaban y por último, obtenían la esencia de la planta para poder preparar dichos medicamentos. Todo esto exigía tener una serie de conocimientos científicos, en cuanto a las proporciones que debían utilizar para la preparación de medicamentos.

Entre los siglos XI y XII la iglesia tuvo el monopolio de la educación y la literatura en Europa.

En los siglos XII y XIII se produjo un gran movimiento religioso femenino en el que tomó impulso el amor a la libertad que caracteriza la historia de las mujeres en Europa. Una mención especial merece Hildegarde Bingen, pues en un tiempo en el que las mujeres eran consideradas inferiores a los hombres, ella escribió una serie de obras en las que expresaba, en términos femeninos, aspectos que los hombres trataban en términos masculinos. Fue famosa por sus curas y su destreza médica.

Durante el siglo XVIII, se crean las Academias científicas. Eran instituciones estatales, fundadas y protegidas por los reyes, pero tampoco las mujeres tenían acceso a dichas instituciones, ya que ni la ganadora por dos veces del Premio Nobel Marie Curie fue admitida en la Academia Científica de Francia.

Hemos de destacar cómo la participación de las mujeres en la medicina continuó siendo importante a lo largo de los siglos, a pesar de los conflictos de autoridad que se plantearon y del intento de marginarlas a tareas auxiliares.

No cabe duda que en las últimas décadas se han producido avances considerables en torno a la situación de las mujeres en la sociedad. No obstante los logros conseguidos, queda aún mucho camino por recorrer en terrenos como el de las discriminaciones laborales y administrativas, los comportamientos y actitudes sexistas y sobre todo en el enfoque del tema desde una perspectiva del género. Tanto la historia como la realidad cotidiana nos demuestran que donde la mujer sufre discriminación y persecución, es porque la sociedad está enferma.

Por otra parte, queremos resaltar que el hecho de que las mujeres nos hayamos incorporado al mercado laboral de forma más amplia no significa, en absoluto, que hayan desaparecido las desigualdades entre los sexos ya que la mayoría de las veces, no ha supuesto un reparto equitativo de las responsabilidades familiares, de hecho, las mujeres desarrollan doble jornada

Entre los logros más significativos están el que ahora puede pensar y hacerse escuchar, pero aún estamos muy lejos de que haya una igualdad entre los sexos. Esperemos que no se repitan hechos significativos como los que nos relata la historia y por citar ejemplos no muy lejanos, George Sand (Amandine Aurore Lucie Dupin, baronesa Dudevant (1804-1876) o Fernán Caballero (Cecilia Böhl de Faber, 1796-1877) no hubieran podido publicar sus obras si no hubieran utilizado esos seudónimos masculinos.

La III Conferencia Internacional sobre Población y Desarrollo convocada por la ONU en El Cairo, la última oportunidad del siglo XX, para que la comunidad internacional abordase de forma colectiva las relaciones que existen entre la población y el desarrollo, se convirtió

en la cumbre de las mujeres y se insistió muchísimo en la adquisición de más capacidad de decisión por parte de las mujeres, como un factor decisivo de progreso y cambio. En el documento se proponen una serie de medidas contra la discriminación entre las que destacamos: *Promover la realización plena de la mujer mediante la educación, el desarrollo de sus aptitudes y el empleo, y atribuyendo la mayor importancia a la eliminación de la pobreza, el analfabetismo y la mala salud entre las mujeres.*

Igualmente en la IV Conferencia Mundial sobre las mujeres celebrada en Pekín en septiembre de 1995 más de 5 mil personas debatieron el documento “Plataforma para la acción”, en cuya elaboración participaron miles de mujeres de todo el mundo.

Algunos aspectos aprobados están relacionados con el derecho de las niñas a recibir el mismo tipo de educación que los niños. Entre las medidas propuestas destacan: Promover conjuntamente con el analfabetismo, conocimientos prácticos, científicos y tecnológicos... Proporcionar servicios de orientación escolar y programas de preparación de maestros no discriminatorios y que tengan en cuenta las diferencias basadas en el género, a fin de alentar a las niñas a seguir estudios académicos y técnicos y ampliar sus futuras oportunidades de carreras.

Hemos de destacar que aunque el derecho a la educación para toda persona es un derecho consagrado en la Declaración Universal de los Derechos Humanos, lo cierto es que existen en el mundo 960 millones de analfabetos adultos de los que dos terceras partes son mujeres.

Actualmente el número de mujeres que accede a estudios universitarios es cada vez mayor, seis de cada diez estudiantes son chicas. Pero es interesante que ha aumentado también el número de ellas que se dedican a la investigación. Sin embargo sigue habiendo un grave déficit en las escuelas Técnicas Superiores donde sólo son mujeres el 13% de los estudiantes ingresados. Esto contrasta con el 65% de los titulados femeninos en E.U. sobre todo en Enfermería, Trabajo Social y las facultades de Formación de Profesorado o de Educación en las diversas titulaciones y en las Humanidades (56%). En el profesorado universitario se nota un aumento (21%) aunque desigualmente repartido 34% en Humanidades y Jurídicas y Sociales, 32% en Ciencias Básicas y 17% en Técnicas. Conviene resaltar, no obstante, que el 38,8% de los científicos e ingenieros en España son mujeres, porcentaje superior a la media de la Unión Europea situada en el 29%, según datos difundidos por la Oficina estadística comunitaria (Eurostat).

4.1. Mujeres Premio Nobel

Entre los Premios Nobel, concedidos desde 1901, escasamente llegan al 6% los concedidos a mujeres, lo que quiere decir que de los aproximadamente 500 premios otorgados sólo 27 han correspondido a mujeres, lo que en cierto sentido las engrandece más.

Desde la escritora Bertha Von Suttner (1905), o la novelista Selma Lagerlöf (1911), que defiende los derechos de las mujeres en el Congreso Internacional del Derecho de Sufragio femenino que se celebra en Estocolmo, pasando por Teresa de Calcuta (1979) hasta Rigoberta Menchú (1992), que por cierto, es Doctora Honoris Causa por la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, han recibido el Nobel de la Paz, 10 mujeres.

De Literatura, únicamente 7 entre las que destacamos Pearl Buck (1938) y Gabriela Mistral (1945).

En el área de Ciencias (Fisiología-Medicina, Física, Química, Literatura, Paz, (Economía en 1969 por vez primera) únicamente lo han conseguido 10 mujeres y además compartido con varones:

- María Skłodowska Curie. 2 veces, en 1903 de Física con su marido Pierre y en 1911 en Química, en solitario. Ella, junto con Pauling son los únicos científicos que han conseguido dos premios Nobel en toda la historia.
- Irene Joliot-Curie (1935), hija de Maria Curie, compartido con su marido.
- Gerty T. Cori (1947) Fisiología y Medicina.
- Dorothy Growfoot Hodgkin (1964) Química, única inglesa.
- Christiane Nüsslein-Volhard (1995) Fisiología y Medicina.

Como anécdota hemos de señalar que precisamente una mujer fue la causante, indirectamente, de la no existencia de Premio Nobel de Matemáticas y con ello haya vengado como afirma Fölsing a sus compañeras de sexo de una futura injusticia. Se trata de Sfy Kovalevskaya, famosa por haber obtenido una cátedra de Matemáticas en Estocolmo, tuvo una relación con Alfred Nobel y luego le abandonó por el Decano de la Facultad de Matemáticas. Ante la posibilidad de que éste consiguiera el premio, Nobel decidió que no hubiera para esta ciencia.

4.2. Una física olvidada

LISE MEITNER, ingresó en la Universidad de Viena en 1901, hacía poco que se había levantado la prohibición de admitir mujeres en dicha Universidad. Escuchó entusiasmada las lecciones del físico Ludwig Boltzman que despertó su amor por la física teórica.

Se doctoró en esta Universidad en 1906, con un trabajo titulado “*Conducción del calor en cuerpos no homogéneos*”, obteniendo sobresaliente por unanimidad. Fue la segunda mujer que se doctoró en física en Viena y la cuarta doctora de dicha Universidad.

Solicitó ser admitida en la Universidad de la Sorbona de París, pero recibió una negativa, no obstante fue aceptada en la Universidad de Berlín para seguir formándose con Max Planck en 1907. A comienzos de siglo se lleva a cabo en Alemania un sondeo de opinión entre profesores universitarios, como consulta sobre el acceso de la mujer a estudios superiores. De entre las 104 respuestas entresacamos algunas ideas expuestas por Max Planck:

Si una mujer tiene un talento especial para los cometidos de la física teórica –lo cual no sucede frecuentemente– ...no pienso que sea correcto impedirle la oportunidad y los medios por razones de principios... si todo es compatible con el orden académico... En general, no puede dejar de contemplarse lo que la naturaleza en sí mismo prescribe para la mujer: su función de madre y ama de casa y que las leyes de la naturaleza no pueden ignorarse bajo ninguna circunstancia sin grandes daños.

Marco, B. (1983)¹

¹ Marco, B. (1983). Fisión-fusión nuclear: una página humana para la historia de la física. *Crítica*, 703.

Es curioso leer en su biografía cómo Max Planck le da un lugar de trabajo en el sótano y con la condición de que no comente con nadie que trabaja con él a sus 29 años de edad, con cierto recelo, pues las mujeres no pudieron estudiar en esta Universidad hasta después de 1909.

Tenía el proyecto de quedarse dos años, pero se quedó treinta y uno. Es significativo que cuando la prensa recoge su lección inaugural como profesora de física, confunde el título de la misma: “*Problemas de física cósmica*” con el de “*Cosmética física*.”

Mantuvo una estrecha colaboración con Otto Hahn, que continuó a lo largo de treinta años. Durante este tiempo descubrieron un nuevo elemento, el Protoactinio (1918), es el elemento 91 de acuerdo con las previsiones del químico ruso Dimitri Mendeleiev (1834-1907). El nombre le fue puesto por estos investigadores teniendo en cuenta que rápidamente se dividía en átomos del metal radiactivo llamado actinio.

Desde 1907 a 1938 Lise Meitner y Otto Hahn formaron un equipo complementario con dos puntos de vista: el químico y el físico. Poco a poco lograron que los temas referentes a la radioactividad, entraran en los círculos científicos de Berlín.

En 1934 con el descubrimiento del neutrón y de la radiactividad artificial se abrió un nuevo capítulo a la Física Nuclear. Junto a estos dos científicos figuraba ya Fritz Strassmann. Hahn y Strassmann lograron en 1939 la fisión nuclear cuya interpretación teórica la comunicó Lise desde Estocolmo.

Durante los primeros años del régimen de Hitler estuvo a salvo, a pesar de ser judía, porque tenía nacionalidad austriaca. Después de la anexión de Austria en 1938 por el gobierno nazi, tuvo, sin embargo, que abandonar Alemania. Se marchó a Estocolmo, trabajando en la Universidad de Estocolmo con Karl Manne Siegbahn, premio Nobel de física de 1924. Se nacionalizó en Suecia en 1949, obteniendo así una cátedra en el Real Instituto de Tecnología de Estocolmo.

Entre las obras de Lise Meitner destaca “Estructura de los núcleos atómicos”.

Otto Hahn y Fritz Strassman en Berlín (1939) repitieron el experimento de bombardear Uranio con neutrones y encontraron bario, no atreviéndose a interpretar el fenómeno como rotura del átomo de Uranio, al no estar muy convencidos. Lise Meitner y su sobrino, el físico Otto R. Frisch, enterados de la experiencia, interpretan correctamente el fenómeno como escisión del núcleo de Uranio, y le dan el nombre de fisión, en un artículo que publican en la revista Nature desde Estocolmo.

En 1924, 1925 y en 1936, ya había sido propuesta para el Nobel por el descubrimiento del Protoactinio, sin resultado positivo. Sin embargo, Otto Hahn, en 1944, recibe el premio Nobel de Química por el descubrimiento de este fenómeno y ella es marginada.

4.3. Premios Nobel alternativos

Igualmente podemos hacer una revisión, aunque sea brevísima a los Premios Nobel alternativos que se crean en 1980 para apoyar trabajos prácticos y viables que afronten con firmeza y esperanza los retos de nuestra época. Nacen como respuesta a la falta de sensibilidad de los Premios Nobel a los temas ambientales y solidarios. A finales de los 70, un joven

sueco Jakob Von Uexküll, experto filatélico, se interesa por personas y organizaciones cuyos proyectos creativos y eficaces, si afrontaban los desafíos de nuestro tiempo sin trabajar de cara a la galería. Escribe a la fundación Nobel pidiendo un premio para los que destacaban por la eficacia de su trabajo en favor de la ecología, a solidaridad y los derechos humanos. La fundación rechaza sus peticiones.

En 1980 crea el Premio a la Forma de Vida Adecuada, la venta de sus sellos a un museo de Arabia Saudí le proporciona un millón de dólares que constituye el capital inicial de su fundación. Desde 1980 se han dado un 6% de Nobel a las mujeres mientras que en este período se han otorgado el 36 % a las mujeres u organizaciones lideradas por ellas, de los alternativos.

Entre ellas. Petra Kelly (1982), una de las fundadoras más carismáticas de los Verdes alemanes; Felicia Langer (1990), abogada israelí defensora de los derechos humanos de los presos palestinos; Fátima Ribeiro (1991) brasileña perteneciente al movimiento de los trabajadores rurales o Vandana Shiva (1993) científica hindú de élite, especializada en Canadá en física de partículas. A principio de los 70 durante un viaje de regreso del Himalaya entró en contacto con el Movimiento Chipko y se da cuenta cómo las mujeres campesinas sabían mejor que los técnicos por qué moría el bosque y la tierra. Y sobre todo sabían mejor que nadie cómo detener su destrucción, abrazando sus árboles con sus cuerpos para que no los talaran. Para Vandana Shiva existe una estrecha relación entre la crisis ecológica, el colonialismo y la opresión de las mujeres. Está comprometida con proyectos como el NAVDANYA, que es un proyecto de conservación de semillas que implica a los correspondientes sistemas de cultivo, a la biodiversidad asociada a ellos y al tipo de organización social a que da lugar.

Actividad 6

Presentamos el Documento V que es un escrito de D^a Margarita Salas. Profesora de Investigación del CSIC. Centro de Biología Molecular Severo Ochoa (CSIC-UAM) en el que expresa lo que era la investigación en España en la segunda mitad del siglo XX.

Lea el documento V y elabore las cuestiones ductora:

DOCUMENTO V. LA MUJER CIENTIFICA EN ESPAÑA. PASADO, PRESENTE Y FUTURO

Inicié mi andadura científica en España en el año 1961, realizando mi Tesis Doctoral en un laboratorio pionero de la Bioquímica, el del Profesor Alberto Sols, en el Centro de Investigaciones Biológicas del CSIC en Madrid. Se puede decir que investigar en aquella época en España era llorar, sobre todo si la que investigaba era una mujer.

Después de una fase posdoctoral de tres años en Estados Unidos en el laboratorio del Profesor Severo Ochoa, periodo en el cual me sentí tratada como persona, independientemente de mi condición de mujer, volví a España en 1967, incorporándome al mismo Centro donde había realizado mi Tesis Doctoral para tratar de desarrollar, junto con Eladio Viñuela, la Biología Molecular que habíamos aprendido en el laboratorio de Ochoa. En el año 1967 aun no existían en España ayudas del Gobierno para realizar investigación, por lo pudimos iniciar el trabajo en España

gracias a una ayuda de Estados Unidos que conseguimos con el apoyo de Severo Ochoa.

Afortunadamente, a finales de 1967, Manuel Lora-Tamayo, Ministro de Educación y Ciencia, creó las becas de Formación de Personal Investigador, por lo que el grupo recién creado pudo tener los primeros doctorandos con beca. Todos ellos eran hombres, no porque los hubiésemos buscado especialmente, sino porque ninguna mujer se interesó en realizar una Tesis Doctoral en nuestro laboratorio. Así pues, desde 1968 hasta 1971 el grupo tuvo sólo doctorandos hombres. Yo era la única mujer científica, y el Centro nos había proporcionado dos auxiliares de laboratorio que eran mujeres. En 1972 inició la Tesis Doctoral la primera mujer y en 1973 la segunda. El número de mujeres fue incrementándose paulatinamente con el paso de los años, y en la actualidad hay en total un 60% de mujeres en mi laboratorio. Hemos pasado, por tanto, de una situación en el pasado en la que la mujer científica era una “rareza” en la actividad científica española, a la situación presente en la que existe una mayoría de mujeres, en particular doctorandas, en nuestros centros de investigación.

Sin embargo, hay todavía una minoría de mujeres que ocupan puestos relevantes en el mundo científico. En la mayoría de los Centros de Investigación españoles hay un porcentaje aún pequeño de mujeres científicas que son Jefas de Grupo en los laboratorios del CSIC o Catedráticas en la Universidad. Es todavía menor el número de mujeres que ocupan puestos directivos como Directoras de Departamento, Decanas, Vicerrectoras o Rectoras en la Universidad, o Directoras de Centros o Vicepresidentas en el CSIC. De hecho, todavía no ha habido ninguna Presidenta del CSIC aunque, en la actualidad, la vicepresidencia esté a cargo de dos mujeres científicas. Esta situación de minoría de científicas en puestos de dirección puramente científica o científico-administrativa es un reflejo de nuestro pasado. Ha habido pocas mujeres científicas en el pasado en comparación con sus colegas masculinos, lo que se refleja, 20 o 30 años después, en un escaso número de mujeres en puestos de dirección y de responsabilidad. Pero quizás también las mujeres científicas tenemos que entonar un “mea culpa” pues, en general, nos hemos resistido, no a ocupar puestos de dirección científica de grupos de investigación, pero sí a ocupar puestos de dirección científico administrativa en los pocos casos en los que se nos pueda haber ofrecido.

¿Cuál es el futuro de la mujer científica en España? La gran cantidad de mujeres que están realizando actualmente su Tesis Doctoral y, lo que es muy importante, su cambio de mentalidad, va a traernos un futuro en el cual la mujer científica ocupe en el mundo de la investigación el puesto que le corresponda de acuerdo con su capacidad. Esto, que ya se está empezando a vislumbrar, nos traerá una sociedad científica equilibrada desde el punto de vista de género en la cual la potencialidad investigadora de la mujer no se va a desaprovechar. No deben pasar muchos años sin que esta previsión sea una realidad.

Cuestiones ductoras:

1. Haga un resumen del texto. Destaque las ideas principales.
2. Escriba una opinión personal sobre este tema.
3. Cumplimente la ficha biográfica de D^a Margarita Salas.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

- Marco, B. (1982). *Científicos en el Aula*. Apuntes IEPS, 30. Madrid: Narcea.
- Marco, B. y Ibáñez, M. T. (2007). *Frontera de la ciencia. Formación ciudadana en Secundaria*. Madrid: Narcea.
- Martínez, F. y Repetto, E. (1997). Un ejemplo biográfico de las profundas relaciones Ciencia, Tecnología y Sociedad. Blas Cabrera Felipe (1878-1945). *Alambique*, 13, 95-103.
- Repetto, E.; Martínez, F. y Mato, M^a. C. (1997). Aproximación a una enseñanza de la física con rostro humano: Las biografías de los científicos. *7º encuentros ibéricos para la enseñanza de la física*. XXVI Reunión Bienal de la Real Sociedad española de Física, 91-92.
- Mato, M^a. C.; Martínez, F. y Repetto, E. (1998). La Historia de la Ciencia como estrategia facilitadora de la Educación en Ciencias: Algunas propuestas didácticas. *Actas del VI Simposio de Enseñanza e Historia de las Ciencias*. Jaca: Universidad de Zaragoza.

PÁGINAS EN INTERNET

www.xtec.es/~fgonzal2/arquimedes1.html

divulgamat.ehu.es/weborriak/historia/mateospetsuak/Inprimaketak/Arquimedes.asp

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Martínez, F. y 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, 105-113.
- Sutton, C. (2003). Los profesores de Ciencias como profesores de lenguaje. *Enseñanza de las Ciencias*, 21, (1), 21-27.

EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN

1. A los alumnos de Educación Primaria es conveniente ponerle de ejemplo científicos de la antigüedad.
V F
2. Los libros de texto de Primaria facilitan el conocimiento de la Historia de la Ciencia.
V F
3. El estudio de las biografías de los científicos motivan el estudio de los temas científicos.
V F
4. Los artículos de divulgación científica pueden utilizarse como recursos en el aula.
V F
5. Las mujeres se incorporaron a las actividades científicas en el siglo XVIII.
V F
6. Es importante resaltar en el aula los aspectos humanos de los científicos.
V F
7. Únicamente existen dos mujeres Premios Nobel en el mundo.
V F

SOLUCIONES A LOS EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN

1. F
2. F
3. V
4. V
5. F
6. V
7. F

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Átomo: parte más pequeña de un elemento químico que conserva sus propiedades y que no es posible dividir mediante procesos químicos. El núcleo del átomo se encuentra formado por nucleones, los cuales pueden ser de dos clases: Protones: que son partículas de carga eléctrica positiva igual a una carga elemental, y $1,67262 \times 10^{-27}$ kg. y una masa 1837 veces mayor que la del electrón y neutrones que son partículas carentes de carga eléctrica y una masa un poco mayor que la del protón ($1,67493 \times 10^{-27}$ kg). La cantidad de protones contenida en el núcleo del átomo se conoce como número atómico el cual se representa por la letra Z. Es el que distingue a un elemento químico de otro.

Compuesto químico: sustancia pura formada por dos o más elementos que se combinan químicamente en cantidades que guardan una proporción constante y definida.

Elemento químico: es una sustancia pura formada por una sola clase de átomos. Es decir, todos los átomos tienen el mismo número de protones en su núcleo.

Fisión nuclear: es un proceso que ocurre cuando un núcleo se divide en dos o más núcleos pequeños, más algunos subproductos. Estos subproductos incluyen neutrones libres, fotones (generalmente rayos gamma) y otros fragmentos del núcleo como partículas alfa (núcleos de Helio) y beta (electrones y positrones de alta energía).

Fusión nuclear: es el proceso mediante el cual dos núcleos atómicos se unen para formar uno de mayor peso atómico. El nuevo núcleo tiene una masa inferior a la suma de las masas de los dos núcleos que se han fusionado para formarlo. Esta diferencia de masa es liberada en forma de energía.

Isótopos: son átomos de un mismo elemento químico que difieren en el número de neutrones. El ozono es un isótopo del oxígeno, (O_3).

Molécula: parte más pequeña de un compuesto químico que conserva sus propiedades.

Premios Nobel: en 1895, Alfred Nobel hizo testamento disponiendo que las rentas de su fortuna, administrada por la fundación que lleva su nombre, creada para ello, se distribuyeran en cinco premios anuales a otras tantas personas o instituciones que hiciesen algún descubrimiento trascendental en las ciencias Físicas, Químicas Fisiología y Medicina o escribiese la obra de literatura de miras más ideales o trabajase con más eficacia por la hermandad entre los pueblos, la supresión de los ejércitos permanentes y para la celebración y fomento de conferencias de Paz entre las naciones.

Sobrentender: entender una cosa que no está expresa, pero que se deduce de lo que antecede o de la materia que se trata.

Manuales docentes de Educación Primaria

Módulo 3

Recursos didácticos colaborativos

PRESENTACIÓN

En este Módulo hemos incluido una serie de recursos que se caracterizan por emplear el trabajo en grupo para su desarrollo. Son recursos poco utilizados normalmente, que requieren una seria planificación por parte del profesor y una coordinación por parte de los estudiantes. No cabe duda que son recursos laboriosos que tienen carácter interdisciplinario y que consumen mucho tiempo para su preparación. Hemos comprobado experiencialmente que son fuertemente motivantes y que los alumnos participan con gran entusiasmo y buen rendimiento. Se trata de aprender haciendo y comprometiéndose. Me estoy refiriendo a las exposiciones hechas por ellos; los Congresos de estudiantes; los juegos de rol y los puzzles. También en este Módulo hemos incluido la utilización de las exposiciones temáticas que se hagan fuera del aula en diversos centros culturales para analizar cómo se puede llevar a cabo un aprendizaje no formal introduciendo una serie de consejos sobre aspectos didácticos a tener en cuenta para que el rendimiento sea óptimo.

OBJETIVOS

- Motivar a los alumnos para el aprendizaje de las ciencias.
- Fomentar la creatividad.
- Promover el trabajo en grupo.
- Propiciar experiencias de aprendizaje significativas para los alumnos.
- Favorecer la socialización de los estudiantes.
- Desarrollar experiencias de aprendizaje no formal.

ESQUEMA DE LOS CONTENIDOS



EXPOSICIÓN DE LOS CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN

Aprender implica la participación activa de los alumno. El aprendizaje cooperativo es el empleo didáctico de grupos reducidos en los que los alumnos encaran la tarea juntos para maximizar su propio aprendizaje y el de los otros miembros del grupo (Jonson: 1999).

La expresión aprendizaje colaborativo se refiere a metodologías de aprendizaje que incentivan la colaboración entre individuos para conocer, compartir, y ampliar la información que cada uno tiene sobre un tema. Consideramos a un grupo de trabajo colaborativo de acuerdo con las ideas de Tannebaum, como un conjunto característico de dos o más personas que interactúan dinámica y interdependientemente con respecto a una meta, un objetivo o una misión, y cada uno tiene algunos roles o funciones específicas que realizar.

Las características de los grupos colaborativos se engloban en los siguientes aspectos:

- En el grupo colaborativo, el liderazgo es una responsabilidad compartida, el equipo tiene un propósito específico y bien definido propio.
- El producto del trabajo es tanto del equipo como del individuo.
- La efectividad se mide directamente valorando los productos del equipo, es evidente tanto la responsabilidad individual como del equipo.
- Se reconocen y celebran los esfuerzos individuales que contribuyen al éxito del equipo.
- Se dan discusiones abiertas para la solución activa de problemas.

La colaboración como forma de trabajo en grupos, puede ser apropiada para resolver dudas o problemas de comprensión en los alumnos, para revitalizar en la dinámica del curso, promover participación activa para mayor comprensión y aplicación de los contenidos, propiciando experiencias de aprendizaje significativas para los alumnos.

De hecho, se ha comprobado que los grupos de aprendizaje colaborativo, proveen al alumno de habilidades que le ayudan a interactuar con sus compañeros, a la vez que le proporcionan destrezas para construir, descubrir, transformar y acrecentar los contenidos conceptuales; así como socializar en forma plena con las personas que se encuentran en su entorno.

El papel del profesor debe caracterizarse con un alto índice de diseño, planificación didáctica y liderazgo, con base en un conocimiento profundo de los contenidos de aprendizaje y del perfil del alumno, para conseguir los objetivos de aprendizaje.

Por último, son de gran importancia las interacciones que establece el alumno con las personas que lo rodean, por lo cual se debe de tomar en cuenta la influencia educativa que ejerce en el alumno el aprendizaje cooperativo. La enseñanza debe ser individualizada en el sentido de permitir a cada alumno trabajar a su propio ritmo, pero al mismo tiempo es importante promover la colaboración y trabajo grupal. En estudios realizados se ha comprobado que los estudiantes aprenden más, les agrada más la escuela y establecen mejores relaciones con los demás, aumentan su autoestima y aprenden habilidades sociales más efectivas cuando trabajan en grupos cooperativos que al hacerlo de manera individualista y competitiva.

1. LAS EXPOSICIONES TEMÁTICAS

Las exposiciones son ofertas informales de aprendizaje que actúan como recurso didáctico y donde los visitantes casi nunca la perciben como una organización educativa. Deben ser poco complejas y estar bien estructuradas para que sean fáciles de observar; permitan reconocer relaciones; incluso desarrollar escalas de valores y ayudar a que se consigan los objetivos de aprendizaje que se han establecido. Es importante aclarar que en este contexto se entiende por aprendizaje no sólo la adquisición de hechos y conceptos científicos sino más bien la posibilidad de aplicar las ideas aprendidas en las exposiciones, así como el cambio de algunas actitudes y también las interacciones socialmente mediadas entre los grupos de compañeros o familiares que visitan la exposición.

Estamos en una época en que la imagen parece tener primacía sobre la palabra, al menos entre la población más joven, por otra parte, la literatura científica es pródiga en los últimos años en trabajos sobre el aprendizaje de las ciencias en contextos no formales. De hecho, Tamir (1990) ha mostrado que la participación de los alumnos en actividades de ciencias extraescolares estaba fuertemente relacionada con su compromiso hacia las ciencias y su aprendizaje. Por otra parte, Gerber, Carballo y Marek (2001) han aportado datos acerca de los efectos positivos de los entornos de aprendizaje informal sobre las habilidades de razonamiento científico de los alumnos.

Hemos de considerar que el modelo didáctico “exposición educativa” exige un ambiente bien estructurado. Por ello, se deben presentar las láminas donde figura la información de

forma perfectamente organizadas siguiendo un hilo conductor que facilite el aprendizaje del visitante al ofrecerle una visión general y presentándole algunas cuestiones que les conduzcan a la búsqueda de algunos elementos. Estas exposiciones deben ser cortas y sin excesiva información para que no abrumen al visitante.

El diseño de la exposición, lógicamente trata de favorecer un proceso de aprendizaje y podríamos entender como “formal” la intención educativa que lo anima. Pero también hemos de tener en cuenta que en ella los visitantes deciden lo que quieren aprender y son libres de planificar el recorrido que hacen, dónde se detienen, lo que observan y lo que no.

El visitante puede aprender algo, pero no depende sólo de la calidad de la exposición en sí misma, sino también de la capacidad del visitante de observar la exposición de una manera activa, por ello, es muy importante la preparación de esta visita didáctica en el caso de los alumnos de un centro o cuando van a participar personas que pertenecen a algún colectivo. Varias investigaciones demuestran que la formación de las personas que visitan los museos, en general y las exposiciones, en particular, constituye una variable decisiva para que se produzca el aprendizaje. Igualmente, está demostrado que las personas hablan delante de los carteles de lo que conocen y discuten según sus conocimientos previos.

Es cierto que la mera contemplación de las imágenes y la lectura de los textos producen motivación pero no es óbice para que también el profesor pueda planificar una serie de actividades para antes o después de la visita a la exposición. Igualmente, los organizadores de la exposición, en el catálogo o guía que realicen pueden incluir algunas preguntas que motiven más al visitante o le hagan reflexionar sobre aspectos que crean interesante.

La atmósfera informal que se crea en una exposición propicia la interacción entre amigos, padres, profesores, lo que ayuda a consolidar el aprendizaje. Por ejemplo, como afirma Benlloch y Williams (1998), los padres suelen mostrar con sus hijos una actitud de acompañamiento muy positiva durante las visitas, animándoles a observar y escuchándoles y respondiéndoles a sus comentarios.

a) Guía didáctica

Podemos afirmar que más que el Catálogo tradicional de una exposición, en estas muestras de carácter didáctico debe primar la ayuda al visitante para que pueda aprender. El profesor o la persona que pueda guiar, en su caso la visita, puede prepararla con antelación además de facilitar las cuestiones que en el caso de los estudiantes tendrán que resolver en casa o en el aula como complemento a ella. Para grupos organizados de visitantes, familias o para el que asiste solo a visitar la exposición debe existir también un material que guíe el recorrido y donde se les resalten los aspectos dignos de destacar:

Objetivos:

- Capacitar a los alumnos para comprender mejor el mundo donde viven.
- Producir en ellos una motivación suficiente para que intenten buscar la razón o justificación de algún hecho histórico.
- Despertar el interés y la curiosidad por identificar y conocer los elementos más característicos de una determinada época histórica o de un descubrimiento.
- Establecer relaciones Ciencia-Técnica-Sociedad.

Actividades del profesor

Vamos a reseñar esquemáticamente las actividades que debe realizar el profesor para que esta visita a la exposición sea fructífera. Igualmente haremos con las de los estudiantes.

A) Previas a la visita a la exposición:

- Fundamentar claramente la finalidad de la visita.
- Determinar los objetivos que pueden conseguirse.
- Conocimientos previos que deben tener.
- Establecer qué contenidos se van a trabajar.
- Cómo motivar a sus alumnos.
- Elaborar la guía de actividades en la que se indique, entre otros:
 - El material que han de llevar.
 - Observaciones a realizar.

B) Durante la visita:

- Acompañar a los estudiantes procurando que se sigan las indicaciones dadas en la preparación de la misma.
- Orientar y canalizar la atención de los alumnos hacia aspectos relevantes que puedan pasar desapercibidos.
- Resolver las dudas que se planteen “in situ”.

C) Posteriores a la visita:

- Guiar la realización de las actividades diseñadas.
- Coordinar la puesta en común-debate de todos los grupos con objeto de garantizar su grado de participación y la corrección de los argumentos y conclusiones que se establezcan.
- Evaluar el desarrollo de la visita teniendo en cuenta tanto los factores organizativos como los resultados obtenidos y el trabajo llevado a cabo por los alumnos así como el aprendizaje logrado.

Actividades de los alumnos

A) Previas a la visita:

- Realizar las actividades propuestas por el profesor.
- Elaborar encuestas o cuestionario, cuando sea necesario, dirigidos a la persona encargada de dar información o guiar la visita.

B) Durante la visita:

En general, se siguen las pautas dadas durante la preparación de la misma:

- Anotar los aspectos que más le han llamado la atención.
- Sacar fotografías, previa autorización, para unir a la memoria.
- Consultar con el profesor o guía las dudas que les surjan.

C) Después de la visita:

- Organizar y clasificar tanto el material como las informaciones recopiladas.

- Efectuar las actividades propuestas.
- Realizar pósteres, maquetas, montajes en relación con los hechos observados.
- Elaborar un informe o memoria y señalar las conclusiones.

b) Actividades para antes de la exposición sobre Biografía de Científicos Canarios

Desde un punto de vista didáctico y con objeto de fijar la atención de las personas, de diferentes edades, que visitan la exposición, en determinados contenidos y conseguir que aprendan, es muy útil que el profesor o monitor la prepare previamente como dijimos anteriormente. Esto muchas veces no es posible, no obstante antes de hacer el recorrido por los diversos paneles debe dedicar unos minutos a introducir el tema y a mostrar una serie de cuestiones ductoras (que guían el aprendizaje). Presentamos a continuación algunas como ejemplo, que deberán contestar después de haber efectuado la visita. Estas preguntas también son útiles a todos los visitantes que comparten con nosotros la idea de que el aprendizaje se realiza a lo largo de toda la vida.

1. Describa cómo era la situación de la ciencia y de los científicos en España en la primera mitad del siglo XX. Señale la influencia de los diferentes momentos sociales en el desarrollo de la Ciencia.
2. ¿A qué época se llama “la Edad de Plata de la Ciencia española”? ¿por qué?
3. Nombre cuatro de los principales científicos españoles del siglo XX.
4. ¿Hay algún Premio Nobel español en el siglo XX? Si es así cítelos.

Figura 1. Paneles de la exposición sobre Biografías de Científicos Canarios pertenecientes a Antonio González



c) Actividades para después de la visita

1. Señale las principales instituciones y centros de investigación científica existentes en la actualidad en Canarias, sus líneas de trabajo, su importancia y sus principales contribuciones.
2. Haga una relación con las principales aportaciones científicas de los investigadores que aparecen en la exposición. ¿Qué influencia tienen o han tenido en la sociedad?
3. ¿Qué le ha llamado más la atención de lo que ha visto en los diferentes paneles de la exposición? Señale dos cosas.
4. ¿Le dirá a algún amigo o algún familiar que venga a visitar la exposición?

2. EXPOSICIONES HECHAS POR ALUMNOS

Una variante de las exposiciones podemos encontrarlas en las que puedan ser diseñadas y llevadas a cabo por los estudiantes de un curso, nivel, Centro o incluso entre varios Centros para conmemorar una efeméride, estudiar un tema determinado o para celebrar el día o el año de...

Por una parte hemos de tener en cuenta que los conocimientos adquiridos informalmente pueden ser útiles desde la perspectiva de la enseñanza de las ciencias en el aula y, por otra, se aumenta la motivación de los estudiantes ya que se convierten en los protagonistas de la experiencia, lo que ayuda a fomentar actitudes positivas hacia el aprendizaje de las ciencias.

Objetivos

- Motivar a los alumnos para el aprendizaje de las ciencias.
- Fomentar la creatividad.
- 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.

Metodología

Una vez elegido el tema se divide la clase en grupos de trabajos y el profesor da las instrucciones generales para su desarrollo. Asigna, por elección o por sorteo un apartado del tema a cada grupo y explica cómo ha de hacerse el diseño y confección de los diferentes murales que han de formar parte de la exposición. Los alumnos después de documentarse, hacen un esbozo del trabajo de investigación, lo discuten con el profesor y construyen los módulos. Una vez montada la exposición llevan a cabo la función de guías y atienden al público. Lógicamente tienen que preparar previamente un esquema que debe ser también discutido con el profesor. Pueden servir como pautas generales las que hemos descrito para las exposiciones temática con las adaptaciones que el profesor estime conveniente según el tema, nivel o posibilidades del entorno.

Con motivo del día de la mujer trabajadora se hizo una exposición sobre las mujeres científicas. Cada grupo trabajó una de ellas, elegida entre todos. A título de ejemplo presentamos un póster de los muchos que se elaboraron por el alumnado de Bachillerato. Como pueden observar presentan lo más representativo de la vida de la científica y también aparece una serie de actividades que deben hacer los visitantes como reflexión sobre la visita. Algunas actividades son de revisión bibliográfica y otras más lúdicas como ésta que presenta la resolución de una sopa de letras.

Figura 2. Póster sobre la figura de Lise Meitner

LISE MEITNER
Viena, 1878 - Cambridge -1968.



Fue la segunda mujer que se doctoró en Física en Viena



Una física que nunca perdió su humanidad

Descubrió junto con Otto Hahn un nuevo elemento, el Protoactinio, en 1918 y la fisión nuclear del Uranio al ser bombardeado con neutrones, en 1938.

IES ALONSO QUESADA, 2007

Actividades

Antes ↔ Después

Elabora la ficha biográfica de esta científica

Físico compañero de Meitner
Sobrina de Meitner
Elemento descubierto por ellos
Ciudades de su nacimiento y su muerte
Símbolo de un elemento denominado en su honor

1. Destaque dos hechos importantes de su vida.
2. ¿Cómo era la sociedad en aquella época?
3. Aportaciones científicas.
4. ¿Qué premio ganó?
5. Resuelva la sopa de letras adjunta

P	R	O	T	O	A	C	T	I	N	I	O
Z	A	Y	I	N	L	E	M	B	I	H	L
A	R	E	E	H	S	I	R	F	L	A	G
N	O	I	N	U	R	R	O	I	S	H	A
O	V	O	T	T	O	X	H	A	H	N	E
E	G	D	I	R	B	M	A	C	A	I	N

3. CONGRESO DE ALUMNOS

Es interesante tanto desde el punto de vista científico como didáctico que los alumnos organicen, preparen y lleven a cabo “Congresos”, convencidos como estamos de la influencia positiva de la Historia de la Ciencia en la formación de los estudiantes (Repetto, 1992). Por otra parte, y como afirman Pozo y Gómez-Crespo (1997), la motivación no sólo es un requisito previo al aprendizaje sino también una consecuencia de la enseñanza, asimismo, el clima del aula deriva del desarrollo de lecciones interesantes y de una buena práctica educativa. Por ello, tanto la motivación como la disciplina en el aula dependen, en gran medida en la implicación de los alumnos en tareas que le sean relevantes y de la valoración positiva de los trabajos que haga, todo lo cual contribuye a generar un ambiente de trabajo ordenado y distendido y, en definitiva, a un cambio actitudinal (Gil, et ál. 1991).

Pues bien, el Congreso podría utilizarse para estudiar la vida y obra de un científico cuya efeméride se celebre o bien para analizar una obra concreta de un autor. Los estudiantes son los que elaboran y defienden las diferentes comunicaciones, después de un trabajo de investigación bibliográfica. Nuestra experiencia demuestra la evaluación positiva de esta actividad que hemos llevado a cabo en repetidas ocasiones (Repetto y Mato, 1991; Guitián y Repetto, 1993; García, Martínez y Repetto, 1994 y Repetto, 1998).

Para su organización, el profesor divide la clase en grupos de trabajo y les asigna el tema de la comunicación que deberán presentar. Según en el nivel educativo donde se vaya a poner en práctica, ésta distribución de tareas se hará con más o menos antelación con objeto de que tengan el tiempo suficiente para el desarrollo del trabajo previo. Los alumnos también diseñarán un cartel anunciador con motivos alusivos al tema y tendrán previsto los recursos didácticos que estimen necesarios para la exposición y defensa de su trabajo. Las comunicaciones serán corregidas por el profesor y después de discutidas con el grupo correspondiente, se fotocopian y entregan al resto de los grupos de la clase para que el día del “Congreso” ya conozcan el tema y puedan participar en el debate que se ha de establecer después de cada presentación.

El día señalado para el evento los alumnos irán exponiendo paulatinamente y según un horario previamente elaborado por ellos los temas asignados. Entre una y otra intervención se dejan unos minutos para que pueda establecerse un debate, hemos comprobado que es una buena ocasión para que desarrollen su creatividad, se relacionen entre ellos así como que se responsabilicen de tareas de dirección y coordinación.

Ejemplificación

Con motivo de cumplirse los cien años de la concesión del Premio Nobel de Medicina a D. Santiago Ramón y Cajal se realizó un Congreso de alumnos. Participaron los de segundo de Bachillerato de dos Institutos. Mostramos el díptico que sirvió de programa para las sesiones celebradas en un día.

Figura 3. Díptico del horario del Congreso sobre Ramón y Cajal

HORARIO • 9-9,15. Acto de inauguración. Vicedirectora del Centro • 9,15-10. Conferencia <i>Santiago Ramón y Cajal, Premio Nobel.</i> SESIÓN DE COMUNICACIONES: • 10-10,30 Biografía de Ramón y Cajal. • 10,30-11. ¿Qué son los Premios Nobel? • 11-11,30 Año de la Ciencia. • 11,30-12. DESCANSO • 12.-13. Aportaciones a la Ciencia de Ramón y Cajal. • 13-13,30. La Ciencia en España en el siglo XX. • 13,30- 14. Valoración y Conclusiones. • 14. Clausura. Director del Centro. Lugar: Salón de Actos del Centro	Santiago Ramón y Cajal: Premio Nobel 1906-2006  2º Bachillerato Instituto Virgen Milagrosa 24 de febrero de 2006
---	--

4. LA SIMULACIÓN O JUEGO DE ROL

El Juego de Rol (Role-Playing) o simulación es una técnica de dramatización en grupo que tiene la finalidad de ensanchar el campo de experiencias de las personas, bien poniéndolos en contacto con una realidad distinta de la habitual, bien en una situación que les facilite el acceso a pensamientos, sentimientos o sensaciones que normalmente permanecen fuera de sus campo de conciencia.

En el Juego de Rol los participantes actúan como en un escenario, en el que ni los “argumentos” de lo que representan ni los papeles de los diferentes actores están totalmente escritos o fijados con anterioridad. Quienes intervienen en la representación se meten en su papel, pero interaccionan en el marco de la situación elegida y va adecuando su papel o rol al de los demás. Por tanto, tiene una fuerte vertiente socializadora y adaptativa, ya que permite a los participantes el poder hacer descubrimientos sobre ellos mismos y el entorno y aumenta la capacidad de comprensión sobre ellos mismos y sobre el medio. Al asumir el alumno

un papel determinado creemos que puede ser muy útil para representar controversias científicas históricas, como pueden ser las existentes sobre: la naturaleza de la luz, la teoría atómica o la evolución de los seres vivos, representando cada estudiante o grupo de estudiantes los diferentes papeles o visiones sobre el problema en estudio.

Cuadro I. Fases del juego de rol

FASES FUNDAMENTALES DEL JUEGO DE ROL

1. En una primera fase de precalentamiento, los miembros del grupo con el profesor o monitor definen la situación a representar y los actores que intervendrán en la representación.
2. Es optativo definir claramente el papel de cada uno de los personajes que intervienen o dejar la situación más abierta y dejar que los propios actores se otorguen sus propios papeles, dejando o no la improvisación del papel para el curso de la representación.
3. Se representa en un espacio concreto, que hace de escenario, la acción dramática previamente definida con los personajes escogidos. Opcionalmente los espectadores pueden intervenir como “apuntadores” de los diferentes personajes, proporcionándoles ayudas, argumentos o sugerir algún tipo de intervención.
4. Se evalúa o comenta la representación, opinando sobre la actuación llevada a cabo. Actores y espectadores explican cómo se han sentido y analizan la situación para que pase a ser comprendida.

La Simulación o Juego de Rol pretende ensanchar el campo de experiencias de las personas y su capacidad de resolver problemas. Incrementa el potencial creativo de las personas y abre perspectivas imaginativas de acercamiento a la realidad

Actividad 4.1.

En sus Estudios históricos, climatológicos y patológicos de las islas canarias, se hace alusión de manera más o menos directa y en términos elogiosos a la Teoría de la Evolución de Darwin, cuyo libro: Origen de las Especies, se publicó en 1859 justo el año en el que el Dr. Chil regresa a nuestra isla.

La obra apareció en fascículos y con ciertos intervalos desde 1876, estando dedicada a su tío, padrino y benefactor D. Gregorio Chil y Morales, como prueba de gratitud por haberle costado la carrera y donado su riquísima biblioteca de más de cuatro mil volúmenes. Cuando se llevaban publicados varios fascículos, estalló la bomba; el Obispo Urquinaona, había condenado la obra, habiendo encargado a un grupo de expertos teólogos un juicio sobre la misma, en virtud del cual, la había excomulgado y ordenado la recogida de todos los ejemplares. Es curioso comprobar, que esto ocurría en 1876.

El motivo del referido castigo fueron las declaraciones hechas en el prefacio de la obra por el Dr. Chil, mostrando conformidad con las doctrinas de la Sociedad

Antropológica de París que defendía las teorías de Lamarck y Darwin sobre el origen del hombre. Describía en él, a grandes rasgos, la creación tal cual lo ofrece la ciencia hasta llegar al conocimiento del antroipoide humanizado.

El Dr.Chil se reafirma en sus convicciones, concluyendo que si el Sr.Urquinaona había cumplido como Obispo, el seguía cumpliendo como historiador, como científico y coleccionador de datos.

Cuestiones ductoras:

1. Resuma el texto anterior y valore las posiciones del Dr. Chil y del obispo Urquinona.
2. Indique el castigo que recibe Chil de la jerarquía esclesiástica por defender sus ideas evolucionistas.
3. Busque información y describa la Teoría de la Evolución de Darwin.
4. Prepare una simulación o juego de rol donde al menos intervengan cuatro personajes: dos evolucionistas y dos creacionistas, como el científico, el obispo, etc. Escriba los respectivos guiones con los argumentos principales de cada uno y prepare una dramatización donde se defiendan lo diferentes roles. Rellene la correspondiente ficha de trabajo.

Cuadro II. Ficha sobre un juego de rol

JUEGO DE ROL	
TÍTULO	
ACTORES	
PERSONAJES	
¿INTERVIENEN LOS ESPECTADORES?	
TEXTO	
ESCENARIO	
MOTIVO	
ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN	
VALORACIÓN	

5. EL PUZLE COMO ESTRATEGIA DE TRABAJO COOPERATIVO

La técnica del puzle o rompecabezas es una actividad que exige que el profesorado divida la lección o tema de estudio en tantas partes como miembros vayan a formar parte de cada grupo de trabajo. En cinco partes o subtemas si dividimos a los 30 alumnos de la clase en seis grupos de cinco.

Los estudiantes, en grupos, leen individualmente la fracción del tema que les ha correspondido con la intención de entenderlo bien. El segundo paso consiste en la agrupación de los que tengan el mismo tópico o documento, reunión de expertos, para poner en común la misma información, se aclaran dudas y se hacen síntesis, acordando la forma de explicarlo

a los demás miembros del grupo origen. Una vez garantizada la comprensión individual se vuelve al grupo de origen. En este tercer momento o fase, cada miembro del grupo explica su fragmento del tema en su grupo origen, a los demás, que atienden toman notas y preguntan sus dificultades. Cuando los conocimientos están adquiridos, después de un tiempo de estudio y reflexión personal, se puede realizar una evaluación de lo aprendido de cada tópico.

El puzzle, rompecabezas o Jig Saw, es pues una actividad de desarrollo, una actividad de enseñanza y aprendizaje cooperativo. El objetivo es lograr que entre todos aprendan. Es una actividad de desarrollo muy potente y adecuada para introducir nueva información y facilitar la adquisición de nuevas ideas con la implicación del alumnado de forma cooperativa.

El profesor después de presentar los objetivos a conseguir y la técnica a utilizar, divide la información el tema o una parte del mismo en tantos aspectos o apartados como miembros vayan a formar parte de cada grupo de trabajo (de 4 a 6 miembros).

Requiere:

1. Lectura individual. Los estudiantes, en sus grupos, leen individualmente la parte del texto que le corresponde.
2. Reunión de expertos para aclarar cada uno de los temas. Se rompen los grupos originales y se reúnen todos los que tengan el mismo trozo de texto a fin de discutir sobre esa información. Se aclaran dudas se hace una síntesis y se acuerda la forma de explicarlo a los demás miembros del grupo origen.
3. Explicación de cada documento en el grupo origen. Los demás toman nota y resuelven sus dudas.
4. Valoración del aprendizaje individualmente sobre los contenidos preparados en el grupo y análisis del proceso. Se puede hacer individual o colectivamente.

El éxito se consigue si todos tienen éxito. Se promueve la cooperación, la comunicación entre estudiantes, la expresión verbal y una mayor integración de los conocimientos que se pretende afianzar. La técnica facilita el refuerzo de los sentimientos de éxito y de pertenencia al grupo.

Ejemplificación

Para mostrar mejor el mecanismo de esta actividad ponemos a continuación la biografía de Severo Ochoa estructurada en seis partes o piezas para que la puedan reconstruir entre todos los estudiantes.

Pieza 1

Severo Ochoa de Albornoz, nació en Lluarca (Asturias) en 1905 siendo el pequeño de siete hermanos. Estudió Bachillerato en Málaga graduándose en 1921. Estudió medicina en la Universidad de Madrid y se doctoró en 1929.

Marchó a Heidelberg a trabajar con Otto Meyerhoff sobre energética muscular. En 1931 casó con Carmen García Cobián y el mismo año fue nombrado ayudante de Juan Negrín que le apoyó ante la Junta de Ampliación de Estudios para que pudiera completar su formación en Alemania y en el Reino Unido.

Trabajó con Negrín en el Laboratorio de Fisiología de la Residencia de Estudiantes centrándose en el metabolismo energético con especial atención a las moléculas fosforiladas poniendo a punto un método para la determinación de la creatinina.

Pieza 2

En 1936 abandonó España, exiliado tras el Golpe de Estado y la Guerra Civil, pasando un año en Alemania y tres en Inglaterra donde existían mejores condiciones para poder investigar. En 1940 pasó a afincarse en los Estados Unidos primero estuvo en la Universidad Washington de San Luis y en 1945 pasó a la Universidad de Nueva York en el College of Medicine.

Durante estos años realizó investigaciones sobre farmacología y bioquímica, que le valieron en 1951 la medalla Bewberg.

En 1956, el matrimonio Ochoa se nacionalizó como estadounidense.

Pieza 3

Aunque para el gran público el nombre de Severo Ochoa se vincula a su trabajo sobre ácidos nucleicos y código genético, su investigación fue polifacética, dentro de una línea de rigor argumental.

Ha realizado y publicado trabajos considerables sobre los mecanismos químicos del organismo. En particular ha estudiado cómo las moléculas de dióxido de carbono se incorporan a los compuestos y cómo son liberadas.

Estos trabajos, junto con los de Lipmann del Rockefeller Institute for Medical Research en Nueva York, en 1951, ayudaron a identificar el "fragmento bicarbonatado", que es uno de los compuestos claves en los procesos metabólicos, pues se combina con la coenzima A dando lugar a la acetilcoenzima A del ciclo de Krebs. Explicó el cierre del ciclo mediante la "enzima condensante" que se llamó de Ochoa.

Pieza 4

Severo Ochoa desempeñó un papel importante en la creación de la Sociedad Española de Bioquímica en 1963, hoy transformada en la Sociedad Española de Bioquímica y Biología Molecular.

Su aportación científica se materializa en una serie de trabajos que se relacionan con el desciframiento del código genético, la biosíntesis intracelular de las proteínas y los aspectos fundamentales de la biología de los virus.

En 1971 se creaba para él en Madrid y promovido por la Universidad Autónoma, el Centro de Biología Molecular. Jubilado de la Universidad de Nueva York (1975), en 1985 regresó definitivamente a España y en 1987 ingresaba en la Real Academia de Medicina, y fue nombrado Presidente de la Fundación Jiménez Díaz; pero el pronto fallecimiento de su esposa un año antes supuso un golpe psicológico irreversible.

Fue nombrado Doctor Honoris Causa por la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria en 1991. Murió en Madrid el 1 de noviembre de 1993.

Pieza 5

Su fama surgió en conexión con sus trabajos sobre los ácidos nucleicos. Gracias al trabajo de Watson y Crick los bioquímicos de los años 50 estaban concentrados en el problema de los ácidos nucleicos. El organismo estaba claramente capacitado para sintetizar los ácidos nucleicos a partir de los nucleótidos pero en el proceso se necesitaba la participación de las enzimas.

En 1955 Ochoa aisló un enzima de una estirpe de bacterias haciendo que reaccionara con los nucleótidos, a los que se había adicionado una segunda unidad fosfatada. Se seleccionaban los nucleótidos que al unirse formarían moléculas de ARN (ácido ribonucleico). La producción de ARN sintético fue un éxito. Al año siguiente Kornberg extendió el trabajo de Ochoa sintetizando el ADN.

Ambos compartieron el Premio Nobel en 1959 por sus respectivos hallazgos, que supusieron un avance enorme, pues ya se podía atacar el desciframiento del código genético, como se hizo rápidamente mediante análisis estadístico de frecuencias de igual modo como se descifran otros códigos y lenguajes desconocidos.

Fue el segundo español distinguido con el Premio Nobel de Fisiología y Medicina ya que el primero fue Santiago Ramón y Cajal en 1906.

Pieza 6

¿Tanto echa de menos a su mujer? (Carmen la esposa, murió una noche de junio de 1986, cuando apenas hacía un año que los Ochoa habían regresado a España, después de 55 años de matrimonio y de 50 de exilio científico)

- ...Yo estuve locamente enamorado de Carmen toda la vida. Y ahora la vida sin ella no es vida. Esto no quiere decir que lo pase mal, no. Viajo, escucho música, etc. Ya no trabajo, pero hablo mucho con científicos jóvenes, les aconsejo si hace falta. El tiempo está ocupado. Pero no tengo interés por la vida.

¿Tal vez usted, biólogo y a la vez enamorado, ha descubierto donde está la clave secreta del amor?

- El amor es física y química... Pero una física y química muy sofisticadas, ¿eh? Yo creo que somos eso, y nada más física y química.

¿Debo entender que, en su opinión, el alma no existe?

- Cada vez que contesto negativamente a una pregunta de este tipo recibo un montón de cartas intentando convencerme de que estoy equivocado. Los españoles son intolerantes, quieren que los demás piensen como ellos. Mi mujer era creyente, yo no; pero siempre vivimos muy felices, respetándonos nuestras ideas. Nunca fue un problema, y no tratábamos de convencernos. A veces ella se olvidaba de ir a misa y yo le decía: "Carmen, la misa...?"

A muchos científicos la ciencia les ha llevado a creer en Dios.

- En efecto. Hay científicos muy religiosos, incluso en extremo, y otros que no lo son. Pero yo no creo en lo sobrenatural.

¿Ni siquiera después de la muerte de su esposa ha sentido usted la tentación del consuelo religioso?

- Yo no busco el consuelo fácil. Prefiero no tener consuelo.

¿Y eso?

- Consolarme con la muerte de Carmen me parecería una traición hacia ella.

1 Fragmento de una entrevista a Severo Ochoa (El País, 16-4-89).

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

- Flores, J. (1997). *La ciencia para todos*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Martínez, F. y Repetto, E. (1997). Un ejemplo biográfico de las profundas relaciones ciencia, técnica y sociedad: Blas Cabrera Felipe (1878-1945). *Alambique*, 13, 95-103.
- Martínez, F.; Mato, M. C. y Repetto, E. (1997). Aplicaciones didácticas de Historia de la Ciencia. *Curso de extensión universitaria de la ULPGC*.
- Martínez, F. y 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*, 105-113.
- Martínez, F. y Repetto, E. (2005). *Blas Cabrera Felipe*. Biografías de científicos canarios. Las Palmas de Gran Canaria: Dykinson. Oficina de Ciencia, Tecnología e Innovación del Gobierno de Canarias.
- Martínez, F. y Repetto, E. (2006). *Biografías de científicos canarios. Guía de recursos didácticos*. Las Palmas de Gran Canaria: Oficina de Ciencia, Tecnología e Innovación del Gobierno de Canarias.
- Repetto, E. y Mato, M. C. (Eds.). (1991). La relatividad cumple 75 años. *I Congreso de alumnos de la E.U. de Profesorado*. Las Palmas de Gran Canaria: Departamento Didácticas Especiales de la ULPGC.

PÁGINAS EN INTERNET

<http://contexto-educativo.com.ar/2003/4/nota-02.htm>

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Benlloch, M. y Williams, V. N. (1998). Influencia educativa de los padres en una visita al museo de la ciencia: actividad compartida entre padres e hijos frente a un módulo. *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (3), 451-460.
- García, A.; Martínez, F.; Repetto, A. y Repetto, E. (1994). Doscientos años de Lavoisier, sugerencias didácticas. *Actas del VIII Congreso de la ACEC Viera y Clavijo*, 116-126.
- Gerber, B. L.; Caballo, A. M. L. y Marek, E. E. (2001). Relationship among informal environments, teaching procedures and scientific reasoning ability. *International Journal of Science Education*, 23 (5), 539-549.
- Gil, D.; Carrascosa, J.; Furió, C. y Martínez-Torregrosa, J. (1991). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. Barcelona: ICE-Horsori.
- Guitián, C. y Repetto, E. (Eds.) (1993). Galileo. *II Congreso de alumnos de la E.U. de Profesorado*. Departamento Didácticas Especiales. ULPGC.

- Johnson, D. (1999). *El aprendizaje cooperativo en el aula*. Buenos Aires: Paidós Educador.
- Repetto, E. y Mato, M. C. (Eds). (1991). La relatividad cumple 75 años. *I Congreso de alumnos*. Las Palmas de Gran Canaria: Departamento Didácticas Especiales de la ULPGC.
- Repetto, E. (Ed.) (1998). *I Congreso de alumnos del Master para Educación para la Salud*. Las Palmas de Gran Canaria: Departamento de Didácticas Especiales.
- Tamir, P. (1990). Factors associated with the relationship between formal, informal and non-formal science learning. *Journal of Environmental Education*, 22 (1), 34-42.

EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN

1. Las visitas organizadas a exposiciones temáticas favorecen el aprendizaje de las ciencias.
V F
2. Los estudiantes no están capacitados para el diseño y realización de póster alusivos a los científicos.
V F
3. Los estudiantes pierden mucho tiempo en organizar una reunión sobre algún tema monográfico y no aporta nada a la adquisición de conocimientos.
V F
4. En los Congresos de alumnos lo más importante es la distribución de las tareas a cada uno según sus capacidades.
V F
5. Las simulaciones producen un buen aprendizaje si están bien estructuradas.
V F
6. Los puzles son muy entretenidos pero no generan aprendizaje.
V F

SOLUCIONES A LOS EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN

1. V
2. F
3. F
4. V
5. V
6. F

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Cuestiones ductoras: son las cuestiones propuestas por el profesor para guiar el aprendizaje de los estudiantes.

Darwin: Charles Robert Darwin (1809-1882), biólogo inglés. Su obra *El origen de las especies por la selección natural* publicada en 1859 causó ardientes controversias.

Lamarck: Jean Baptiste (1744-1829), naturalista francés, precursor de la teoría de la evolución de Darwin; afirmó que los animales y las plantas cambian su estructura de acuerdo con el medio desarrollando ciertos órganos y atrofiando otros por desuso y que dichos cambios se heredan.

Biología molecular: es la ciencia que trata del estudio de la vida a un nivel molecular. Esta área se solapa con otros campos de la Biología y la Química.

Bioquímica: ciencia que estudia la transformaciones y aprovechamiento de las materias orgánicas e inorgánicas por los seres vivos.

Manuales docentes de Educación Primaria

Módulo 4

Los descubrimientos científicos

PRESENTACIÓN

Este cuarto módulo está dedicado al estudio de los descubrimientos científicos. Queremos primero recordar que la Metodología Científica es la base de la planificación del desarrollo del quehacer científico y, como tal, es el camino normal de llegar a un descubrimiento. Sin embargo, muchas veces los descubrimientos “surgen” en el camino trazado para resolver otro problema y es la preparación, la agudeza, el ingenio o la agilidad mental del investigador las que le hacen caer en la cuenta que allí puede existir la solución a otro problema diferente. Estaríamos en un descubrimiento por azar y que trataremos en este Módulo como descubrimientos serendípicos.

Desde el primer tercio del siglo XX se empezó en España a “hacer ciencia” y desde entonces hemos progresado bastante. Por otra parte, en la segunda mitad del siglo pasado la ciencia en el mundo se desarrolló más que en el resto de los siglos anteriores. Por ello, y después de tener una visión de algunos descubrimientos históricos intentaremos acercarnos a la actualidad científica. Hoy es fácil acceder a esta información pues son numerosas las publicaciones mensuales que dan cuenta de los últimos avances, por otra parte los medios de comunicación nos informan puntualmente de cualquier hallazgo que se produzca y finalmente, a través de Internet, es difícil no estar enterado de lo que ocurre en cualquier laboratorio del mundo.

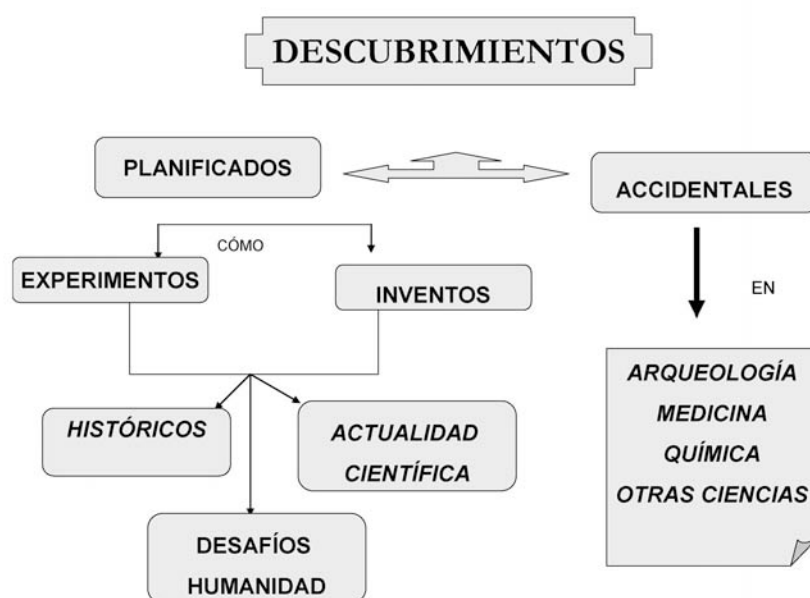
Por último, queremos hacer un análisis rápido sobre los retos que la Humanidad tiene planteados para este siglo que acaba casi de empezar.

OBJETIVOS

- Analizar el valor didáctico de la experimentación.
- Valorar la importancia de la experimentación en la construcción del conocimiento científico.
- Utilizar los experimentos históricos para poner de manifiesto directrices metodológicas de una determinada disciplina.
- Diseñar estrategias de aprendizaje para la utilización didáctica de los experimentos históricos.

- Proporcionar y analizar materiales relacionados con la utilización didáctica de experimentos históricos.
- Conocer la existencia de descubrimientos serendípicos.
- Comprobar que determinados descubrimientos importantes para el desarrollo de la Ciencia o la Técnica fueron casuales.
- Debatar con los estudiantes sobre la necesidad de poseer una preparación científica cualificada para poder realizar descubrimientos serendípicos.
- Determinar las posibilidades de utilización didáctica que ofrecen estos descubrimientos.

ESQUEMA DE LOS CONTENIDOS



EXPOSICIÓN DE LOS CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN

¿Cómo se producen los descubrimientos científicos? Todos conocemos la evolución que ha experimentado la manera de vivir desde el principio de la Humanidad, el avance de la técnica, de la medicina, de la ciencia en general. Basta pensar como ejemplo en el mundo de la medicina, ¡qué diferencia entre una operación de vesícula de hace unos años! y las de ahora, con la laparoscopia; o en el mundo de las comunicaciones desde el legendario Miguel Strogoff hasta Internet, el correo electrónico de nuestros días y los viajes espaciales. Realmente existe un cambio significativo por no decir abrumador.

Cabría preguntar entonces ¿cómo se avanza en la ciencia o en la técnica? La respuesta sería a través de la investigación científica pura y aplicada. Todos conocemos a través de los textos escolares la existencia del llamado *Método científico* por el que se encorseta al investigador,

en la creencia que es un único método para todas las ciencias, consistente en un conjunto de reglas fijas y seguras para alcanzar la verdad, al cumplimiento de cuatro pasos rígidos y más o menos ordenados que debe seguir en la planificación de un trabajo: planteamiento del problema, emisión de hipótesis, experimentación para contrastar las hipótesis y comunicación de los resultados al resto de la comunidad científica. A pesar de ello, hoy se sabe que las cosas no siguen siempre ese orden e incluso ya no se habla de “método científico” como único camino que sigue el investigador, sino que se recurre más bien a la expresión “metodología científica”. Por otra parte, y como veremos más adelante, hay muchos ejemplos de descubrimientos que ni siquiera son el resultado de algo que buscaba o pretendía el científico, sino que surgieron fruto de la casualidad o el azar.

1. LOS EXPERIMENTOS HISTÓRICOS

La experimentación es uno de los procesos involucrados en la construcción del conocimiento científico. Mediante la experimentación el científico puede contrastar las hipótesis emitidas; reproduciendo el fenómeno en estudio, en condiciones controladas y determinadas; existiendo la posibilidad de estudiar la influencia que determinados factores pueden tener (Mato, Mestres y Repetto, 1996). Es aplicable tanto para defender una teoría como para rechazarla; así como para justificar una observación, reproducir fenómenos de la naturaleza, o bien para dar a conocer nuevos instrumentos que aumentan las posibilidades de intervenir en la naturaleza.

Desde la perspectiva didáctica el experimento faculta el poder trabajar simultáneamente los niveles manipulativo, tecnológico y teórico, permitiendo establecer una relación de coherencia entre los tres, lo que a su vez contribuiría a concebir los experimentos como algo significativo y dinámico (Pickering, 1989).

De hecho, los razonamientos que se derivan de los experimentos son reconstrucciones cognitivas cuya finalidad es interpretar el experimento mediante el marco teórico en el que ha sido pensado y que se expresan o se transcriben de diferente forma, por ejemplo, mediante tablas de datos, fórmulas, esquemas o dibujos sobre instrumentos, etc., que deben ser identificados por el alumno.

En este sentido, el lenguaje utilizado para describir experimentos, es decir, la creación de explicaciones a partir del experimento, está relacionada con la necesidad de enseñar y transmitir la ciencia; por tanto, la descripción de los experimentos, no solo su realización, encierra un gran valor didáctico y se debe conseguir que los estudiantes desarrollen sus propios recursos lingüísticos para explicar los fenómenos que experimentan a partir de los patrones que proporcionan los textos científicos que se trabajan en la clase (Izquierdo, 1996).

a) ¿Qué nos interesa destacar del experimento histórico?

Esta es una pregunta cuya respuesta debe guiar la utilización de didáctica del estudio de los experimentos históricos. Para ello nos pueden servir las siguientes cuestiones:

- ¿Qué conocimientos debe poseer el estudiante o hay que introducir para que se pueda interpretar el experimento?
- ¿Con qué objetivos lo queremos utilizar?
- ¿Para relacionar teoría y experimentación? Entonces:
 - ¿Qué teoría fundamenta el diseño experimental?
 - ¿Qué teoría guía las observaciones a realizar?
 - ¿Qué aparatos se utilizan en el montaje experimental?
- Para destacar la utilización de modelos que se aproximen a los hechos observados y cuyo comportamiento conocemos mejor.
- Para comprobar como se utilizan montajes experimentales o aparatos que permiten conocer mejor el mundo natural.
- Para analizar como se lleva a cabo la recogida y organización e interpretación de datos.
- Para estudiar la reconstrucción cognitiva para explicar los resultados del experimento:
 - ¿Qué Hipótesis guía el experimento?
 - ¿Cuál es el marco teórico de partida?
 - ¿Cómo se interpretan los resultados y vinculan con el marco teórico de partida?

b) Valor didáctico del experimento

La experimentación 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:

- 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.

El estudiante debe practicar los distintos procesos del quehacer científico de tal forma que adquiera de forma progresiva las capacidades que le permitan abordar y solucionar de forma científica cualquier situación o problema, (es decir, que puedan entender, transformar y aplicar los conocimientos científicos), ya que el manejo de los conceptos implicados en un experimento, la búsqueda de relaciones o la obtención de conclusiones a partir de los resultados obtenidos, se apoyan en una serie de procesos lógicos. Estos procesos suponen el tránsito entre diferentes niveles. Así, el razonamiento científico está condicionado por el grado de evolución intelectual, la maduración... pero la maduración, la enseñanza y el entrenamiento pueden mejorarla significativamente. De hecho, se ha comprobado que muchos

estudiantes poseen serias dificultades en el uso de recursos, bien de carácter instrumental o de naturaleza física o matemática: organización y diseño de experimentos, obtención y manejo de datos experimentales, interpretación de gráficas, etc.

Ficha I. OBSERVACIÓN DE CÓMO CAEN LOS CUERPOS

A) Realice la siguiente experiencia:

Tome dos folios de papel, arrugue uno de ellos y forme una bola y el otro consérvelo como está.

Deje caer ambos desde lo alto de una silla y observe lo que ocurre

¿Han llegado simultáneamente al suelo?, ¿por qué?

Emita una hipótesis justificativa de los hechos observados.

¿Conoce alguna aplicación técnica fundamentada en el fenómeno observado?

¿Qué principio es el que explica las diferencias observadas?

B) Repita la misma experiencia con dos bolas iguales del mismo material

En el caso de que las bolas fueran iguales, pero de distinto material ¿Qué cree que ocurriría? Razone sobre ello. Realice la experiencia para comprobar sus razonamientos. Tenga en cuenta la conveniencia de tomar medidas precisas¹.

- Diseñe el montaje experimental adecuado que le permita medir el tiempo que tardarían en llegar al suelo si las dejara caer simultáneamente. ¿Podría hacer alguna predicción sobre este hecho teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la experiencia anterior? Prediga a modo de hipótesis lo que espera que ocurra? Realice la experiencia, discuta los resultados obtenidos y saque conclusiones.

1 Cuando el experimento se lleva a cabo en presencia del aire se deberá tener en cuenta que aunque en algún momento de su caída las velocidades de las esferas coincidan, un momento después dejarán de hacerlo pues sus respectivas aceleraciones no coincidirían, este último resultado se obtiene de considerar que si una de las masas es mayor, la aceleración correspondiente a esa esfera, será también mayor. Esto equivale a decir que la esfera más pesada caerá más rápido, aunque el volumen y la forma de ambas sean iguales. Una discusión sobre estas cuestiones puede encontrarse en el libro de Holton, G. y Brush, S. (1988). *Introducción a los conceptos y teorías de las ciencias físicas*. Barcelona: Reverté.

La experiencia funcionaría perfectamente en el vacío; en este caso, como no hay resistencia las dos esferas caerían con igual aceleración. Serafini, G. (1993). Las inquietudes del Sr. K. sobre la rigurosidad de los contenidos escolares. en Weissmann (comp.). *Didáctica de las ciencias naturales. Aportes y reflexiones*. Buenos Aires: Pados.

Actividad 1

Lea atentamente el documento I y elabore las cuestiones dutoras

DOCUMENTO I. LA CAÍDA DE LOS CUERPOS²

...Cuando Galileo tomó posesión de su Cátedra en Pisa en 1589 había unos 600 alumnos, dos tercios estudiaban leyes. No tardó mucho en sentir desprecio por las presuntuosas eminencias de la facultad. Especialmente por un filósofo medio calvo y conservador llamado Girolamo Borro, que gozaba de fama de sabio y de persona elocuente.

...He conocido un hombre excelente en Pisa —escribió Montaigne—, pero tan aristotélico que su opinión más arraigada es que la piedra de toque de toda verdad es la conformidad con las enseñanzas de Aristóteles...

Detrás del desprecio de Galileo a los profesores como Borro no dejaba de haber cierta envidia. Borro había escrito sobre las mareas y el movimiento, temas que interesaban mucho al profesor, aun cuando no pertenecieran propiamente al campo de las matemáticas, sino al de la filosofía natural. Galileo era dado a desacreditar y estaba impaciente por desplazar a sus antiguos profesores.

...En sus discursos sobre el movimiento, el profesor Borro era partidario de demostrar las hipótesis mediante la experimentación. Esto suponía un cambio radical respecto a quienes seguían ciegamente la ley de Aristóteles y demuestra que no todos los aristotélicos eran iguales. Borro puso a prueba concretamente el principio de Aristóteles sobre la caída de los cuerpos para comprobar si era cierto que objetos de igual peso pero de materiales distintos caían a la misma velocidad. *“Tiramos dos piezas del mismo peso desde una ventana bastante alta de nuestra casa al mismo tiempo y con la misma fuerza —escribió el profesor Borro—. La bola de plomo cayó más despacio, es decir, cayó encima de la bola de madera que había tocado el suelo antes. Hicimos el experimento no una vez sino muchas, siempre con el mismo resultado”*.

Otros eminentes profesores de tendencia aristotélica habían tratado el problema de forma distinta, planteando no sólo cuestiones de caída libre sino también de movimiento en el vacío, aceleración y trayectoria de proyectiles. Figuraba entre ellos un filósofo llamado Jacoppo Mazzoni, que había llegado a Pisa un año antes que Galileo... En el terreno de la dinámica, Mazzoni aceptaba la idea de que los cuerpos grandes y pequeños de idéntico material no caían a velocidades distintas, como sostenía Aristóteles, sino a la misma velocidad. También esto interesaba a Galileo, porque, de ser cierto, socavaría los cimientos de la física aristotélica.

El joven Galileo suspiraba por participar en este debate, porque quería demostrar la máxima de que ignorar el movimiento es ignorar la naturaleza. No le disuadió el hecho de que dichos temas no fuesen competencia de las matemáticas tal como se practicaban entonces, porque el deseaba instintivamente cambiar la función de las matemáticas. Empezó a escribir sobre el movimiento aquel curso en Pisa, mientras enseñaba el primer libro de Euclides a sus alumnos. Tituló su obra *De motu* como habían hecho otros autores en Pisa y tomó muchas ideas de sus contemporáneos. No se contentaba solo con escribir. Deseaba basar sus ideas en la experimentación, siguiendo el ejemplo de Girolamo Borro, que la *llamaba maestra de*

2 Reston, J. JR. (1996). *Galileo. El genio y el hombre*. Barcelona: Ediciones B. S. A.

Obra original: Galileo. A life (1994). Traducción Ángela Pérez. Adaptado este texto de las páginas 52-56.

todas las cosas. Y también quería superar el absurdo método de Borro de la ventana alta.

Subió a lo alto de la torre de Pisa. Era una idea osada por su propia obviedad, aunque no se le hubiera ocurrido a nadie antes que a él. El problema consistía en medir la velocidad de caída libre. ¿Y qué mejor lugar para realizar el experimento que aquel cercano monumento a las imperfecciones humanas? Si Aristóteles explicaba que *“una bola de cien libras que cae de una altura de cien codos llega al suelo antes que otra de una libra haya recorrido una distancia de un codo”*, sería facilísimo confirmar o echar por tierra esta afirmación. (Cien codos equivalen a cincuenta y ocho metros, la torre de Pisa mide cincuenta y cuatro metros).

Galileo subió la escalera de caracol con bolas de peso y tamaño distintos, de plomo y de ébano, quizás incluso de oro, pórvido y cobre. Luego calcularía la diferencia en la velocidad de caída de un huevo de gallina y de un huevo de mármol. Según cuenta la leyenda había anunciado su demostración y acudió a presenciar el experimento gran número de profesores y estudiantes. Galileo apareció con aire expansivo en lo alto, entre las pilastras y las precarias arcadas abiertas, y saludó a la multitud.

Cuando las bolas cayeron simultáneamente con un sordo ruido al pie de la torre, también se vino abajo la fórmula de Aristóteles.

La velocidad de caída no estaba en función del peso ni de la masa. Si se eliminaba la resistencia del aire (si todas las bolas cayeran en el vacío), postuló Galileo, caerían exactamente a la misma velocidad.³

Galileo no describió su experimento directamente en el momento, sino que lo hizo tangencialmente más tarde... En su obra más famosa, *el Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo*, escrito treinta años después hay ecos del experimento. Y en su última obra de ciencia pura, *Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias*, publicada al final de su vida, se opone directamente a la teoría aristotélica. *Digo que las bolas llegan al suelo al mismo tiempo. El experimento demuestra que cuando la masa más pesada toca el suelo, la más ligera está a dos dedos de distancia. Ahora destacáis mi pequeño error olvidando el gran error de noventa y nueve codos de Aristóteles.*

...Frente a la teoría aristotélica de que la velocidad del movimiento de caída era proporcional al peso total del objeto, Galileo planteó una simple pregunta: *Si lanzamos dos piedras a la vez desde una torre alta, siendo una de ellas el doble de grande que la otra, ¿creeríamos que cuando la más pequeña está a medio camino la más grande ha llegado ya al suelo?* Y respondía lo siguiente: *Si tomamos dos cuerpos diferentes, con propiedades tales que el primero caiga dos veces más rápido que el segundo, y los dejamos caer de lo alto de una torre, el primero no llega al suelo antes ni el doble de rápido.*

Cuestiones ductoras:

1. Haga un resumen del texto.
2. ¿A qué conclusiones llegó Galileo?
3. Realmente ¿fue el propio Galileo el que experimentó sobre ello?
4. ¿Cuál fue la finalidad de las experiencias realizadas?⁴

3 El astronauta Neil Armstrong demostraría "este principio de equivalencia" en la Luna, al arrojar un martillo y una pluma y verlos llegar al mismo tiempo.

4 Realmente, hoy se sabe que, no fue Galileo el que realizó el experimento de dejar caer balas de cañón desde la torre inclinada de Pisa sino su oponente Coressio como comprobación del punto de vista aristotélico de que los cuerpos grandes caen con más rapidez que los pequeños.

Actividad 2

Lea el documento II y elabore las cuestiones ductoras

DOCUMENTO II. TEXTO DE JOSÉ VIERA Y CLAVIJO SOBRE EL ANÁLISIS DE LAS AGUAS DE LA FUENTE ÁGRIA DE TEROR⁵.

Aquí vemos a un Viera preocupado por el conocimiento científico del medio insular, que aplica al análisis de las aguas minerales los conocimientos que había en sus cursos de química de París. Ese aire fijo que menciona con este nombre había sido descubierto años atrás por Black y es el dióxido de carbono.

...Me fui después al campo, a la fiesta del Pino de Teror, me divertí con los paisanos y con aquella naturaleza rústica pero magnífica, especialmente con el examen analítico que hice en su debida forma, de la fuente agria, para lo cual había llevado conmigo los utensilios y reactivos necesarios. Esta operación me sirvió de singular entretenimiento, por lo que los experimentos que practicaba me salían todos según anticipadamente los preveía, y sus fenómenos eran peregrinos. Ya puede V. inferir que la causa de aquel vivísimo ácido y picante es el Aire fixo o gas calcáreo de que está saturada; pero los arbitrios de que usé para manifestarlo con entera evidencia, fueron verdaderamente curiosos. He puesto por escrito mis observaciones, y por presentarlas a alguien, las he presentado a la Sociedad Económica de amigos del País, para lo cual estará en Griego...

Cuestiones ductoras:

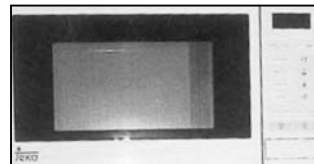
1. ¿En qué época vivió Viera y Clavijo?
2. ¿Qué tipo de investigación científica se hacía en esta época en Canarias?
3. ¿Qué tipo de observaciones cree que hizo el autor?
¿Cuál fue el mérito principal del autor al hacer esta observación?
4. Cuando el autor dice “aire fixo o gas calcáreo”, ¿a qué producto químico actual se está refiriendo? ¿Quién lo descubrió?
5. Analice la etiqueta de una botella de agua de Teror con gas y sin gas. ¿Qué diferencias encuentra?
6. Compare la composición del agua de Teror con otra agua mineral. Establezca similitudes y diferencias. Determine también sus propiedades organolépticas.
7. ¿Qué quiere decir Viera cuando envía las observaciones a la Sociedad Económica de Amigos del País y afirma: *...para lo cual estaría en griego*?
8. ¿Qué era la Sociedad Económica de Amigos del País?

5 Tomado de una carta suya al Marqués de Villanueva.

2. ALGUNOS DESCUBRIMIENTOS O INVENTOS**El microondas**

¿Qué tienen en común la luz del Sol, la radio, la televisión, el teléfono móvil, los rayos X o el horno microondas?

Todos ellos están basados en el electromagnetismo. Toda la radiación electromagnética se traslada en forma de onda y, según las propiedades de esa onda, se producen los diversos fenómenos (luz solar, ondas de radio, de TV, etc.) Entre ellos las de los microondas.



El 6 de diciembre de 1945 se patentó el horno microondas. Su funcionamiento se basa en una de las principales propiedades de las ondas electromagnéticas: que transportan energía.

Esa energía hace vibrar las moléculas que forman los alimentos y por eso se calientan, permitiendo cocinarlos.

Cuestiones ductoras:

Realice un informe sobre el descubrimiento señalando:

- Descripción del mismo.
- ¿Cómo funciona?
- ¿Quién lo descubrió? ¿Cuáles han sido sus principales aportaciones a la Ciencia?
- ¿En qué principios científicos se basa su funcionamiento?
- ¿Qué problema se intentaba resolver con el mismo?
- ¿Para qué se utiliza? ¿Cuáles son sus aplicaciones?
- ¿Cuáles son las características de la sociedad de la época?

La combustión

Fue descubierta por uno de los más grandes científicos de Francia Lavoisier, padre de la química moderna.

En cierta ocasión le habían pedido a Lavoisier que hiciera un estudio del alumbrado público. El examinó diversos combustibles para quemar en las lámparas y comenzó a tener interés por el fenómeno de la combustión.

En 1772, junto con otros químicos, quemó un diamante con ayuda de una gran lupa y los rayos solares. El diamante ardió por completo y desapareció. Realizó otras pruebas con diversas sustancias y llegó a la conclusión de que la combustión consiste en una combinación con el oxígeno del aire.



Los experimentos realizados también le llevaron a afirmar que en cualquier reacción química en un recinto cerrado no hay pérdida ni ganancia de masa: *el principio de conservación de la masa*.

El 2 de mayo de 1772, el mismo año que publicó las conclusiones de todos sus trabajos, fue decapitado en la guillotina. El gran astrónomo francés Lagrange comentó: *Bastó un momento para cercenar su cabeza y, probablemente, cien años no serán suficientes para dar otro igual.*

CUESTIONES DUCTORAS:

1. Realice un informe sobre el descubrimiento, señalando:

- Descripción del mismo.
- ¿Cómo funciona?
- ¿Quién lo descubrió? ¿Cuáles han sido sus principales aportaciones a la Ciencia?
- ¿En qué principios científicos se basa su funcionamiento?
- ¿Qué problema se intentaba resolver con el mismo?
- ¿Para qué se utiliza? ¿Cuáles son sus aplicaciones?
- ¿Cuáles son las características de la sociedad de la época?

3. DESCUBRIMIENTOS ACCIDENTALES EN LA CIENCIA

Existen una serie de cosas útiles que fueron descubiertas por accidente, sin buscarlas previamente, ellas podemos considerar que han venido a nosotros por medio de la *serendipia* (serendipity en el original inglés). Este término fue acuñado por Walpole en 1754, impresionado por un cuento de hadas “Los tres príncipes de Serendip” (antiguo nombre de Ceilán) que estaban continuamente haciendo descubrimientos por casualidad. Roberts (1992) acuñó el término *pseudoserendipia*, para designar descubrimientos accidentales que logren culminar un camino de búsqueda, en contraste con el significado de la (verdadera) serendipia, la cual describe descubrimientos accidentales de cosas no buscadas.

En este sentido Pasteur, que hizo grandes avances tanto en química como en microbiología y medicina reconocía esto cuando dijo: *En los campos de la observación, el azar favorece sólo a la mente preparada* y más recientemente el Premio Nobel Paul Florey con ocasión de recibir la medalla Perkin, el honor más alto dado por la Sociedad Química Americana se expresó: *La casualidad normalmente juega una parte, eso es seguro, pero hay mucho más en la invención que la noción popular de venir caído del cielo. A menos que la mente esté concienzudamente cargada de antemano, la proverbial chispa del genio, si se llegara a manifestar, probablemente no encontraría nada que prender.*

a) Características generales de estos científicos

Después de analizar a varios científicos de los que conocemos que realizaron descubrimientos que podemos catalogar como casuales establecemos una serie de características que le son comunes:

- la curiosidad por entender el accidente observado,
- la percepción. Observaron un fenómeno inesperado y tomaron nota de él, en lugar de desecharlo como trivial y sin importancia.

Es cierto que estas características eran inherentes en ellos, pero creemos que se pueden estimular y desarrollar como afirmaba Lenox (1985) proporcionando a los estudiantes una preparación haciendo y registrando observación incluyendo los resultados esperados y los inesperados. Enseñándoles a ser flexibles en sus pensamientos e interpretaciones; a través del estudio cuidadoso e intensivo en el campo de investigación elegido.

Finalmente, quisiéramos terminar resaltando que realmente el descubrimiento consiste en *ver lo que todos han visto y pensar lo que nadie ha pensado*.

Y parafraseando a Pasteur el físico americano Henry dijo: *Las semillas del gran descubrimiento están constantemente flotando alrededor nuestro, pero sólo echan raíces en las mentes bien preparadas para recibirlos*.

b) Algunos descubrimientos serendípicos

Como referencia citamos a continuación algunos ejemplos de descubrimientos serendípicos:

1. Nobel, vio en el derrame accidental de la nitroglicerina sobre el material poroso del embalaje que lo rodeaba la posible solución a la naturaleza peligrosa del explosivo que había buscado desesperadamente. Su mente dio el salto al descubrimiento porque había experimentado antes con las mezclas del líquido caprichoso junto con otros materiales y sabía cómo comprobar precisamente esta mezcla formada por accidente.
2. Goodyear, después de muchos intentos científicos e infructuosos de tratar el caucho, uno de los cuales implicó mezclarle con azufre, permitió que accidentalmente una mezcla de caucho y azufre cayese sobre una cocina caliente. Para su sorpresa el caucho no se fundió, sino que sólo se carbonizó lentamente, como si fuese un trozo de cuero. Mediante pruebas adicionales, Goodyear determinó la temperatura óptima y el tiempo de calentamiento para estabilizar el caucho. Solicitó la patente, que le fue concedida en 1844 por un proceso que él denominó vulcanización, del dios romano del fuego, Vulcano. Este sería un ejemplo de una pseudoserendipia ya que el accidente fortuito que dio lugar al descubrimiento le ocurrió a un inventor que ya estaba buscando algo que le eludía hasta que le ocurrió el accidente.
3. La ictericia de los recién nacidos. Los bebés recién nacidos presentan a veces un color amarillento en la piel conocido como ictericia del recién nacido. El origen del color amarillento es el mismo que el de las otras formas de ictericia: el pigmento biliar de la bilirrubina está presente en una concentración anormal y se muestra sobre la piel y en el blanco de los ojos (la conjuntiva). En el caso de la ictericia del recién nacido el hígado inmaduro del bebé no puede eliminar la bilirrubina con la rapidez suficiente como para prevenir los daños cerebrales y la muerte.

A finales de los años 50 del pasado siglo una atenta enfermera de un hospital de Inglaterra se dio cuenta de que cuando los bebés eran colocados cerca de las ventanas del cuarto de los niños a la luz la ictericia se desvanecía. La investigación iniciada tras el informe de esta observación demostró que el componente ultravioleta de la luz del sol bañando la casi transparente piel del bebé convertía la bilirrubina en una forma excretable. La irradiación de

los niños con luz ultravioleta ha llegado ahora a ser una práctica normal en los hospitales para curar o prevenir la ictericia del recién nacido.

Actividad 3

La serendipia en los medicamentos

La aspirina ha cumplido cien años hace poco y, sin embargo, para muchos será todavía “el fármaco del futuro”. ¿Cómo es posible?

En la antigüedad los chinos, los egipcios, los griegos y los romanos usaban la corteza de sauce para aliviar dolores. Aunque el efecto era poco duradero.

En 1897, el químico Felix Hoffmann descubrió el ácido acetilsalicílico, principal componente de la aspirina, a partir de la salicilina, extraída de la corteza del sauce, y el 6 de marzo de 1899 la casa Bayer patentó el nuevo fármaco: la aspirina.

Desde 1952, el libro *Guinness de los records* certifica que es el analgésico más consumido en el mundo.

En el año 1969 llegó a la luna con los tripulantes del Apolo XI, y hasta el cantante Juan Luis Guerra, en una de sus más populares canciones, nombró a la Aspirina: “Me sube la bilirrubina... y no lo quita ni la aspirina...”. ¡Aunque ésta debe ser una de las pocas cosas que no quita!

Cuestiones ductoras:

1. Haga un informe sobre el descubrimiento señalando:
 - Descripción del mismo; ¿Quién lo descubrió?
 - ¿Qué problema se intentaba resolver?
 - ¿Para qué se utiliza?

Actividad 4

Arqueología y Serendipia

En *Arqueología casi nunca encontraréis lo que vais buscando*, (Mary Leakey)⁶. Muchos descubrimientos arqueológicos famosos han sido hechos por personas que no tenían intención de encontrar nada de interés histórico. El documento siguiente presenta uno de ellos. Léalo y elabore las cuestiones ductoras:

EL NIÑO DE TAUNG⁷

En 1924 unos trabajadores estaban excavando buscando cal de la cueva de Taung, cerca de Johannesburgo (Suráfrica), cuando uno de ellos vió entre las rocas de calizas dolomíticas algo que recordaba un molde de un pequeño cerebro. Lo

6 Es una arqueóloga, esposa y madre de un arqueólogo.

7 Roberts, R. (1992). *Descubrimientos accidentales en la ciencia*. Madrid: Alianza editorial. 166-167.

tomó para el oficial minero, el cual envió un mensaje al profesor Raymond Dart, director del Departamento de Anatomía de la Universidad de Witwatersrand. Pronto Dart anunció en la revista *Nature* el descubrimiento de un cráneo de un niño casi completo, que había liberado del sustrato de caliza encontrada en la cueva de Taung. Este niño representó el antecesor humano más antiguo conocido hasta ese momento: más de un millón de años de antigüedad.

Alguien podría haber pensado que el cráneo del niño de Taung cayó en las manos equivocadas cuando le fue dado a Dart. Después de todo era joven (treinta y un año), más bien inexperto y ligeramente inclinado hacia las herejías científicas. No obstante resultó que era exactamente la persona correcta para convertir el hallazgo accidental en un gran descubrimiento científico. Tuvo la perspicacia, casi presciencia, de reconocer a este antiguo niño adolescente como lo que algunos han llamado “el eslabón perdido” entre nuestros antecesores humanos y no humanos. A partir de la evidencia del ángulo de colocación de la cabeza, como se deduce a partir de su posición respecto de la base del cráneo. Dart afirmó que el niño de Taung caminaba derecho. Estas y otras ideas de Dart removieron un tumulto de controversias: incluso respecto del hecho de que este antiguo fósil fuese encontrado en África, pues no se pensaba que allí estuviese la localización de los más antiguos antecesores humanos. Sin embargo los trabajos consiguientes en África realizados por un destacable grupo de arqueólogos (los Leakey, Donald Johanson y otros) corroboraron muchas de las afirmaciones de Dart.

Cuestiones dctoras:

1. ¿Cómo utilizaría didácticamente este texto?
2. ¿En qué materia? ¿Para qué nivel y curso?
3. ¿Qué inconvenientes encuentra para su utilización?

4. ACTUALIDAD CIENTÍFICA

En la actualidad, un ciudadano cualquiera se encuentra en la necesidad de opinar acerca de situaciones en las que están en juego contenidos científicos. El alumnado recibe muchas veces información, no siempre rigurosa a través de diferentes fuentes, no regladas estrictamente pero omnipresentes. Todo ello significa que la educación científica para todos los ciudadanos es un reto nuevo que se plantea a la escuela (Martín-Díaz y Bacas, 1996)⁸.

Aunque no se sepa mucho de ninguna ciencia, cada día se hace más necesario para el ciudadano corriente “entender la ciencia”, comprender como la ciencia y la tecnología impregnan nuestras vidas en sociedad y poder discernir si es adecuado el lenguaje científico que determinados grupos comerciales, políticos o económicos convierten en jerga misteriosa para manipular a quienes lo reciben (Oñorbe, 1996).

Por otra parte, la explosión de conocimientos científicos y tecnológicos de estos últimos años hace difícil cualquier intento de lograr que los alumnos alcancen una base científica suficiente que les capacite para enjuiciar de forma fundamentada los problemas. Por ello se hace necesario introducir ya desde el currículo de la educación primaria contenidos que en

8 Martín -Díaz, M. J. y Bacas, P. (1996). El currículum actual en ciencias y la incorporación de nuevos temas. *Alambique*, 10, 11-28. Octubre.

el momento actual son precisos para entender la cultura contemporánea. Esta idea queda perfectamente recogida en el Decreto 126/2007 por el que se establece la ordenación y currículo de la Educación Primaria en la Comunidad Autónoma de Canarias.

a) La alfabetización científica

Un estudio realizado por Krieger (1989)⁹ afirma que en USA y el Reino Unido, (de España creemos que no existe estudio similar), aproximadamente nueve de cada diez individuos carece de información científica para tomar decisiones de carácter político que hagan relación a la Ciencia. Los datos se extrajeron de encuestas llevadas a cabo en ambos países por separado.

Se consideran tres niveles en la alfabetización científica:

- Comprensión de los procesos o métodos de la Ciencia.
- Comprensión del vocabulario básico de los conceptos y términos científico-técnicos.
- Comprensión del impacto de la Ciencia y Tecnología en la sociedad.

Al parecer el panorama ha mejorado ligeramente en Gran Bretaña y también la estimación del público en general del impacto social de la Tecnología y la Ciencia.

No obstante y como afirma Cayetano López (1995):

...Gran parte del público sigue aún percibiendo la ciencia como algo ajeno, inasequible o peligroso: algo de lo que se desconfía oscuramente o, por el contrario, en lo que se confía y se respeta no menos oscuramente. Y en todo caso, la ciencia no forma parte de la cultura, del saber que se supone debe poseer cualquier persona instruida.

b) Actualidad Científica y Educación

En 1985 la Royal Society Británica en un informe titulado *The Public Understanding of Science (La comprensión pública de la Ciencia)* del que se extrae:

Una mejor comprensión de la Ciencia podría, a nuestro modo de ver, mejorar de modo significativo la calidad de la toma de decisiones públicas, no porque se elija lo correcto, sino porque las decisiones que se hagan a la luz de una comprensión adecuada de los temas, son probablemente mejores que las que se hacen en ausencia de tal conocimiento.

El papel de la educación es fundamental. La recuperación de una cierta cultura científico-técnica debería caminar hacia el logro de dos objetivos:

- Suministrar los conocimientos que hagan posible la participación activa, con sentido crítico, en una sociedad como la actual en la que el hecho científico está en la base de gran parte de las opciones personales que la sociedad reclama¹⁰.

9 Marco, B. et ál. (1990). La actualidad científica en el diseño curricular de las Ciencias Experimentales. Madrid: Narcea. 13.

10 Fourez, G. (1985). Enseignement des Sciences et Societé. *Vallonie*, 83, 327-332.

- Intentar el más pleno desarrollo de las potencialidades científico-técnicas de cada país.

Según Serrano et al (1989)¹¹ en la formación se ha ido olvidando las visiones culturales capaces de aportar a los contenidos de las disciplinas científicas su complemento humano y social. Lo que sería deseable alcanzar por parte de cada individuo al final de la enseñanza formal en lo que se refiere a la formación científica según diversos autores serían¹²:

- Utilizar los conceptos científicos y ser capaz de integrar saberes y valores en decisiones responsables.
- Entender el control que mutuamente ejercen la Sociedad sobre la Ciencia y la Tecnología y viceversa.
- Descubrir los límites que la Ciencia y la Tecnología tienen en la conquista del bienestar humano.
- Reconocer la provisionalidad del saber científico.
- Alcanzar por medio de la formación científica, una visión del mundo más rica e interesante.
- Entender las aplicaciones tecnológicas y los riesgos implicados en su utilización.
- Conocer las fuentes de información científicas y tecnológicas y recurrir a ellas antes de tomar decisiones.

Las estrategias necesarias para conseguir esos objetivos según Fourer serían:

- Renovar la formación científica para que aporte:
 - Conocimientos de epistemología.
 - Preparación en Ciencias Humanas.
 - Ayuda a la reflexión ética.
 - Comprensión de las nuevas tecnologías.
 - Formación en las técnicas de evaluación del impacto tecnológico.
- Poner a disposición de los profesionales módulos didácticos para hacer viable este tipo de enseñanza, elaborados sobre planteamientos interdisciplinares

Es difícil establecer los límites entre la Ciencia como poder y la Ciencia como servicio. Elie Wiesel, Premio Nobel de la Paz, 1986 se expresaba como sigue¹³.

11 Serrano, T.; Olivares, E.; Gutierrez, R. y Marco, B. (1989). La formación científica: entre la diseminación de los saberes y las visiones culturales. *Enseñanza de las Ciencias en la Educación Intermedia*. Madrid: Rialp.

12 Fourer, G. (1987) óp. cit.

Thomas, G. y Durant, J. (1987). Why Should We Promote the Public Understanding of Science. *Scientific Literary Papers*.

13 Wiesel, E. (1988). Alocución pronunciada en la apertura de la Conferencia de Premios Nobel en el Palacio del Eliseo. París. *El Correo de la Unesco*. Mayo.

...En el plano moral, nuestra sociedad avanza a tientas. Sus prioridades parecen mal orientadas. Los problemas del espacio le preocupan más que la búsqueda de ética o la búsqueda de una ética. La materia le interesa más que el corazón del hombre. Este se pasea por la Luna pero no se acerca a sus semejantes. Explora las profundidades del océano y los confines del Universo, pero su vecino más próximo sigue siendo para él un desconocido. Se llega a viejo, pero la vejez se convierte en carga y en una maldición...

La actualidad le llega al hombre de hoy a su propia casa en el mismo instante que se produce o pocos momentos después. Por otra parte, no es lógico que la Ciencia del aula camine de espaldas a los nuevos progresos. El acoso a que la información nos somete, nos pide pronunciarnos constantemente ante situaciones vitales sin tiempo ni razones para ponderar los hechos. Por ello, deben existir una serie de valores tanto a título personal como colectivo: espíritu de colaboración y de diálogo; libertad de pensamiento; apertura a lo trascendente, conciencia de los límites de las capacidades humanas, intercultura como plataforma de diálogo; espíritu de colaboración; renuncia a la manipulación informativa, etc.

c) Utilización didáctica de una noticia de actualidad científica

A continuación presentamos una secuencia de utilización de la actualidad científica en el aula que puede servir de guía a los profesores:

Ficha 2. UTILIZACIÓN DIDÁCTICA DE UNA NOTICIA DE ACTUALIDAD CIENTÍFICA
FUENTES DE INFORMACIÓN: LOCALIZACIÓN DE LA NOTICIA
ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS: * Extraectar el contenido esencial de la noticia. * Determinar los contenidos científicos implicados. * Establecer el momento de la unidad temática donde debe tratarse o introducirse. * Planificar la secuencia didáctica. * Elaborar los materiales. • Seleccionar los textos. • Preparar las actividades. • Diseñar de la clave de lectura. • Confeccionar documentos de apoyo. * PLANIFICAR LA EVALUACIÓN.

5. LOS DESAFÍOS DE LA HUMANIDAD

¿Qué queda por descubrir? Como respuesta a esta interrogante aparecieron relacionadas en la revista *Muy Interesante* de abril de 1997 (55-58), una serie de posibles problemas a los que tenía que enfrentarse el hombre del siglo XXI. Entre ellos destacaban: la física de lo más pequeño, el telescopio Hubble, la fecundación sin padre, internet sin ordenador ni cable y las enfermedades neurodegenerativas.

Podemos afirmar que gran parte de los problemas a escala mundial, que constituyen en la actualidad los principales retos o desafíos de la humanidad, están relacionados entre sí, no son independientes y, muchos de ellos deben ser estudiados simultáneamente.

Afrontar su solución a medio y largo plazo es un reto para las futuras generaciones y exigirá un cambio de los valores dominantes en la actualidad, un nuevo enfoque o actitud ante las prioridades y las necesidades humanas, que en muchos casos suponen cuestionar en nuestro estilo de vida. El que los alumnos conozcan estos problemas en todos los niveles educativos, en diferente profundidad, como es lógico, en todas las áreas y materias es de un gran valor formativo que no nos podemos permitir el lujo de ignorar. Se trataría de convertir los problemas o desafíos de la humanidad en algunos de nuestros problemas de aprendizaje.

Los grandes problemas de la humanidad que hemos de intentar resolver los cuatro jinetes del Apocalipsis: la Guerra, la Injusticia, el Hambre y la Enfermedad; aunque hoy reciban otros nombres no cabe duda que se podrían agrupar en dichas categorías, por su origen o por sus efectos.

Entre estos desafíos podemos citar los siguientes:

- La explosión demográfica. El alarmante aumento de la población en muchos países.
- El Cambio climático. Calentamiento global del planeta. El alarmante aumento en la atmósfera de los gases invernadero, especialmente el CO₂.
- Nuevas fuentes de energías renovables.
- Uso racional del agua. Agua segura para todos.
- Hambre. Escasez de alimentos.
- El paro. La pobreza.
- Guerras. Carrera de armamentos Armas químicas, biológicas y nucleares de exterminación masiva.
- Frenar la contaminación de la atmósfera. (Efecto invernadero, erosión de la capa de ozono, lluvia ácida, Smog fotoquímico) del agua y del suelo.
- Gestión de recursos.
- Prevenir riesgos e impactos ambientales.
- Gestión de residuos generados por la actividad humana. Tratamiento y eliminación.
- Preservar la Biodiversidad.
- Frenar la desertización. Deforestación y erosión del suelo.
- Nueva orientación del crecimiento: desarrollo económicamente sostenible.
- Desequilibrios Norte-Sur. Justicia Social. Distribución de la riqueza. Solidaridad.

Actividad 5

Lea el documento I y elabore las cuestiones dctoras.

DOCUMENTO I. EL AUMENTO GLOBAL DE LA TEMPERATURA DE LA TIERRA

EL AUMENTO DEL EFECTO INVERNADERO

- En diciembre de 1997, se celebró una reunión en Kyoto de representantes de más de 160 países a fin de suscribir un protocolo adicional a la conferencia marco sobre el cambio climático celebrada en Río en 1992. Por unos días los ministros de Medio Ambiente y sus técnicos intentaban ponerse de acuerdo sobre como restablecer la armonía perdida entre la Humanidad y la atmósfera de la Tierra. La relativa estabilidad de la atmósfera y el clima hizo posible la aparición de la vida y ha favorecido en los diez últimos milenios la evolución de la sociedad humana. Sin embargo en las últimas décadas las actividades humanas están alterando esta estabilidad, poniendo en peligro tanto el clima como la propia humanidad.
- El desafío que se planteaba en la cumbre de Kyoto era el de dar un impulso gradual y constante al descenso de la emisión de los gases de efecto invernadero. Las emisiones globales de dióxido de carbono, el más importante de los gases de efecto invernadero que generan las actividades humanas, procedentes de la quema de combustibles fósiles alcanzaron una cifra récord de 6.200 millones de toneladas en 1996, (lo que cuadruplicó los niveles de 1950) y ello cuatro años después del acuerdo de frenarlo tras la cumbre de la Tierra celebrada en Río.
- El panel Intergubernamental sobre el cambio climático, confirmaba en 1995, que una duplicación de los niveles de CO₂, que de seguir igual se producirá a finales de siglo, hará que se incremente la temperatura media del planeta Tierra de 1 a 4 °C, lo que producirá cambios climáticos, como inundaciones de ciudades, al derretirse parte de los polos y subir los niveles de los océanos, etc.
- El aumento del efecto invernadero, se debe a que al aumentar la cantidad de dióxido de carbono en la atmósfera, no deja escapar al espacio las radiaciones infrarrojas enviadas por el Sol después de reflejarse en la Tierra, queda atrapada en la atmósfera, produciendo un aumento de la T^a global del planeta.
- Los gases invernadero (dióxido de carbono, metano, óxidos de nitrógeno) atrapan retienen gran parte de la energía de onda larga (Infrarrojos), que después de recibir del Sol, la Tierra irradia hacia el espacio.
- Los países industrializados son los responsables del 76% de las emisiones mundiales acumuladas de dióxido de carbono desde 1950. Uno de los principales culpables del incremento es el sector transporte. Se puede aún frenar apoyando firmemente a las nuevas energías renovables. Seguimos quemando unas 6000 millones de toneladas de combustibles fósiles al año.
- Tocamos a una media de 1 millón de toneladas de combustibles fósiles por habitante del mundo y año.
- Mientras que en 1850 la cantidad de dióxido de carbono era del 0,0265% (265 partes por millón) en 1996 alcanzo el 0,035 % (las 350 ppm), un aumento del 76%. De no poner remedio y seguir esta tendencia en el año 2050 llegaríamos a los 600 ppm.

Cuestiones ductoras:

1. Haga un resumen del documento resaltando las ideas principales.
2. ¿Qué es el efecto invernadero?
3. ¿Qué son los combustibles fósiles?
4. ¿Qué soluciones pueden aportarse para disminuir el efecto invernadero?

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

- Claessens, M. (1996). *Los descubrimientos científicos contemporáneos*. Barcelona: Gedisa.
- Edwards, M.; Gil, D.; Vilches, A. y Praia, J. (2004). La atención a la situación del mundo en la Educación Científica. *Enseñanza de las Ciencias*, 22 (1), 47-64.
- Hernández, S. (2006). *Viera y Calhija*. Biografía de Científicos Canarios. Las Palmas de Gran Canaria: Dyckinson. Oficina de Ciencia Tecnología e Innovación del Gobierno de Canarias.
- Lozano, M. (2005). *De Arquímedes a Einstein. Los diez experimentos más bellos de la Física*. Barcelona: Random House Mondadori. Arena abierta.
- Marco, B. et ál (1984). *Historia de la Ciencia*. Madrid: Narcea.
- Marco, B. y Ibáñez, M. T. (2007). *Frontera de la ciencia. Formación ciudadana en Secundaria*. Madrid: Narcea.
- Messadié, G. (1995). *Los grandes descubrimientos de la Ciencia*. Madrid: Alhambra.
- Lightman, A. (1995). *Grandes ideas de la Física. Cómo los grandes descubrimientos científicos han cambiado nuestra visión del mundo*. Madrid: McGraw-Hill.
- Roberts, R. M. (1992). *Descubrimientos accidentales en la Ciencia*. Madrid: Alianza Editorial.
- Taton, R. (1972). *Casualidad y accidentalidad de los descubrimientos científicos*. Barcelona: Labor.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Izquierdo, M. (1996). Relación entre la historia y la filosofía de la ciencia y la enseñanza de las ciencias. *Alambique*, 18, 7-21.
- López, C. (1995). *El ogro rehabilitado*. Madrid: El País-Aguilar.
- Mato, M. C.; Mestres, A. y Repetto, E. (1996). Recursos didácticos (I) en E. Repetto y G. Marrero. *Las estrategias de intervención en el aula según la LOGSE*. 335-353. Las Palmas de Gran Canaria: ICEPS.
- Pickering, A. (1989). Living in the material world, en D. Gooding et al. *The uses of Experiment*, 275-297. Cambridge: Cambridge University Press.

EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN

1. Los descubrimientos accidentales no se dan en la actividad científica.

V
F

2. Existe una contradicción entre la metodología científica y los descubrimientos serendípicos.

V
F

3. La Historia de la Ciencia ayuda a fijar algunos conceptos científicos.

V
F

4. Los temas de actualidad científica son más motivantes para los alumnos.

V
F

5. Los combustibles fósiles son causantes el efecto invernadero debido al carbón que producen.

V
F

6. El deterioro de la capa de ozono no puede detenerse.

V
F

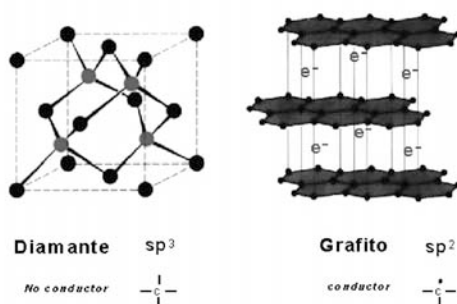
SOLUCIONES A LOS EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN

1. F
2. F
3. V
4. V
5. F
6. F

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Diamante: grafito y diamante son las principales formas alotrópicas del carbono. En el caso del grafito los átomos de C presentan una hibridación sp^2 lo que quiere decir que cada átomo se encuentra enlazado con otros 3 mediante un enlace covalente, formando estructuras laminares. En el diamante, sin embargo, los átomos de C presentan una hibridación sp^3 , uniéndose cada uno de ellos a otros 4 átomos de C mediante un enlace covalente y formando una estructura tridimensional. Así, el grafito es uno de los materiales más blandos, dado que las uniones entre planos grafiticos son muy débiles y es fácilmente exfoliable. Sin embargo, el diamante es la sustancia más dura que se conoce debido precisamente a esa estructura tridimensional de enlaces covalentes. De hecho, el término diamante proviene de la palabra griega *adamas* que significa “*el invencible*”, por la dureza del mineral.

Formas alotrópicas del carbono



Electromagnetismo: es el conjunto de fenómenos relacionados con la electricidad y el magnetismo. Ambos tipos de fenómenos son estudiados por las leyes de Maxwell.

Espectro electromagnético: es toda la gama de tipos conocidos de radiación, ordenadas según su frecuencia. Es el conjunto de todas las ondas electromagnéticas. Todas sus radiaciones viajan a la velocidad de la luz (300.000 Km/s) en línea recta. Se dividen en distintos tipos de regiones caracterizadas por su frecuencia o longitud de onda.

Lavoisier: químico francés y padre de la química moderna, Antoine-Laurent Lavoisier fue un experimentador brillante y genio de muchas facetas, activo tanto en ciencia como en asuntos públicos. Desarrolló una nueva teoría de la combustión que llevó a terminar con la doctrina del flogisto, que había dominado el curso de la química por más de un siglo. Sus estudios fundamentales sobre oxidación demostraron el papel del oxígeno en los procesos químicos y mostraron cuantitativamente la similitud entre oxidación y respiración. Formuló el principio de la conservación de la masa en las reacciones químicas. Clarificó la distinción entre elementos y compuestos y fue clave en el diseño de un sistema moderno de nomenclatura química. Lavoisier fue uno de los primeros científicos en introducir procedimientos cuantitativos en las investigaciones químicas. Fue guillotinado en la Revolución Francesa.

Pseudoserendipia: término acuñado por Roberts para designar descubrimientos accidentales que logren culminar un camino de búsqueda, en contraste con el significado de la (verdadera) serendipia, la cual describe descubrimientos accidentales de cosas no buscadas.

Radiación electromagnética: energía emitida, en forma de ondas o de partículas materiales por una fuente. Todas las radiaciones electromagnéticas se propagan en el vacío con la misma velocidad (la de la luz), y difieren tan sólo en el valor de su frecuencia, la cual determina los efectos que producen sobre la materia. Por orden decreciente de esa frecuencia, se clasifican en: rayos gamma, rayos X, radiaciones ultravioleta, luz visible, radiaciones infrarrojas y ondas Hertzianas.

Serendipia: facultad de hacer descubrimientos afortunados e inesperados por accidente. Regalo de encontrar cosas valiosas o agradables no buscadas.

Manuales docentes de Educación Primaria

Módulo 5

La ciencia en Canarias

PRESENTACIÓN

Vivimos en una época en que nuestras vidas están influenciadas directamente por la Ciencia y la Tecnología, por ello, sería deseable tener ciudadanos científicamente cultos que sean capaces de seguir los mensajes científicos y tecnológicos que transmiten los distintos medios de comunicación y que después de pasar por la enseñanza obligatoria puedan integrar nuevos conocimientos de forma autónoma.

Asimismo, queremos resaltar el lado humano de los científicos, sus grandezas y debilidades, es decir, mostrar una ciencia con rostro humano, y poner de manifiesto que la ciencia es parte de la cultura, que es otra mirada a la realidad, que nos da nuevos matices de la misma, mostrando que un científico es también un humanista.

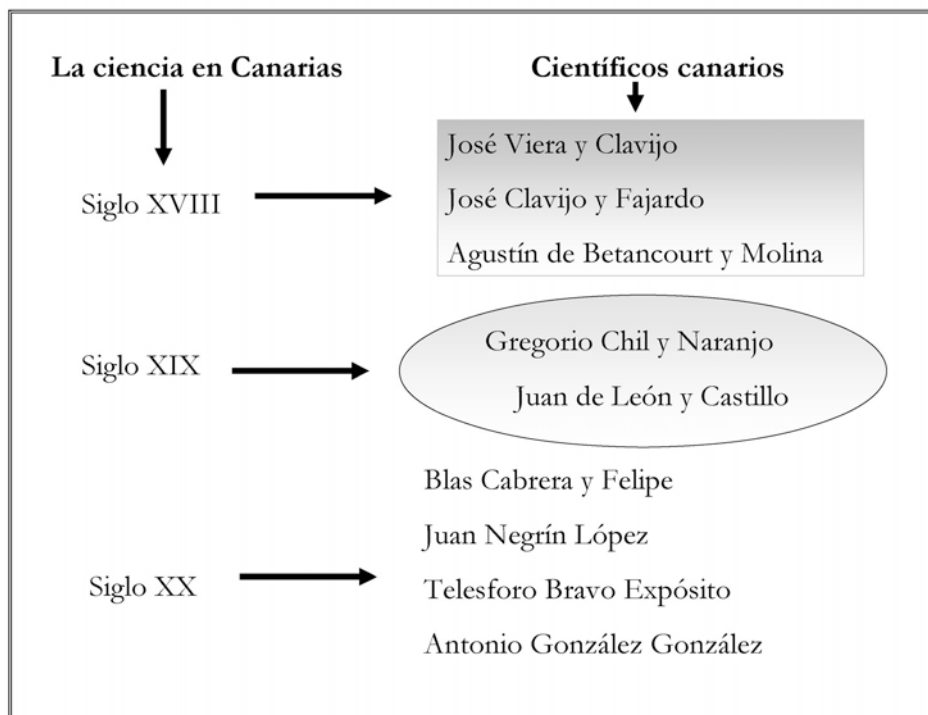
Igualmente, queremos dejar patente que detrás de cada investigación o descubrimiento existen además de ideas, seres humanos que las generan y que no suelen ser héroes inaccesibles sino que viven como la mayoría de la gente. En este sentido, Aarón Ciechanover que compartió el Premio Nobel de Química con Avram Hershko, en el 2004, se expresaba así ante los estudiantes que participaron en el Campus de Excelencia de la ULPGC, en junio del 2005:

...Un Premio Nobel no es Dios, es una persona normal, que tiene brazos, piernas y ojos, a la que un día le cambia la vida, se le produce una mutación genética al ganar este galardón pero lo importante no es ganar el premio sino trabajar con entusiasmo e ir hacia la búsqueda de la verdad a través de la ciencia.

OBJETIVOS

- Familiarizar a los estudiantes con el desarrollo de la ciencia en Canarias.
- Dar a conocer a los estudiantes a diversos científicos que han nacido en Canarias.
- Desarrollar en ellos una necesidad de conocer los aspectos científicos que se desarrollan en el Archipiélago.
- Valorar la importancia del esfuerzo como medio para lograr unos objetivos.
- Motivar a los estudiantes para el estudio de las ciencias.

ESQUEMA DE LOS CONTENIDOS



EXPOSICIÓN DE LOS CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN

La Revolución Científica de los siglos XVI y XVII, en la que hubo una total ausencia española, se había introducido en España tardíamente durante el tercio de la centuria anterior (siglo XVII), a través del movimiento renovador de la ciencia española denominado novator. Sin embargo, hasta avanzado el siglo XVIII no puede hablarse de Ciencia moderna en España. El sostenimiento desde el siglo XVI de un esquema religioso absolutamente cerrado había hecho imposible la difusión en toda España de los principios y de las obras que sustentaron la revolución científica de los siglos XVI y XVII.

1. HISTORIA DE LA CIENCIA EN CANARIAS

Siglo XVIII. La Ilustración

En pleno siglo XVIII, llamado “siglo de la Razón” no puede hablarse de ciencia en España, baste resaltar que los estudiosos españoles defendían la concepción de nuestro planeta como centro del sistema solar. De hecho, el científico y marino español Jorge Juan fue interrogado por el Santo Oficio por ser adepto al sistema heliocéntrico y esto ocurría en el último tercio de este siglo. Por otra parte, desconocían los *Principia Mathematica* y las teorías de

Newton. Sin embargo, fue en el campo de la mineralogía donde se registraron los mayores avances y descubrimientos, como el del Wolframio por los hermanos Elhuyar, el platino por Ulloa y el vanadio por Manuel del Río, los tres únicos elementos químicos descubiertos por españoles.

Las islas Canarias viven una de las épocas más florecientes de su historia, caracterizadas por un afán renovador, brillante y liberal, prendiendo el espíritu enciclopedista de la Ilustración en gran parte de las clases aristocrática y burguesa de la sociedad.

Bajo el punto de vista político, en este siglo se produjo en España, un cambio de dinastía monárquica. Los Austrias son reemplazados por los Borbones, que empiezan la dinastía española con Felipe V. En la segunda mitad del siglo XVIII, bajo los impulsos de la Ilustración y de la ciencia europea, los Borbones iniciaron una incipiente política científica, que tendría efectos positivos en el intento de acercar a España hacia el nivel de las ciencias alcanzado durante la centuria por los países europeos avanzados. De acuerdo con los presupuestos de la mentalidad ilustrada, en dicho esfuerzo desempeñó un importante papel la promoción de la actividad científica y técnica. Por una parte, se envían estudiantes a Europa y se contratan científicos extranjeros; por otra, se crean nuevos institutos científicos que operan fuera del marco de una Universidad anacrónica centrada todavía en los estudios teológicos y jurídicos. En 1718 los gobernantes de Felipe V habían establecido becas para facilitar los estudios en el extranjero y en la segunda mitad del siglo se generalizaron estas salidas, lo cual constituía algo inédito en un país en el que hasta entonces ello estaba prohibido. Esto permitió a los estudiosos españoles adquirir nuevos conocimientos y abrir nuevos horizontes, estableciendo relaciones con científicos de otros países.

Durante el reinado de Carlos III, en 1760, el espíritu de la Ilustración llega a Canarias y con ella la idea de felicidad en la tierra, del progreso humano, de predominio de la razón, de la ciencia y del método experimental y de la crítica. Estos principios trajeron nuevas concepciones sociales, el desarrollo de nuevas actividades científicas y culturales e impulsaron la investigación y la enseñanza.

Como ejemplo del movimiento de la Ilustración nacen las tertulias de La Laguna, del Puerto de la Cruz y de Las Palmas de Gran Canaria, con un espíritu renovador y reformista. Es famosa la tertulia de La Laguna auspiciada por el Marqués de Villanueva del Prado, D. Alonso de Nava y Grimón, en las que participara Viera y Clavijo y Clavijo y Fajardo. A ellas se les deben los primeros periódicos insulares y la creación de las primeras Reales Sociedades Económicas de Amigos del País en 1776.

A mediados del siglo XVIII sectores importantes de la nobleza, el clero y de los grandes comerciantes entran en contacto con el desarrollo científico europeo, a través de España y otros países del continente recibiendo el influjo de la ciencia de la Ilustración.

Es interesante resaltar que ya desde la primera mitad del siglo XVIII y por las características propias de la estructura geológica de Canarias, el vulcanismo, la vegetación y algunos aspectos zoológicos, las islas son visitada por numerosos naturalistas. Igualmente, y por su enclave marítimo, desempeñan el papel de “escala científica en el Atlántico” en las grandes expediciones de la Ilustración y visitada por relevantes naturalistas como Humboldt, que realizó importantes trabajos.

Otro acontecimiento a resaltar en este siglo es la creación de la Universidad de La Laguna por Real Decreto de Carlos IV en 1792.

...En consecuencia de esto he resuelto establecer esta Universidad en la ciudad de La Laguna, capital de la isla de Tenerife en atención a las ventajas de su situación y demás circunstancias oportunas...

Señalado en el Real Marco de su Majestad en Aranjuez a once de marzo de 1792.

Si nos remontamos al inicio de la ciencia como actividad profesional consolidada, fueron tres canarios, Agustín de Betancourt y Molina, José de Viera y Clavijo y José Clavijo y Fajardo, los que introdujeron las ideas científicas en una España muy católica, literaria y artística, pero también muy retrasada científica y tecnológicamente.

Siglo XVIII: La Ilustración	
Año	Acontecimientos principales
1700	Felipe V rey de España.
1722	Los capitanes Generales de Canarias pasan a ser comandantes generales.
1724	Louies Feuillée mide el meridiano de Canarias en la Islas del Hierro.
1742	Creación de la Universidad de la Laguna.
1751	Llegada de la primera imprenta a Canarias.
1759	Carlos III rey de España.
1766	Real orden creando personeros y Diputados del común por elección vecinal.
1769	Reparto de Tierras propiciado por Carlos III. Reparto de las dehesas, pertenecientes a los concejos, a los campesinos.
1778	Guerra de la Independencia norteamericana
1783	Lanzamiento del primer globo español por Agustín de Betancourt. Unos meses más tarde repite la hazaña Viera y Clavijo que se encontraba en Madrid.
1788	Betancourt diseña la máquina de vapor de doble efecto.
1789	Revolución Francesa.
1790	Viera y Clavijo es nombrado Director de la Sociedad de Amigos del País de Las Palmas de Gran Canaria.
1797	Rendición de la armada inglesa mandada por Nelson en Tenerife.

Siglo XIX

El paso del siglo XVIII al XIX supone la transformación de la sociedad del Antiguo Régimen y la implantación del orden liberal. Las alteraciones internacionales con las rivalidades europeas y la pérdida de las colonias americanas repercutieron en las Islas Canarias y en su actividad económica. La fragilidad de los recursos de las Islas y su notable dependencia

del exterior se pondrá de manifiesto en numerosas ocasiones. Durante el siglo XIX en Canarias se han desarrollado distintos proyectos científicos, en consonancia con los movimientos científicos y sociales del momento. Se produjo, lentamente, la llegada del modelo de la sociedad capitalista y burguesa. El incremento demográfico se vió seriamente limitado por la emigración a América y los graves episodios de hambrunas y fuertes epidemias a mediados del siglo XIX y como nota a destacar señalaremos que aparecen los Cabildos Insulares.

En 1847 fue fundada la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales y a pesar del lema de la Ilustración con el que fue creada: “limpia, fija y da esplendor” a ella no llegaba para iluminarla, resplandor alguno, especialmente en las ciencias físico-químicas

Es importante considerar que en 1860 más del 80% de la población española era analfabeta, hallándose sin escolarizar más del 60% de los jóvenes en edad escolar. En Canarias la situación era aún más grave, la mitad de los pueblos no tenían escuela y no llegaba al 15% la población alfabetizada. En 1887, el 80,08% no sabían leer ni escribir, el 4,45% solo sabía leer y el 15,47% sabían leer y escribir. Por otra parte, Las Palmas de Gran Canaria era la única ciudad del grupo oriental en que los servicios ocupaban un papel importante. En ella residía el Delegado de Gobierno para las islas de Gran Canaria, Lanzarote y Fuerteventura. Gozaba de red telefónica interior, inaugurada en 1881 con unos 100 abonados. Entre sus instituciones culturales destacaban tres colegios de segunda enseñanza, el Museo Canario, la Biblioteca, Hemeroteca y Archivo, el Gabinete Literario, el Teatro y la Orquesta Filarmónica. Llama la atención el hecho de que con relación al número de habitantes y personas que sabían leer, la variedad de periódicos que se publicaban. Al menos cuatro diarios y otros de intervalos superiores servían información principalmente canaria, pues las noticias exteriores debían llegar por telégrafo y resultaba caro.

De hecho, la labor de las escuelas religiosas, y la posterior y paralela acción educativa desplegada por Real Sociedad Económica de Amigos del País para suplir la falta de iniciativa estatal, explica que Gran Canaria fuese de las islas más privilegiadas en este terreno por crearse en ella las escuelas catedráticas, dedicadas a los jóvenes que ayudaban en la misa y en el coro. Las Reales Sociedades Económicas de Amigos del País de Canarias entendieron que las enseñanzas políticas y religiosas eran el único elemento capaz de preparar ciudadanos útiles al Estado y convirtieron esa máxima en uno de sus primeros objetivos. Era necesario que los jóvenes leyeran bien, tuviesen una ortografía aceptable y aprendieran con inteligencia el catecismo, lo cual sería determinante para que adquiriesen buenas costumbres y modales, es decir, se trataba de hacer personas con una nueva formación capaces de someterse a los retos que aparecerían de ser aceptadas las transformaciones propugnadas por los ilustrados. Toda esta colaboración se debe a que la carencia de docentes, y sobre todo de competentes, era conocida por todos los dirigentes y era una de las obligaciones de las autoridades que no tenían fácil solución (Santana Pérez, J. M. 1990). Cada uno desde sus respectivos terrenos debían tratar de educar a los niños desde pequeños en las máximas cristianas y cívicas, o lo que es lo mismo, servir bien a Dios y a la Patria. Del estudio de la documentación existente sobre aquella época se desprende que varias de las razones fundamentales del precario estado de la enseñanza en Canarias eran la carencia de fondos económicos necesarios para la dotación y sostenimiento de los establecimientos escolares por un lado, y, de otro, la poca valoración de la educación como elemento de supervivencia y desarrollo, sobre todo en las zonas rurales y las bajas capas sociales.

Durante el primer tercio del siglo XIX, la instrucción primaria isleña, según Millares Torres,(1975) *...apenas contaba en 1834 con veinte y siete escuelas de niños y seis de niñas, dirigidas por maestros, de los cuales solo siete habían obtenido título profesional...* En torno a 1840, Juan de la Puerta Canseco (uno de nuestros educadores más significativos de la segunda mitad del siglo XIX) habla de 37 escuelas públicas de niños y 16 de niñas. Siete años más tarde, aunque se habían producido algunas mejoras, F. M^a. de León exponía la situación siguiente: *... De los 95 pueblos de las Islas Canarias solo en 40 existen escuelas donde concurran niños pobres a quienes se instruyan gratuitamente, y en general la educación depende de la que los padres de familias pudientes puedan proporcionar...* (Citado por Negrín Fajardo, O. 1982).

Según Millares (1997), hay tres etapas en la evolución del analfabetismo en Canarias: de 1870 a 1920; de 1920 a 1960 y finalmente de 1960 a 1991. En la primera, el analfabetismo es muy alto, como decíamos anteriormente en 1860 el 82% de los canarios eran analfabetos. Y hemos de destacar que el porcentaje de las mujeres es mucho mayor. En 1900 en el estado español se da un 45,2% de analfabetismo mientras en Canarias es del 74,2% y dentro de Canarias hay una clara diferencia en torno a 20 puntos, entre los áreas rurales y las urbanas a causa de la escasez de centros educativos.

En 1930 Canarias registra el doble de analfabetos que la media del estado: el 49,8% frente al 25,9% aunque es significativo la reducción de 15 enteros en una década. La política de la República es también beneficiosa para la reducción de estos índices ya que desciende en doce enteros entre 1930 y 1940 a pesar de la guerra civil de 1936. También se da esta disminución (diez puntos), en la década de los 50 debido a la incorporación de los jóvenes a la instrucción.

A finales del siglo XIX había escuelas de primera enseñanza en todos los Ayuntamientos de las islas orientales y en muchos de los pagos más importantes, estando su número en torno a 250 públicas y 70 privadas, sin que ello significase que la enseñanza llegara a toda la población. El índice de analfabetismo resultaba el más alto de España, en particular en las zonas rurales de Gran Canaria y en las islas de Lanzarote y Fuerteventura. Por otra parte, la asistencia a las escuelas era tan baja e irregular que los niños terminaban los cursos sin saber leer ni escribir de forma inteligible.

Entre las islas existe una clara diferencia debido quizás a que en las islas occidentales se conserva más la estructura agraria mientras que en las orientales se ha urbanizado y la población se ha concentrado en núcleos.

1. Instituto de Canarias. La Laguna



En ninguna de las islas orientales existía Instituto de Segunda Enseñanza, aunque en Las Palmas la impartían tres colegios privados. Eran raros los canarios que seguían carreras superiores, para ello debían trasladarse a la península o al extranjero, al carecerse de universidad. El primer Instituto de Segunda enseñanza de Canarias, fue creado en 1844, al cerrar la Universidad de La Laguna. Inicialmente dependía de la Universidad de Sevilla. En él estudió Blas Cabrera de (1888-1893), se examinó Juan Negrín y más tarde cursaron su enseñanza Secundaria tanto Telesforo Bravo como Antonio González.

Siglo XIX: El liberalismo	
Año	Acontecimientos principales
1808	Creación de la Junta Suprema en Tenerife y el Cabildo General Permanente en Gran Canaria.
1811	Epidemia de fiebre amarilla en las islas.
1812	División municipal.
1818	Se crea el Obispado de Tenerife.
1833	Se crea la provincia de Canarias con capital en Santa Cruz de Tenerife.
1846	Creación del Instituto Provincial de Segunda Enseñanza de Canarias, en La Laguna. Creación de la Academia de Bellas Artes de Santa Cruz de Tenerife. Fundación del Colegio de San Agustín de Las Palmas de Gran Canaria (carácter privado y dependiente del Instituto de La Laguna).
1849	Creación de la Escuela Normal Elemental de Magisterio de La Laguna.
1851	Concordato con la Santa Sede que pone de nuevo la enseñanza bajo control eclesiástico.
1851	Real Decreto de Puertos Francos.
1852	Creación de la Escuela Mercantil en Las Palmas de Gran Canaria.
1853	Creación de la Escuela Normal de Magisterio en Las Palmas de Gran Canaria.
1857	Ley de Instrucción Pública conocida como Ley Moyano que estuvo vigente más de cien años.
1868	Formación de Juntas Revolucionarias en las islas.
1873	Proclamación de la I República.
1876	Creación de la Institución Libre de Enseñanza.
1879	Nace en Ulm Albert Einstein. Se constituye el Partido Socialista Democrático Obrero de España, PSOE. Fundación de la Sociedad Científica: El Museo Canario.
1883	Obras del Puerto de La Luz en Las Palmas. Conexión de Las Palmas con Cádiz mediante cable telegráfico.
1892	Santiago Ramón y Cajal obtiene la cátedra de Histología de la Facultad de Medicina de la Universidad de Madrid.
1898	Guerra con EEUU. Perdida de Cuba y Filipinas. Temor de la llegada de la guerra a Canarias.

Siglo XX

Al iniciarse el siglo XX la ciencia española, salvo en el campo de las ciencias biomédicas, se encontraban en un estado precario. Nuestro país había permanecido largo tiempo al margen de los quehaceres científicos. No disponíamos ni de ambiente social e intelectual adecuado ni de centros de investigaciones científicas.

En 1903, se crea la Sociedad Española de Física y Química, destinada a fomentar el estudio de la Física y de la Química y a publicar los trabajos referentes a estas Ciencias, efectuados por sus socios en los “Anales de Física y Química” y para comprender bien nuestro retraso secular, conviene recordar que la institución homóloga inglesa la “Royal Society” existía desde 1660.

No obstante, hemos de resaltar que las ciencias fisicoquímicas experimentaron en España un indudable desarrollo durante el primer tercio del siglo XX, especialmente en los laboratorios de una institución creada en 1911, que aunque dependía del Ministerio de Instrucción Pública estuvo influida, por el espíritu de su fundador, Francisco Giner de los Ríos, la Institución Libre de Enseñanza: la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas (JAE), cuyo presidente era D. Santiago Ramón y Cajal.

Laboratorio de Investigaciones Físicas

Por su importancia para el desarrollo de la ciencia en España, nos detendremos un poco en el estudio del Laboratorio de Investigaciones Físicas de la Junta para Ampliación de Estudios.

Se fundó en 1911 siendo director Blas Cabrera catedrático, desde 1905, de Electricidad y Magnetismo de la Universidad Central de Madrid. Inicialmente sus secciones eran cuatro: Metrología, Electricidad, Espectrometría y Química Física, distribuidas en nueve salas (dos para cada una de las secciones y una para conferencias y biblioteca) y hay que destacar que Cabrera encontró en la organización del mismo a un firme aliado, Enrique Moles, posiblemente el mejor y más activo químico en la Historia de la Ciencia española.



Existían cinco grupos de investigación principales: “Física”, dirigido por Cabrera y dedicado principalmente a una serie de temas físicos generales y diversos (p. ej., las propiedades físicas de los metales en campos eléctricos y magnéticos, o la óptica); “Químico-Física” (dirigido por Moles); “Magnetoquímica” (Cabrera y Duperier); “Electroquímica y electroanálisis” (Julio Guzmán), y “Espectroscopia” (Ángel del Campo y Miguel Catalán).

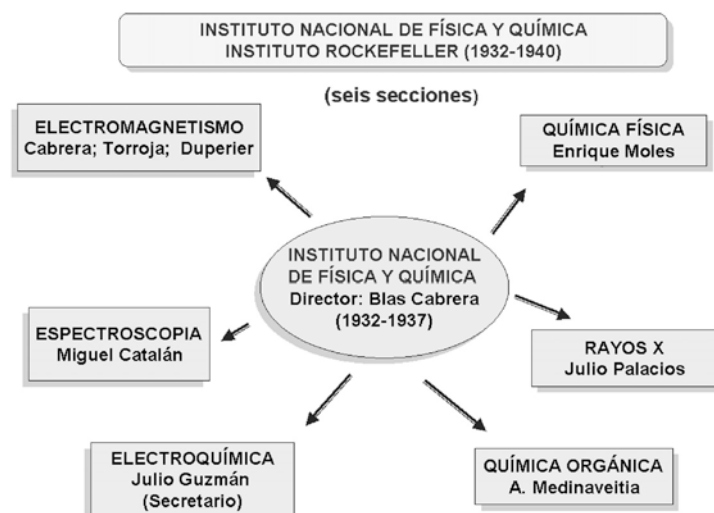
Los distintos grupos de investigación del Laboratorio de Investigaciones Físicas en estos años atendían principalmente a tres tipos de trabajos:

- 1º *Magnetoquímica*. Dirigido por Blas Cabrera realiza medidas de las constantes magnéticas de los cuerpos. Estudio magnético de los complejos del grupo del hierro y su análisis estructural con ayuda de los rayos X. Variación de la constante magnética de las tierras raras, etc.
- 2º *Pesos atómicos por métodos fisicoquímicos empleando bajas temperaturas*. El grupo de trabajo dirigido por Enrique Moles Armella operó con la máxima precisión experimental, lo que le proporcionó resultados de alta calidad. Junto con Cabrera realizó estudios de magnetoquímica, también llevó a cabo la medida de volúmenes moleculares en compuestos orgánicos y estudió otros problemas de química física y orgánica.
- 3º *Espectroscopia*. El grupo dirigido por Miguel Catalán, había conseguido uno de los éxitos más resonantes de la física española de todos los tiempos: el descubrimiento de los multipletes atómicos, esencial para el desarrollo de la física cuántica.

El desarrollo del Laboratorio de Investigaciones Físicas, pasó por numerosas necesidades y penurias, a las que se enfrentaron con una gran voluntad y espíritu de sacrificio.

Instituto Rockefeller

La solución a las carencias del Laboratorio de Investigaciones Físicas vendría de la mano de la Fundación Rockefeller que, tras unas largas negociaciones con el Gobierno español, terminaría por dotar a los físicos y químico-físicos del laboratorio con un nuevo, espléndidamente dotado “Instituto Nacional de Física y Química”, fundado en 1932 y germen del actual Consejo Superior de Investigaciones Científicas.



En este sentido, España no estuvo al margen de la importante influencia que esta Fundación estadounidense desplegó durante las primeras décadas de nuestro siglo en áreas como la física atómica y nuclear o la biología molecular.

El “edificio Rockefeller” fue inaugurado en 1932, contando en ese acto, con la presencia de científicos de talla mundial como Sommerfeld y Weiss, entre muchos otros. Se construyó junto a otros edificios emblemáticos del nuevo Madrid científico, como la Residencia de Estudiantes o el Palacio de las Artes y la Industria, en un lugar conocido como “Altos del Hipódromo” o “Colina de los Chopos”, muy cerca del Paseo de la Castellana.

Por fin se logró disponer en nuestro país de un centro de investigación científica capaz por su dotación en medios humanos y materiales de compararse con los de los países más avanzados con los que rápidamente se relacionó. El edificio del Instituto Nacional de Física y Química, hoy de Química Física, sigue aún siendo modélico por la perfecta adecuación al fin para el que fue construido. Basado su tamaño, lo mismo que su forma, en las necesidades propias de un laboratorio científico, reúne todas las condiciones requeridas para el trabajo de investigación de carácter experimental.

La reestructuración de la infraestructura científica española, acometida tras la finalización de la guerra civil, y el largo exilio de la gran mayoría de los científicos españoles, trajo consigo la creación de un nuevo organismo, el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Con él aparecerían nuevos centros para la Ciencia, a menudo construidos sobre la herencia patrimonial dejada por la JAE. Ciñéndonos al caso que nos ocupa, el Instituto Nacional de Física y Química quedó integrado en 1940, tras el fin de la dramática guerra civil española, en los dos nuevos centros que habrían de poblar el edificio Rockefeller: el Instituto “Alonso Barba” de Química y el Instituto “Alonso de Santa Cruz” de Física. Con el tiempo, estos Institutos acabarían fusionándose en 1946 durante los primeros años del franquismo en un único Centro, el actual Instituto de Química-Física Rocasolano. La ciencia española, una vez más, volvía a caer en el fondo de un pozo, aislada de nuevo del mundo exterior y del que tardó en recuperarse varias décadas.

La investigación realizada por el “Instituto Rocasolano” se orientó, desde el momento de su creación, siguiendo las pautas de la Química Física que se cultivaba en las Universidades y centros de investigación teutones. La Física y la Química de la España franquista deben gran parte de su progreso a la labor realizada por este Centro, de cuyo seno salieron científicos que contribuyeron decisivamente al desarrollo de algunos Departamentos universitarios de Química y de Química Física.

En realidad, toda la ciencia española, son deudoras del intenso trabajo de sus fundadores Blas Cabrera y Enrique Moles, como baluartes de la Ciencias Físicoquímicas españolas en la época de Einstein.

En la segunda mitad del siglo XX se va saliendo de la profunda crisis que se produjo tras la guerra civil y poco a poco entramos en la recuperación de la ciencia española. Se aplica un dirigismo desde las esferas del poder y una gran dependencia exterior, que aumenta las dificultades de la ciencia española, durante el periodo 1959-1975.

Una Comisión especial del Senado para el estudio de los problemas que afectaban a la investigación científica española en 1982 señalaba: escasez de recursos, alta concentración en Madrid y muy escasa participación de la empresa privada. A partir de 1982 se produce

un desarrollo espectacular de la educación universitaria, medido en número de alumnos, centros universitarios y profesorado, que incrementó de forma sostenida la cualificación científica y técnica de las nuevas generaciones, al abrirse de par en par las puertas de la enseñanza superior. Por otra parte, la política de becas en el ámbito universitario permitió incrementar durante los años ochenta el número de becarios pre y postdoctorales.

Pero, ¿cómo era la situación en Canarias?

La situación se puede calificar como desastrosa. Basta decir que en ninguna de las islas orientales existía Instituto oficial de Segunda Enseñanza. Solamente el Instituto de Canarias en La Laguna. Por otra parte, eran raros los canarios que seguían carreras superiores, ya que para ello debían trasladarse a la península o al extranjero, al carecerse de Universidad.

Hemos referido anteriormente como a principios del siglo el índice de analfabetismo resultaba el más alto de España, en particular en las zonas rurales de Gran Canaria y en las islas de Lanzarote y Fuerteventura y cómo la asistencia a las escuelas era tan baja e irregular que los niños terminaban los cursos sin saber leer ni escribir de forma inteligible.

Por otra parte, la labor educativa era peor vista en los pueblos, ya que para la mayor parte de los padres era impensable desprenderse de la ayuda de sus hijos en las labores agrícolas, por esta causa, eran muy pocos los que cumplían estos deberes, máxime si tenemos en cuenta que hasta fechas recientes en nuestras islas era un fenómeno común ver a niños faenando en las labores agrícolas ya que ello suponía una ayuda notable para el desarrollo del trabajo familiar y como señala Santana Pérez (1990), en épocas de recolección no se podía convencer a los padres de que los niños debían seguir asistiendo a la escuela, por constituir la principal mano de obra en esos menesteres.

Difícilmente las personas mayores podían comprender la importancia de la cultura, cuando se daban casos, como el extremo de Femés, en que sólo el secretario del Ayuntamiento sabía escribir, si esto se puede afirmar de quien cometía tantas faltas de ortografía como palabras. Según la estadística de 1907 el porcentaje de asistencia regular a la escuela no alcanzaba el 3 por 100 de la población. El porcentaje se incrementa notablemente ya que en 1981 representa el 24,6 % de la población y diez años después la situación no ha cambiado significativamente ya que en 1991 sólo se eleva al 25,1%.

Era un sentir generalizado, por parte de los maestros de Instrucción Primaria, el que se pusiese fin a la apatía de los padres por enviar los niños a la escuela o retenerlos para la dedicación a otros asuntos familiares, y esto a lo largo de toda la centuria del XIX y parte del siglo XX, a pesar de la obligatoriedad manifestada en los consiguientes decretos.

La carencia de medios, abandono y miseria en que venía desarrollándose la instrucción pública hay que buscarla, en gran medida, en la escasez de fondos de los Ayuntamientos a quienes correspondía la aportación de las dotaciones económicas para su sostenimiento, tanto de sueldos de maestros como de material y mobiliario.

Sin embargo no era ésta la única razón, el atraso económico de las islas y la dispersión del hábitat motivado por las estructuras de propiedades y explotación de la tierra (téngase en cuenta que la instrucción es un fenómeno primordialmente urbano), la falta de sueldos a los docentes y la ausencia de estímulos; el que los maestros solo estuviesen en los núcleos históricamente más destacados (en otras áreas se recibía enseñanza en las escuelas parroquiales), hacía que fuesen pocos los alumnos que llegaban a leer y escribir correctamente.

La situación de la mujer bajo el punto de vista educativo podemos calificarla de desastrosa: no solo se le discrimina en posibilidad de asistir a la escuela sino también los contenidos está expresamente diseñados para ellas. Afortunadamente esta discriminación ha sido superada.

Hemos de destacar que en la segunda mitad del siglo XX se empiezan a crear institutos de Enseñanza Media en todas las islas y comienzan a surgir una serie de Escuelas de Enseñanza Primaria. Igualmente, la fundación en 1965 de Radio Ecce, constituyó un verdadero foco de alfabetización que ha llegado a todos los rincones de las islas.

Asimismo, la enseñanza universitaria experimentó un gran avance cuando en 1989 se creó la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria que ha facilitado la incorporación a los estudios superiores a miles de jóvenes canarios. También se ha potenciado la investigación al poder ser llevada a cabo por todos los departamentos universitarios.

En la actualidad, en los principios del siglo XXI y herederos del esfuerzo anterior, Canarias dispone de numerosas instituciones científicas o tecnológicas, relacionadas de diferentes formas con las dos universidades canarias como: el Instituto Universitario de Bioorgánica Antonio González (IUBO), el Instituto de Productos Naturales y Agrobiología, el Instituto Tecnológico de Canarias (ITC), el Instituto Tecnológico de Energías Renovables (ITER), el Instituto Astrofísico de Canarias (IAC), la Estación Meteorológica Mundial de Izaña, el Instituto Canario de Ciencias Marinas de Taliarte (ICCM), el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial de Maspalomas (INTA), el Jardín Botánico Canario Viera y Clavijo (Gran Canaria), Jardín de Aclimatación de la Orotava (Puerto de la Cruz), etc.

Siglo XX (I)	
Año	Acontecimientos principales
1903	Fundación de la Sociedad Española de Física y Química y publicación del primer volumen de sus Anales.
1906	Visita de Alfonso XIII a Canarias.
1907	Creación de la Junta para la Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas.
1911	La Junta para Ampliación de Estudios crea el Laboratorio de Investigaciones Físicas bajo la dirección de Blas Cabrera.
1912	Ley de Cabildos.
1913	Creación de la Escuela de Comercio en Las Palmas de Gran Canaria.
1916	Creación del Laboratorio de Fisiología General bajo la dirección de Juan Negrín. Creación del Instituto de Segunda Enseñanza de Las Palmas de Gran Canaria.
1918	Creación de la Escuela Luján Pérez en Las Palmas de Gran Canaria.
1923	Visita de Albert Einstein a España.
1932	Se inaugura el Instituto Nacional de Física y Química, “El Rockefeller” bajo la dirección de Blas Cabrera.
1936	Estalla la guerra civil española.
1939	Fin de la guerra. Supresión de la JAE y creación del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC).
1945	Muere en México Blas Cabrera. Lanzamientos de las bombas nucleares en Hiroshima y Nagasaki. Fin de la Segunda Guerra Mundial.

Siglo XX (II)	
Año	Acontecimientos principales
1951	Se crea la Junta de Energía Nuclear.
1952	Antonio González y otros crean la Sección Canaria de la Real Sociedad Española de Física y Química.
1955	Firma de acuerdos bilaterales entre España y Estados Unidos.
1958	Inauguración de las instalaciones de la JEN en la Ciudad Universitaria de Madrid.
1959	Severo Ochoa, discípulo de Negrín, exiliado en EEUU recibe el premio Nobel de Medicina
1965	Creación de Radio Eccia en Las Palmas de Gran Canaria.
1970	El botánico Eric Sventenius fija su residencia en Tafira (Gran Canaria), y dirige el Jardín Canario Viera y Clavijo.
1971	Telesforo Bravo acude a la erupción del volcán Teneguía, en Fuencaliente, en la isla de La Palma: la isla crece dos kilómetros cuadrados.
1975	El 20 de noviembre, muere Don Francisco Franco, jefe de estado español. Coronación de Juan Carlos I como rey de España. Inauguración del Centro de Biología Molecular «Severo Ochoa» (CSIG UAM).
1982	Estatuto de Autonomía de Canarias
1984	Antonio González recibe el Primer Premio Canarias de Investigación, instaurado por el Gobierno de Canarias.
1986	Recibe Antonio González el Premio Príncipe de Asturias de Investigación. Nominado Antonio González para el premio Nobel de Química. Se promulga la Ley de la Ciencia.
1989	Creación de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
1997	Lanzamiento del satélite MINISAT 01 en Gran Canaria.
1998	Acuerdo entre administraciones para la construcción del Gran Telescopio de Canarias (Grantecan), en el Roque de los Muchachos, en la isla de La Palma.
1999	Se inician las emisiones de la cadena pública Televisión Autónoma de Canarias (TVA).

2. BIOGRAFÍAS DE CIENTÍFICOS CANARIOS

Como representantes de los científicos canarios hemos elegido dos del siglo XVIII y del XIX y considerando que para los alumnos es mucho más atractivo y motivador el estudio de la vida de personajes más cercanos a ellos en el tiempo vamos a presentar a cuatro científicos del siglo XX. Para evitar susceptibilidades no hemos querido seleccionar ninguno de los que aún están vivos aunque hoy día ha evolucionado muy favorablemente el desarrollo de la producción científica en Canarias y podríamos elegir entre una serie de personas que son pioneras en su campo de investigación.

2.1. José de Viera y Clavijo (1731-1813)

“El Arcediano ilustrado que tenía la sonrisa de Voltaire”

Historiador, científico y naturalista, fue una personalidad relevante del movimiento ilustrado en las Islas Canarias.

Animó las tertulias de la época en su tierra natal. Pasa residir en La laguna desde 1757, participa en las tertulias de amantes de las Ciencias y de las Artes que se reunían en la casa del marqués de Villanueva del Prado, Tomás de Nava Grimón. Asistían a estas reuniones varias de las personas de mayor cultura de la isla. La enciclopédica biblioteca del marqués le permitió conocer a los más grandes autores franceses (Voltaire, Rousseau, Fontenelle, etc.).



Participó en la redacción de los primeros periódicos de las Islas: *El papel Hebdomadario* (1757-58), *El Síndico Personero* (1764) y la *Gaceta de Dante* (1765) fueron redactados por el Sacerdote tinerfeño en este período. El afán de Viera y Clavijo por las Ciencias y por la Historia Natural era ya manifiesto en su período lagunero. Clara manifestación de ello son sus: *Observaciones del paso de Venus sobre el disco solar*, del día 3 de julio de 1769 y *Carta filosófica sobre la aurora boreal*, observada en la ciudad de la Laguna el 18 de enero de 1770.

Escribió una *Historia General de las Islas Canarias*, publicada entre los años 1772-1783 que significó una importante aportación a la historiografía del archipiélago. Le causaba desconuelo (escribía el propio historiador) el ver que carecía su patria de una exacta, juiciosa y digna historia. Los cuatro tomos de la *Historia* de Viera y Clavijo constituyen un ingente material de noticias sobre el pasado del Archipiélago y un gran valor como texto de consulta que se ha mantenido hasta nuestros días.

A partir de 1784 es cuando podemos hablar de un Viera y Clavijo científico y naturalista. En el año 1785, con motivo de acudir a la villa de Teror durante las celebraciones de la Virgen del Pino, lleva a cabo un análisis de las aguas de la Fuente Agria, presentando una memoria de los resultados obtenidos a la Real Sociedad Económica de Amigos del País de Las Palmas de Gran Canaria, de la que será director desde 1790. Entre noviembre de 1785 y marzo de 1788 traslada a la citada entidad una serie de memorias en las que manifiesta sus conocimientos de química, mineralogía y botánica sobre la orchilla, la barrilla, el tártago o ricino desde la perspectiva de sus usos industriales y económicos.

Lo que domina en Viera es su interés por la historia natural. Desde su llegada a Gran Canaria comenzó a reunir colecciones de piedras, conchas, lavas y rocas volcánicas, y se dedicó a observar plantas y árboles, aves, reptiles y peces. Formó así un gabinete de historia natural de las islas, posiblemente el primero que se reunió en el Archipiélago.

En la última etapa de su vida elaboró un *Diccionario de Historia Natural de las Islas Canarias* pleno de detalladas descripciones y teñido de un temprano espíritu conservacionista. Se trata de una descripción detallada de ejemplares de los tres reinos de la naturaleza: rocas y minerales, plantas y especies animales del Archipiélago Canario, endémicas o no de estas islas. Es el primer compendio descriptivo de la naturaleza insular. Esta obra se publicó sesenta años después de su muerte, en 1873.

2.2. José Clavijo y Fajardo (1726-1806)

Padrino de la biología y la geología

Otro canario ilustrado fue el lanzaroteño José Clavijo y Fajardo. Nace en la villa de Teguiise (Lanzarote). Con 10 años va a estudiar a Las Palmas en 1736, para ser educado en el Convento de Dominicos de San Pedro Mártir, por su tío Fray Presentado Clavijo, quien le enseñó Latín, Filosofía y Teología. Completa sus estudios con D. Tomás Pinto, regente de la Real Audiencia de Las Palmas. A los 19 años se traslada a la península siendo nombrado en 1745, oficial de la Secretaria del Ministerio de Marina en Ceuta. En 1749, reside en Madrid como Secretario particular del Comandante José Vázquez Priego. Entre 1756 y 1761 viaja por diversas ciudades españolas y por Francia donde conoce en París al gran naturalista Conde de Bufón, intendente del Jardín Botánico de París en la época de Luis XV. En 1762 vuelve a Madrid y comienza a publicar su famoso semanario *El pensador*.



En 1763 es nombrado oficial del Archivo del Estado y años más tarde (1770) director de los teatros de los Reales Sitios encargándole el rey Carlos III la reforma del teatro español, adaptándolo al estilo Neoclásico.

Entre sus logros, al margen de ser uno de los directores del Gabinete de Historia Natural de Madrid —que ayudó a fundar—, está el de ser el traductor al español, así como el prologuista, del libro que significó el nacimiento de dos nuevas disciplinas en la Historia de la Ciencia: la biología y la geología. Este libro sería la *Historia Natural* del Conde de Buffon, obra que inspiraría a Darwin y que Clavijo tradujo en 1777. Los dos hombres, Betancourt y Clavijo, vivirían la transición entre el siglo XVIII y el XIX, un siglo este último en el que España, con su Santo Oficio y sus problemas políticos, vivió de espaldas a la ciencia. Mientras, el mundo científico no se detenía: Darwin publicaba *El origen de las Especies*; Mendeleiev organizó para siempre los elementos químicos con su Tabla Periódica o Mendel, que era monje en Prusia, puso los cimientos de la genética.

En la década decisiva para la Ilustración española que va de 1770 a 1780, Clavijo Fajardo abandona definitivamente su actividad literaria, periodística y teatral, a la que dedica gran parte de su vida, y con cincuenta años, se integra en el organigrama del recién creado Gabinete de Historia Natural ocupando el puesto de Bibliotecario y Formador de Índices, primero y Vicedirector y Director, después.

Es esta la época en que también su primo D. José de Viera y Clavijo se encuentra en Madrid al servicio del Marqués de Santa Cruz como preceptor de sus hijos y, tras llevar a cabo sendos viajes de aprendizaje científico a París, Italia, Austria y Alemania, da un giro a sus actividades ilustradas para dedicarse por entero a la ciencia y la historia natural, en concreto, a la Botánica.

La razón de semejante inversión en sus carreras es debida al decidido impulso que recibe la ciencia durante estos años por el monarca Carlos III y sus dos Secretarios de Estado, Grimaldi y Floridablanca.

Clavijo y Fajardo era hombre de confianza del Marqués de Grimaldi y de su primer Secretario D. Bernardo de Iriarte, ambos expresamente encargados por el rey de la creación y organización del Gabinete de Historia Natural.

Tras la dimisión de Grimaldi, Clavijo y Fajardo será el hombre clave de la institución, con el favor de Floridablanca y de su sucesor el Conde de Aranda. Clavijo en estos años utiliza su enorme experiencia como traductor del francés para realizar la versión en español de la ingente obra científica del Conde de Buffon. Veinte años de su vida de 1785 a 1805, se dedicará a este cometido, incluso después de abandonar su puesto en el Gabinete de Historia Natural. Carlos IV le concede el título de miembro del tribunal de la Contaduría del Consejo de Hacienda. En 1799 es jubilado y publica de 1799 a 1804 los *Anales de Historia Natural*. Ingresa en las Academias de Historia Natural de Berlín y Copenhague y es nombrado miembro de honor de la Sociedad de Amigos del País de Gran Canaria.

En 1802 continuará con la traducción y adaptación de los cuatro últimos volúmenes de la obra de Buffon hasta 1805, esta traducción mereció los elogios de D. Marcelino Menéndez y Pelayo. Falleció en 1807 a los 80 años.

2.3. Agustín de Betancourt y Molina (1758-1828)

“El primer ingeniero universal”

Agustín de Betancourt, viajó por Inglaterra y Francia para aprender física, matemáticas e ingeniería. De vuelta a España fue el fundador del Gabinete de Máquinas, en 1792, y el primer director de la Escuela de Ingenieros de Caminos, introduciendo en España el concepto de que los ingenieros deben poseer una buena base científica. Entre sus logros técnicos destaca que mejoró la máquina de vapor de Watt, un hecho que permitió a un país como Francia seguir los pasos de Inglaterra en la Revolución Industrial así como inventar un sistema de esclusas para navegar por canales.



En España no pudo hacerse una revolución industrial, entre otros motivos, porque Betancourt, en otra característica que parece común en algunos científicos canarios, tuvo que exiliarse de España tras la vuelta del absolutismo que impuso Fernando VII quien, entre otras disposiciones anticientíficas, en 1814 instauró nuevamente la Inquisición. Galileo ya había sido condenado por la Inquisición en 1616, sólo por demostrar algo tan obvio científicamente como que la Tierra es la que gira alrededor del Sol y no al contrario. En esa España de Fernando VII retrocedimos dos siglos.

Pero Betancourt, pese a su exilio, enlazó la física y la ingeniería española con la europea, siendo profesor en París o ingeniero principal del zar Alejandro I de Rusia. Sus libros sobre mecánica e hidráulica fueron durante decenios las obras de referencia de los ingenieros europeos. Y puede decirse que San Petersburgo —una ciudad que literalmente lo reverencia— está diseñada por él. Una ciudad en la que, además, Betancourt fundó la primera Facultad de Ciencias Exactas. Y no hace falta decir el nivel que ha alcanzado la matemática rusa.

En Madrid tiene una calle importante y el edificio principal del campus de Ingeniería de la Universidad Carlos III de Madrid también lleva su nombre.

2.4. Gregorio Chil y Naranjo (1831-1901)

“El médico pionero de la Arqueología científica prehistórica”

Pionero de la Arqueología prehistórica en Canarias, fundador de la Sociedad Científica El Museo Canario y primer director de dicha institución. Nació en la ciudad de Telde. Cursó los estudios secundarios en el Seminario Conciliar de Las Palmas, único centro de tal naturaleza existente, y estudió Medicina y Cirugía en París, en cuya Facultad de Medicina obtuvo el Doctorado con una Tesis sobre los estrechamientos de la uretra (1857).

La llegada de Chil a París coincide con el estallido de la Revolución del 24 de Febrero de 1848, que acabó con la monarquía de Luis Felipe de Orleans, el Rey burgués; con su íntimo amigo y compañero de París y de toda su vida, el Dr. Juan Padilla, estuvo en las barricadas de Febrero de 1848 y en las de Junio, presenciando algunos combates que acabaron facilitando la llegada del Segundo Imperio y de Napoleón III. Su estancia en París le permitió acercarse a la Antropología, las Ciencias Naturales y la Prehistoria, de la mano de los mejores especialistas mundiales en estas ciencias: P. Broca, A. de Quatrefages, T. Hamy, G. de Mortillet, P. Topinard o R. Verneau. A su regreso a Canarias se estableció en Las Palmas de Gran Canaria, donde ejerció la Medicina hasta su muerte. Su talla como médico y su gran labor al servicio de sus conciudadanos quedó demostrada en los momentos más difíciles que atravesó la ciudad durante las epidemias de cólera morbo que la azotaron en la segunda mitad del siglo XIX.



Compaginó su actividad como médico con sus estudios sobre las Ciencias Naturales y la Prehistoria de Canarias que le llevaron a fundar la Sociedad Científica El Museo Canario en 1879, con la colaboración de otros intelectuales locales. Fruto de su empeño personal por situar las investigaciones prehistóricas e históricas de Canarias en el nivel científico que éstas merecían, en 1880 inicia la publicación de la revista *El Museo Canario*, editada hasta nuestros días por la Sociedad Científica del mismo nombre.

En esta publicación y en otras revistas científicas nacionales e internacionales (en su mayoría francesas), divulgó sus investigaciones sobre Arqueología prehistórica y Antropología de las poblaciones prehispánicas. Su formación médica le permitió, además, iniciar en Canarias las investigaciones en Paleopatología, apoyándose en las ricas colecciones antropológicas que poseía y que se exponían en las salas de El Museo Canario. Su obra escrita más monumental son sus *Estudios históricos, climatológicos y patológicos de las Islas Canarias*, de los que sólo se publicaron los tres primeros tomos, editados a sus expensas. La publicación del primer tomo, en el que defendía las teorías de la ciencia antropológica del momento, causó que el obispo José María de Urquinaona y Bidot, lo excomulgase inmediatamente. Ello originó una virulenta polémica entre los defensores y detractores del evolucionismo, no sólo en Las Palmas de Gran Canaria, sino en el resto de España y en otras naciones europeas.

El Dr. Chil es un humanista a “quien nada de lo humano le era ajeno”; dedicó su actividad a las más diversas ciencias y artes, cultivándolas con competencia y vocación hasta el final de su vida.

2.5. Juan de León y Castillo (1834-1912)

“El ingeniero y humanista que modernizó Canarias”

Juan de León y Castillo (Las Palmas de Gran Canaria, 1834-1912), está considerado como uno de los científicos más solventes de cuantos han nacido en nuestro Archipiélago. Su participación en obras de vital importancia económica para las islas en un momento decisivo para las mismas lo colocan en un puesto de privilegio renombrándolo pionero de la ingeniería académica insular.



Mantuvo a lo largo de su vida tres pasiones: la ingeniería, la política y la filosofía. Tres pasiones que se conjugan en su obra de forma perfecta conformando un todo homogéneo y muy compacto.

El León y Castillo ingeniero cuenta en su haber con una dilatada producción, desde que en el año 1858 obtuviera el título en la Escuela madrileña. Carreteras, faros, puentes, obras hidráulicas, calles, trazados urbanos, inventos varios... y sobre todo muelles forman parte de una trabajo ímprobo que tenía la obligación, dado el momento histórico, de equipar modernamente al Archipiélago Canario. Entre sus obras más destacadas debe citarse obligatoriamente al Puerto de la Luz en Gran Canaria, sin poder obviar, por ello, su participación en la ampliación del dique de Santa Cruz de Tenerife. En un escalón inferior en su producción estaría el Faro de Maspalomas, la Carretera de Las Palmas a Telde, o su proyecto para la instalación del Cable Telegráfico entre las islas y la península Ibérica.

El León y Castillo político nació en 1863 al ingresar como militante activo del Partido Progresista reforzándose en sus convicciones librepensadoras en 1868 al fundar el Partido Liberal Canario. Fue durante muchísimo tiempo la cabeza visible en la isla de Gran Canaria del partido sirviendo de correa de transmisión con D. Fernando, su hermano, el brazo gestor en Madrid.

Para ambos, 1881 fue un año crucial pues aprovechando el éxito político de Sagasta y el nombramiento de Fernando de León y Castillo como Ministro de Ultramar, se desatascaron los asuntos pendientes que Gran Canaria tenía atravesados en los ministerios gubernamentales, entre ellos, la construcción del Puerto de la Luz.

El León y Castillo filósofo se descubre desde los lejanos días de 1851, cuando era alumno del Colegio San Agustín y tuvo la oportunidad de acercarse a la asignatura de “Filosofía”. El descubrimiento del joven fue tal que no se contentó con el “sobresaliente” que le dieron sus profesores, sino que hizo de la misma la lectura de su vida. Precisamente, *La Vida, Síntesis de un libro* es el título de un pequeño manuscrito redactado en su vejez en el que repasa su propio pensamiento filosófico mostrándose como un erudito con una enorme capacidad de síntesis.

Dicho texto, junto a otros de similares características, constituyeron el último entretenimiento cultural del ingeniero. Con ellos quiso firmar su epílogo, a la vez que dejar el testimonio sobre importantes acontecimientos que él había protagonizado.

2.6. Blas Cabrera Felipe (1878-1945)

“El padre de la Física española”

A finales del XIX y, sobre todo, comienzos del siglo XX otro canario, el lanzaroteño Blas Cabrera, retomó la senda de Betancourt y se propuso volver a relacionar la ciencia española con la europea, en especial con la más importante de esa época: la física alemana. Siendo todo un catedrático de la principal universidad española (la Central de Madrid), Cabrera se marcha con humildad de becario al laboratorio de uno de los físicos más importantes del momento, Weiss. Cuando llegó a Zurich, Weiss no quiso a Cabrera: “Pero qué puede saber de física un español, por muy catedrático que sea”, le inquirió Weiss. Pero como buen canario, Cabrera prefirió demostrar con hechos lo que otros simplemente dicen con palabras y resultó ser un científico excepcional.



Baste sólo recordar que, fue precisamente Cabrera quien trajo a Einstein a España en 1923. También fue él quien, en su calidad de fundador –primer director del Laboratorio Nacional de Física y Química–, difundió la Teoría de la Relatividad entre los físicos españoles que aún vivían con la Física de Galileo o Newton.

Las investigaciones de Cabrera en el magnetismo molecular cobraron tal importancia que, por ejemplo, estuvo entre los pocos elegidos para formar parte del selecto comité científico de las VI y VII Conferencias Solvay, la reunión científica más importante de su tiempo. La candidatura de Cabrera fue avalada, nada más y nada menos, que por Einstein y María Slowdoska, (madame Curie). Las relaciones de Cabrera con el padre de la Física Cuántica, Edwin Schrödinger, o con el propio Weiss facilitaron, sin duda, la penetración, en una España aislada, de la ciencia más importante de la época: la física.

Entre 1910 y 1934 Cabrera publicó alrededor de ciento diez trabajos. Contribuyó al conocimiento del campo magnético de Hund y Van Ulleck, estableció la ley que regula las variaciones que experimentan en el sistema periódico de los elementos los momentos magnéticos de los átomos de la familia del hierro (“curva de Cabrera”), dando una interpretación teórica de la misma, modificó la ley de Curie-Weiss para las tierras raras, dedujo una ecuación para el momento magnético del átomo incluyendo el efecto de la temperatura y mejoró muchos dispositivos experimentales.

Algunas de sus medidas de la susceptibilidad magnética no han sido mejoradas todavía.

Fue el primero en España en usar los métodos de la teoría de errores y de los mínimos cuadrados para la determinación de las constantes físicas.

En España, fue rector de la Universidad de Madrid, presidente de la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, miembro de la Sociedad Española de Física y Química y miembro (desde 1936) de la Academia Española.

Tras la guerra civil, Cabrera, como tantos otros científicos españoles, tuvo que exiliarse; se trasladó a México donde, fue profesor en la universidad de esa capital americana desde 1941 hasta su muerte.

2.7. Juan Negrín López (1892-1956)

“Ciencia y compromiso político”

Nace el 13 de febrero de 1892 en Las Palmas de Gran Canaria, en el seno de una familia perteneciente a la alta burguesía comercial, su buena posición le permitió cursar los estudios de medicina en centros universitarios de prestigio internacional. Fue un alumno muy destacado y precoz, colegio capitalino de La Soledad y se examina en el Instituto de Canarias de La Laguna, obteniendo su título de Bachillerato.



En 1906, con solo catorce años, Negrín se trasladó a Alemania a estudiar Medicina. Primero se establece en Kiel para pasar posteriormente a la Facultad de Leipzig, una de las más prestigiosas de la época y cuyo Instituto de Fisiología de Leipzig era centro de referencia de la investigación fisiológica internacional. La escuela creada por Carl Ludwig acogía a investigadores de todo el mundo y Negrín fue el primer español que se formó en el mismo. Se licenció en Medicina y, a falta de una asignatura, también en Química. Se doctoró en 1912.

Entre 1912 y 1915 trabaja en investigación y labores docentes en el Instituto de Fisiología de Leipzig, donde conoce a Enrique Moles y otros científicos españoles becados que se asombran de sus conocimientos bioquímicos. Las primeras investigaciones de Negrín estuvieron dedicadas a estudiar las glándulas suprarrenales y su relación con el sistema nervioso central. Junto a Brücke, perfeccionó las técnicas de vivisección, también es preciso destacar la traducción que realizó, del francés al alemán, de la obra de Charles Richet titulada *L'Anaphylaxie* (la anafilaxia), ya que sus conocimientos lingüísticos de francés, inglés, alemán, italiano y ruso, le hacían idóneo para la traducción científica, dato ciertamente revelador de su acentuado poliglotismo.

Fue famoso por sus innovaciones en el instrumental médico, que diseñó con la ayuda de personal del Laboratorio de Automático, dirigido por Leonardo Torres Quevedo. En 1920 presenta en París su invento: el estalmógrafo.

En 1929 se afilia al Partido Socialista Obrero Español. Su evolución personal va a experimentar un cambio paulatino, desplazándose poco a poco de la profesión científica a la política activa, hasta que esta última llega a ser primordial. Deja entonces su cátedra universitaria y pide la excedencia en 1934. Ya en 1931 resultaría elegido Diputado a Cortes por Las Palmas de Gran Canaria. Su biografía científica se vio desbordada por los acontecimientos sociales y por su compromiso político. En 1936 es nombrado Ministro de Finanzas. Poco después, en 1937, en plena guerra civil, es nombrado Jefe de Gobierno de la República.

Tras la Guerra Civil mantendrá su cargo en el exilio en Francia donde organizó el Servicio de Evacuación de los Republicanos Españoles (SERE). Allí desarrolla una política centrada en impedir la disolución de su gobierno y defender la legalidad y continuidad del mismo, pero en 1940 la invasión alemana a Francia le obliga a salir del país. El destino elegido es Inglaterra donde compaginó su labor diplomática con la participación en la vida académica. Allí colaboró con Haldane estudiando los efectos de la presión sobre el organismo, para analizar la supervivencia en el interior de los submarinos. En Londres funda el Hogar Español y poco después, en 1943, crea en Londres el Instituto Español.

En 1948 defiende la entrada de España en el Plan Marshall, tras lo que se retira de toda actividad política.

Los últimos años de Negrín se desarrollaron en París con la que fue su compañera durante casi treinta años, Feli López de Dom Pablo. Sin embargo, una enfermedad coronaria, detectada en 1947, origina su muerte el 12 de noviembre de 1956, con 64 años de edad.

Aunque su carrera política (fue el último presidente de la II República y era el ministro de Hacienda cuando la República decidió enviar el oro del Banco de España a Rusia) eclipsaría su dimensión científica, no podemos olvidar que Negrín fue un nexo de unión entre los dos únicos Premios Nobel científicos que ha tenido España. Por un lado, Negrín fue avalado para su vuelta a España desde Alemania por Ramón y Cajal y, por otro, fue el maestro de Severo Ochoa. Cajal, recibió el Nobel de Medicina en 1906, junto con Golgi, por su descubrimiento de las neuronas.

2.8. Telesforo Bravo Expósito (1913-2002)

“El hombre que hacía hablar a las piedras”

Nace en el Puerto de la Cruz (Tenerife), el 5 de enero de 1913, como primogénito de tres hermanos y muere en enero de 2002. Cursa el Bachillerato en el Instituto de Canarias y termina la carrera de Magisterio en la Universidad de La Laguna y ejerció como maestro nacional en San Sebastián de la Gomera desde 1935, hasta que estalló la Guerra Civil. Después le trasladaron a Santa Cruz de Tenerife.

Su afición por la lectura se desarrolla desde pequeño y su lugar preferido para hacerlo son las cuevas guanches del acantilado de Martíáñez, en el Puerto de La Cruz a las que accede en piragua y escalando. Por otra parte en los charcos de marea estudia la fauna marina, en los barrancos nace su interés por la fuerza modeladora de la Naturaleza.



Un hecho lamentable lleva a Telesforo a decidir estudiar de nuevo, para desentrañar por sí mismo, aquello que la Naturaleza nos ofrece como un libro abierto: su padre había encontrado unos restos óseos en los trabajos de construcción de una galería. Telesforo insiste en que son fósiles y a través de un profesor de Universidad de La Laguna consigue que se envíen a la Universidad de Frankfurt am Main para ser analizados en 1939. Allí el Dr. Mertens se

apropia del descubrimiento y describe una nueva especie de lagarto gigante para la Ciencia que denomina “*Lacerta goliath*”.

Se traslada a Madrid y se licencia en Ciencias Naturales, después se doctora en Ciencias Geológicas con Premio Extraordinario en la Universidad Complutense. Años más tarde descubrió la rata fósil gigante “*Canaryomis bravoii*” bautizada con su nombre. Más tarde descubrió los restos fósiles del lagarto gigante “*Lacerta maxima*”. El lagarto gigante de la Gomera se denomina en su honor: “*Lacerta gomerana. bravoana*”.

Adquiere fama a nivel nacional e internacional como hidrogeólogo, que le llevan a trabajar contratado por el Gobierno estadounidense y en la Península, e Irán. En este país trabaja además de marcar nuevos pozos, busca los trazados más adecuados para nuevas carreteras. Su estancia allí se traduce también en un tratado geológico sobre la región del Elburz.

Vuelve a Canarias por motivos familiares y trabaja primero como colaborador científico del Museo Canario en Gran Canaria, y luego como Director del Museo de Ciencias Naturales de Tenerife, más tarde ingresa como profesor la Universidad de La Laguna donde se convertirá en Catedrático de Petrología y Geoquímica, llegando a ser Decano de la Facultad de Ciencias.

Entre otras muchas distinciones obtiene el Premio Canarias de Investigación en 1989 y el premio Cesar Manrique de Medio Ambiente en el año 2000.

2.9. Antonio González González (1917-2002)

“El químico que descubrió los principios farmacológicos de la flora Canaria”

D. Antonio González González, hijo y nieto de labradores, nació en el año 1917 en Realejo Alto, al norte de la isla de Tenerife. Estudió el bachillerato en el Instituto de Canarias, en La Laguna.

Tras participar en la guerra civil como sanitario de montaña y muletero, se licenció en Ciencias Químicas en la Universidad de La Laguna en 1940. Aunque su deseo hubiera sido realizar el doctorado con el doctor Julio Palacios en la Universidad Central de Madrid, las circunstancias lo llevan hasta Lora Tamayo, quien le dirige el doctorado, investigando sobre la síntesis de moléculas orgánicas. Aunque en ese momento D. Antonio no es consciente de ello, Lora Tamayo iba a tener una gran influencia en su vida.



En 1946, oposita a la Cátedra de Química Orgánica y Bioquímica de La Laguna y, sin esperarlo, la gana. Vuelve, pues, como catedrático a la Universidad de La Laguna, *a la vieja y semiderruida universidad situada en la calle de San Agustín*.

En el contexto de la posguerra civil hay que entender el verdadero valor y la osadía *intelectual* de otro canario, que en 1949 toma una de las decisiones más polémicas de su tiempo: siendo todo un catedrático de química se marcha, otra vez con humildad de becario, a trabajar a Gran Bretaña, en concreto a la prestigiosa Universidad de Cambridge, de la que, no lo olvidemos, el gran Newton fue alumno y profesor. González, que era la generación siguiente a Cabrera o Negrín, siempre recordaba que los políticos del franquismo le insistían para que no se fuera: “¿Pero qué más puede aprender un catedrático?”, le preguntaban.

Su osadía favoreció que González reemprendiese el camino de sus paisanos y volviese, otra vez, a conectar la ciencia española con Europa. Si Cabrera se relacionó con Einstein, Weiss o Schrödinger, treinta años después González trabajó a las órdenes Alexander Todd, que estaba considerado uno de los grandes científicos de aquella época, y en la ciencia del momento: que ya no era la física, sino la química.

De hecho, en 1957 Todd recibió el Premio Nobel de Química, entre otros motivos, por sintetizar las vitaminas E, B y B12 y, sobre todo, por sus experimentos con los ácidos nucleicos que ayudaron a descubrir la estructura del ADN. Es decir, que sentó las bases de la genética molecular moderna.

González también se relacionó con otros científicos muy relevantes como Birch o Barton y, gracias a sus contactos, la Universidad de Glasgow vendió en 1961 a la Universidad de La Laguna y a precio simbólico, “al reconocer su gran precariedad de medios aunque con un gran potencial humano”, un cromatógrafo de gases y un espectrofotómetro de infrarrojo. Ninguna universidad española tenía en esa época aparatos científicos tan sofisticados y la Facultad de Química de La Laguna se convirtió en una de las mejores de España y de Europa.

Antonio González que, no lo olvidemos, es Premio Príncipe de Asturias, pudo haber triunfado en el extranjero: básicamente porque era muy brillante y estaba en el lugar adecuado en el momento oportuno. Pero prefirió volver a Canarias. Al margen de que en el resto del mundo se le recuerde porque fue el primero que diseñó una política, arriesgada e innovadora en su tiempo, para transferir conocimientos científicos desde el Primer hacia el Tercer Mundo, algo que le reconoció hasta la propia UNESCO; Antonio González fue el impulsor de que Canarias cuente hoy en el panorama científico mundial más que el resto de las comunidades autónomas españolas. No sólo por la fundación del Instituto de Bioorgánica que lleva su nombre sino, también, y esto se olvida con frecuencia, porque fue él quien siendo rector de La Laguna se empeñó en la fundación del Instituto de Astrofísica de Canarias. Es decir, que no se debe simplemente al clima o a la casualidad que la instalación científica española más importante del mundo esté en Canarias. Detrás hay toda una tradición y una historia. Tampoco es casualidad que Canarias acoja centros de primer orden en la investigación mundial como, además de los citados, la Estación Meteorológica Mundial de Izaña, el Centro de Recuperación de la Fauna Marina de Taliarte, el Instituto Tecnológico de Canarias o el Instituto Tecnológico de Energías Renovables.

A lo largo de una vida de intensa dedicación a la docencia y a la investigación científica D. Antonio ha sido capaz de crear, pese a las grandes dificultades encontradas, una formidable y numerosa escuela de formadores, un Instituto de investigación, en química de productos naturales, en La Laguna, al que, en la actualidad, acuden a formarse estudiantes y posgraduados de todo el mundo.

D. Antonio González fallece en La laguna el once de octubre de 2002, después de participar activamente en la VI Semana Científica que, en su honor, se celebraba en el Instituto de Bio-Orgánica.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- Coello, J. (2007). *Telesforo Bravo*. Biografías de Científicos Canarios (BCC). Las Palmas de Gran Canaria: Consejería de Educación, Cultura y Deportes del Gobierno de Canarias.
- Díaz, A. (2006). *Antonio González*. Biografías de Científicos Canarios (BCC). Las Palmas de Gran Canaria: Consejería de Educación, Cultura y Deportes del Gobierno de Canarias.
- Hernández, S. (2006). *Juan León y Castillo*. Biografías de Científicos Canarios (BCC). Las Palmas de Gran Canaria: Consejería de Educación, Cultura y Deportes del Gobierno de Canarias.
- Hernández, S. (2006). *José Viera y Clavijo*. Biografías de Científicos Canarios (BCC). Las Palmas de Gran Canaria: Consejería de Educación, Cultura y Deportes del Gobierno de Canarias.
- Martín, A. (2006). *Agustín de Betancourt*. Biografías de Científicos Canarios (BCC). Las Palmas de Gran Canaria: Consejería de Educación, Cultura y Deportes del Gobierno de Canarias.
- Martínez, F. y 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.
- Martínez, F. y Repetto, E. (2006). Biografías de Científicos Canarios. *Guía de recursos didácticos*. Las Palmas de Gran Canaria: Consejería de Educación, Cultura y Deportes del Gobierno de Canarias.
- Ramírez, M. (2006). *Gregorio Chil y Naranjo*. Biografías de Científicos Canarios (BCC). Las Palmas de Gran Canaria: Consejería de Educación, Cultura y Deportes del Gobierno de Canarias.

PÁGINAS EN INTERNET

Direcciones Web de interés sobre la Ciencia en Canarias:

- Instituto Universitario de Bioorgánica Antonio González (IUBO)
- Instituto de Productos Naturales y Agrobiología
- Instituto Tecnológico de Canarias (ITC): <http://www.itccanarias.org/>
- Instituto Tecnológico de Energías Renovables (ITER): <http://www.iter.es/>
- Instituto Astrofísico de Canarias (IAC) <http://www.iac.es/>
- Estación Meteorológica Mundial de Izaña: <http://www.iac.es/telescopes/tiempo/weather.html>
- Instituto Canario de Ciencias Marinas de Taliarte (ICCM)
- Universidad de La Laguna
- Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
- Instituto nacional de técnica aeroespacial de Maspalomas (INTA):

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Martínez, F. y Repetto, E. (2006). Biografías de Científicos Canarios. *Guía de recursos didácticos*. Las Palmas de Gran Canaria: Consejería de Educación, Cultura y Deportes del Gobierno de Canarias.

EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN

1. Blas Cabrera fue coetáneo de:
 - a. Maria Sklowdoska.
 - b. Clavijo y Fajardo.
 - c. Antonio González.
 - d. Arquímedes.

2. El Instituto Astrofísica de Canarias fue fundado por:
 - a. Alexander Todd.
 - b. Antonio González.
 - c. Fleming.
 - d. Francisco Sánchez.

3. ¿Qué científico canario fue presidente del estado español?
 - a. Viera y Calvijo.
 - b. Telesforo Bravo.
 - c. Juan Negrín.
 - d. Blas Cabrera.

4. ¿Quién es un científico ilustrado?
 - a. Blas Cabrera.
 - b. Viera y Clavijo.
 - c. Gregorio Chil.
 - d. Telesforo Bravo.

5. Describa cómo era la situación de la ciencia y de los científicos en España en la primera mitad del siglo XX. Señale la influencia de los diferentes momentos sociales en el desarrollo de la Ciencia.

6. Señale las principales aportaciones de Negrín a la ciencia española.

SOLUCIONES A LOS EJERCICIOS DE AUTOEVALUACIÓN

1. a
2. b
3. c
4. b

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Estalagmógrafo: aparato que sirve para registrar las variaciones de la respiración, del pulso y de los latidos cardiacos. Fue diseñado por el Dr. Negrín.

Museo Canario: sociedad científica fundada en 1879 por Gregorio Chil Naranjo con la colaboración desinteresada de un grupo de intelectuales, médicos y farmacéuticos en su mayoría com Andrés Navarro Torrens, Juan Padilla Padilla, Amaranto Martínez de Escobar, Victor Grau Bassas y Diego Ripoche Torrens entre otros. En 1880 se edita el primer número de la revista *El Museo Canario* que es la primera publicación en el Archipiélago en su género en cuyas páginas aparecen los artículos científicos sobre antropología y prehistoria de las poblaciones prehispánicas canarias. Ese mismo año se abren al publico las primeras exposiciones de las colecciones del Museo en las instalaciones del mismo en la planta alta de las Casas Consistoriales.