libro de Cabrera OK 7/11/05 19:11 Página 3

BLAS CABRERA FELIPE

© Francisco Martínez Navarro
Emigdia Repetto Jiménez
© Oficina de Ciencia, Tecnología e Innovación.
Gobierno de Canarias
© De las cubiertas: Catalina Rosas Sanmartino

Edita: Dykinson S.L. 915 44 28 46, Fax: 915 44 60 40.
info@dykinson.com / www.dykinson.com

Producción, diseño y realización
Cam-PDS. PUBLICACIONES DIDÁCTICAS Y SERVICIOS EDUCATIVOS
Las Palmas de Gran Canaria - 35002 LPGC · Tfno: 928 38 05 60
info@cam-pds. com
I.S.B.N.: 84-9772-784-3
Depósito Legal: GC 839-2005

libro de Cabrera OK 7/11/05 19:11 Página 5

Francisco Martinez Navarro
Emigdia Repetto Jiménez

Biografías de Científicos Canarios

BLAS CABRERA FELIPE

Oficina de Ciencia,
Tecnología e Innovación
Gobierno de Canarias

UN ACTO DE JUSTICIA

Uno de los elementos que determinan la grandeza de los pueblos es el cuidado de la memoria de los hombres y las mujeres que aportaron su esfuerzo y su talento a la sociedad. Pero no es posible reconocer lo que se ignora, y muchas veces reina el olvido porque quienes tienen la llave de la memoria no la usan. El Gobierno de Canarias quiere que quienes somos de esta tierra conozcamos y reconozcamos a nuestras figuras universales. Esta tarea es aún más necesaria cuando se trata de personajes del mundo científico, más silencioso que el de las artes o las humanidades, que tienen en su propia naturaleza una mayor posibilidad de conocimiento general. Consideramos muy importante la iniciativa de publicar las biografías de importantes científicos canarios, reconocidos en todo el mundo y a menudo ignorados en su tierra. Todos ellos hicieron grandes aportaciones al conocimiento científico; cada uno en su campo alcanzó el máximo nivel, y ese silencio es el que queremos romper con esta colección, porque Canarias tiene vocación de grandeza, y la mayor de todas es ser agradecidos.

En este primer volumen de la colección se presenta al conocimiento general la gran figura del físico lanzaroteño Blas Cabrera Felipe, un científico que realizó una gran labor y cuyos trabajos fueron altamente valorados por la comunidad científica internacional, especialmente los dedicados a las propiedades magnéticas de la materia, que lo situaron en la vanguardia de la física de principios del siglo XX. Es de agradecer el rigor, el esfuerzo y el cuidado de todas las personas que han hecho posible que este libro sea hoy una realidad, especialmente a sus autores, doña Emigdia Repetto Jiménez y don Francisco Martínez Navarro, que han sabido reflejar la importancia de una figura tan relevante como la de nuestro ilustre paisano. Este libro bucea en nuestra memoria colectiva. Y la memoria es siempre un acto de justicia.

María del Mar Julios Reyes
Vicepresidenta del Gobierno de Canarias

ÍNDICE

PRESENTACIÓN 13

PRIMERA PARTE: BIOGRAFÍA 19

INTRODUCCIÓN 21

I. EL JOVEN BLAS CABRERA 23

II. CONSAGRACIÓN NACIONAL COMO FÍSICO 33

Visita de Einstein a España 42

III. BLAS CABRERA: FÍSICO INTERNACIONAL 45

El Instituto Nacional de Física y Química: Instituto Rockefeller 45

Los Consejos Solvay 50

Últimos años en España 54

IV. LA GUERRA CIVIL ESPAÑOLA Y EL EXILIO: PARÍS Y MÉXICO 59

V. SU LEGADO CIENTÍFICO Y HUMANISTA 65

La familia Cabrera 65

La Escuela de Blas Cabrera 70

Distinciones y cargos más significativos 81

¿Cuál es su legado como físico? 82

Blas Cabrera y Albert Eistein. Vidas paralelas 83

SEGUNDA PARTE: DOCUMENTOS DUCTORES 85

INTRODUCCIÓN 87

VI. TEXTOS ORIGINALES DE BLAS CABRERA 93

¿Cómo lo titularías? 93

Importancia del idioma 94

Los átomos 95
Átomos y moléculas 97
La concepción de la materia y los fenómenos nucleares 98
Las partículas atómicas 100
Propiedades magnéticas de la materia 101
Principios de relatividad 102
VII. LOS CONSEJOS SOLVAY 105
Los Consejos Solvay y la Física Moderna (I) 105
Los Consejos Solvay y la Física Moderna (2) 109
Las mujeres científicas en la conferencia Solvay de 1933: Maria Curie, Irene Curie y Lise Meitner 113
VIII. MAGNETISMO 117
Historia del magnetismo 117
Blas Cabrera y el magnetismo 121
La ecuación de Cabrera sobre el momento magnético y el paramagnetismo de las tierras raras 124
IX. DETERMINE CUÁL ES SU CULTURA CIENTÍFICA 127
BIBLIOGRAFÍA 129

ANEXO: CÓMO APRENDER CON LA HISTORIA DE LA CIENCIA 137
INTRODUCCIÓN 139
1. OBJETIVOS DE LA HISTORIA DE LA CIENCIA EN LA ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE 145
2. APLICACIÓN DE LA HISTORIA DE LA CIENCIA EN EL AULA 149
Como disciplina 151
Integrada en las diferentes disciplinas: Enfoque histórico 152
Cómo recurso didáctico 152
Como medio de determinar obstáculos epistemológicos 154
Como estudio de la evolución histórica de determinados conceptos 155
Como forma de analizar, elegir y secuenciar los contenidos de un curso 156
Como ayuda para la comprensión de los distintos procesos del quehacer científico 156

3. UTILIZACIÓN DIDÁCTICA DE LA HISTORIA DE LA CIENCIA 157
Biografías de científicos 159
Entrevistas realizadas a científicos 165
Documentos originales de los científicos 167
Comentarios de textos científicos e históricos 167
Actualización científica 171
Experimentos históricos 174
Videos 176
Exposiciones temáticas 177
Exposiciones hechas por el alumnado 182
Congresos del alumnado 183
Las simulaciones o juego de rol 185
El puzle como estrategia de trabajo cooperativo 186
BIBLIOGRAFÍA 189

PRESENTACIÓN

La ciencia consiste en dirigir una mirada alrededor,
sentir la sorpresa, preguntarse y ver

Fernández Rañada

La Ciencia es profundamente humana porque incide en lo más definitorio de nuestra condición de animales curiosos en el mundo. Por otra parte, 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.

A ello quiere contribuir el proyecto *Biografías de Científicos Canarios* que propone un recorrido por la ciencia a través de sus protagonistas. Nos acompañan en este apasionante viaje varios científicos

canarios que consideramos representativos de diferentes épocas: Del siglo XVIII, D. José Viera y Clavijo y D. Agustín de Betancourt; del siglo XIX, D. Gregorio Chil y Naranjo y D. Juan León y Castillo; por el siglo XX, presentamos a D. Juan Negrín López, D. Blas Cabrera y Felipe, D. Telesforo Bravo Expósito y D. Antonio González González, todos ellos personajes ilustres cuya memoria queremos contribuir a recuperar en la tierra que los vio nacer, para las generaciones actuales y futuras.

Esta obra, formada por ocho biografías de científicos canarios pretende dar a conocer parte de la Historia de la Ciencia en Canarias y divulgarla a las nuevas generaciones para que nos permita comprender mejor nuestro presente y abordar los problemas de nuestro futuro.

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.*

Entre los objetivos de este proyecto está también dar a conocer las profundas relaciones Ciencia, Tecnología, Sociedad y Medio Ambiente.

Cada uno de los libros consta de tres partes bien diferenciadas. La primera se refiere a la biografía del autor en la que hemos de resaltar su carácter didáctico y educativo. La segunda parte, está formada por una serie de documentos seleccionados de textos originales del autor estudiado, a veces extractados por nosotros, a fin de facilitar su lectura por estudiantes de diferentes niveles educativos especialmente en el 2º ciclo de la ESO, bachillerato y Universidad y del público en general. Se incluyen también otros documentos complementarios, atractivos para el estudioso, al final de las cuales hemos añadido una serie de cuestiones ductoras cuya misión es guiar la lectura y el aprendizaje. Estas cuestiones son únicamente orientativas de las que pueden utilizarse teniendo siempre en cuenta los objetivos que nos hemos fijado. Esta es una característica diferenciadora de esta colección, que la justifica y le confiere un carácter inédito. En la tercera parte, exponemos diferentes maneras de utilizar la Historia de la Ciencia para que constituya una nueva forma de aprender.

La estructura de cada libro de la colección permite diferentes lecturas y quiere responder a intereses muy variados. Su lectura puede empezar por las partes y capítulos que a cada lector más le interese, por tener los mismas una cierta independencia y, por tanto, podrá ser utilizado como si de un hipertexto se tratase, navegando a través del mismo y saltando a aquellos aspectos que sean más interesantes para cada usuario o puede ser también leído linealmente.

Finalmente, queremos resaltar el carácter unitario de la colección. Las biografías de los científicos canarios presentan una misma estructura y un mismo hilo conductor, teniendo cada una de ellas una inde-

libro de Cabrera OK 7/11/05 19:11 Página 16

pendencia, pero el conjunto de las mismas le dan a la colección un cierto carácter enciclopédico, abarcando en sus aproximadamente 1.200 páginas una visión de conjunto de la historia de la ciencia en Canarias mostrando una Ciencia con rostro humano, con sus aplicaciones y sus implicaciones sociales. El tratamiento divulgativo y didáctico de los mismos garantiza que sean libros para ser releídos, interpretados y trabajados, principalmente por nuestros jóvenes, a través de los materiales, recursos y orientaciones didácticas incluidas en los mismos.

Los coordinadores de la colección

Francisco Martinez Navarro
Emigdia Repetto Jiménez

Blas Cabrera Felipe en la plenitud de su vida en 1920. Director del Laboratorio de Investigaciones Físicas. Presidente de la Sociedad Española de Física y Química. (Foto: Exposición de la conmemoración en Canarias del I Aniversario de Blas Cabrera en 1995. Amigos de la Cultura Científica)

PRIMERA PARTE
Biografía

INTRODUCCIÓN

Antes de abordar la biografía de Blas Cabrera Felipe y para poder contextualizar la misma, analizaremos brevemente las principales características de la Sociedad de su tiempo

Para reflejar la situación intelectual española de la segunda mitad del siglo XIX basta 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. Según Quintana (1992) en 1887, el 80,08 % no sabía leer ni escribir, el 4,45 % solo sabía leer y el 15,47 % sabía leer y escribir.

Con respecto a la educación en Canarias, existe una clara diferencia entre las islas debida 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.

Por otra parte, 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.

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 en las materias que cursan y en los contenidos que están expresamente diseñados para ellas. Afortunadamente esta discriminación ha sido superada, al menos formalmente.

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.

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. Mª. 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 decía-

mos anteriormente en 1860 el 82 % de los canarios eran analfabetos siendo el porcentaje de las mujeres 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.

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. Los padres no querían desprenderse de los hijos y mandarlos a la escuela cuando debían realizar las labores agrícolas lo que suponía una ayuda para el desarrollo del trabajo familiar. De hecho, en 1907 el porcentaje de asistencia a la escuela no alcanzaba al 3 % de la población.

Las Palmas 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.

Siempre fue notable, 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.

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 catedralicias, 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 aceptar 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 maestros 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.

Canarias era en 1910 según Suárez, (1992) la séptima provincia (en esa fecha Canarias era una sola) con mayor proporción de personas que no sabían leer ni escribir; sólo Málaga, Granada, Almería y Jaén, Murcia y Albacete tenían mayor porcentaje.

Era un handicap llegar hasta el nivel de la «segunda enseñanza» por el alto índice de deserción escolar y porque solo estaba al alcance de las clases privilegiadas canarias. Según Fajardo (1995), en el curso 1846-47 se habían matriculado 39 alumnos en el Instituto de Canarias, al comienzo del siglo XX asistían 400 alumnos en el Instituto público y los Colegios de la segunda enseñanza de carácter privado. El Instituto de Canarias fue fundado en 1846 en La Laguna y el Instituto de Primera y Segunda Enseñanza de Las Palmas conocido como colegio de San Agustín se puso en funcionamiento en septiembre de 1845 bajo los auspicios del Gabinete Literario y estuvo funcionando hasta 1868. En la segunda época estuvo desde 1876 hasta 1915 y en 1883 aparecen matriculadas por primera vez cuatro mujeres aunque sólo tres de ellas alcanzaron el grado de bachiller. Eran raros los canarios que seguían carreras superiores ya que debían trasladarse a la península o al extranjero.

Pues bien, en este contexto sociocultural nace en Arrecife Blas Cabrera Felipe, canario ilustre, considerado el *padre de la Física española* y no sólo como una figura relevante de la ciencia en España sino como el representante de la ciencia española que recogía la herencia de la generación anterior: la de Ramón y Cajal y Torres Quevedo. Simboliza, igualmente, en España el resurgir de la Física experimental a principios del siglo XX. A través de la vida y de la obra de este ilustre científico canario, para muchos un desconocido, se

pone de manifiesto la importancia del clima social de una época en el desarrollo científico.

Podemos asegurar que Blas Cabrera y un grupo de científicos, entre los que destacamos a Julio Palacios, Miguel Catalán, Enrique Moles, etc., lograron sacar a España del profundo pozo donde se encontraba, adquiriendo un merecido prestigio y reconocimiento a nivel mundial, participando en los foros científicos internacionales donde se debatía sobre la construcción de la nueva Física (relativista y cuántica). Los grandes logros alcanzados fueron interrumpidos por la trágica Guerra Civil española a la que siguió el exilio y el inicio de la Segunda Guerra Mundial. Hoy, nos toca la noble tarea de recuperar en nuestra tierra su memoria.

En palabras de Luis Bru (1978) discípulo distinguido de Blas Cabrera: «Blas Cabrera simboliza la física experimental del primer tercio del Siglo XX». «Se dejó de hablar de física, para pasar a hacer Física». «Nunca tan pocos consiguieron tanto». Y como el mismo Blas Cabrera afirmaba: «Corrían los tiempos del trabajo alegre y de la alegría trabajadora».

I. El Joven Blas Cabrera

Nace en Arrecife de Lanzarote (Islas Canarias), el 20 de mayo de 1878, hijo de Blas Cabrera Tophan, notario, y de Antonia Felipe Cabrera. Es el mayor de 8 hermanos. En 1881, la familia se traslada a Tenerife por lo que cursa los estudios de Bachillerato en el Instituto de Canarias en La Laguna, hoy IES Canarias Cabrera Pinto. Termina dichos estudios con calificación de sobresaliente con solo 15 años.

Edificio del **Instituto de Canarias**, donde realizó Blas Cabrera sus estudios de Secundaria (1888-1893).
Primer Instituto de Segunda Enseñanza de Canarias, fundado en 1844. Hoy en día continúa con el nombre de «IES Canarias Cabrera Pinto». El edificio antiguo está destinado a sala de exposiciones

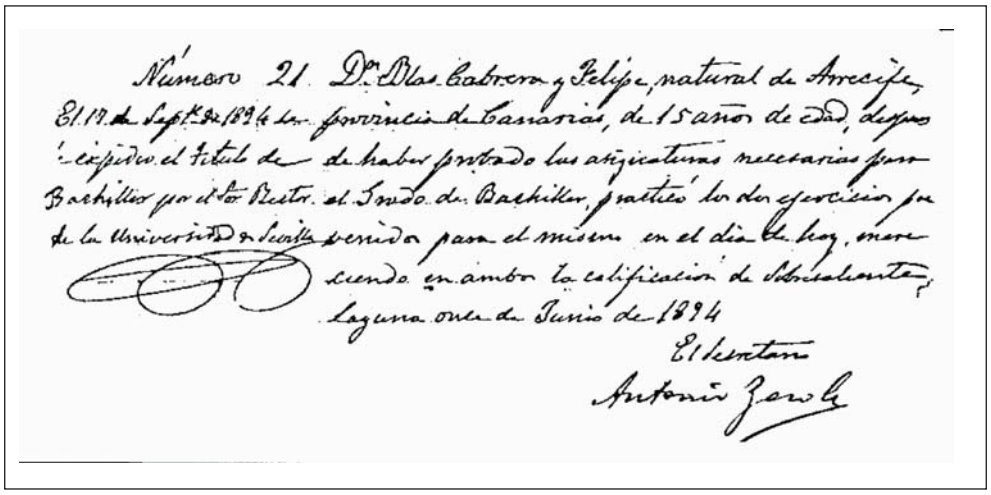
libro de Cabrera OK 7/11/05 19:11 Página 28

Busto de Blas Cabrera en el jardín a la entrada del Instituto de Canarias Cabrera Pinto de La Laguna

libro de Cabrera OK 7/11/05 19:11 Página 29

En 1894, se traslada a Madrid comenzando a estudiar Derecho pero pronto abandona los estudios de leyes y empieza a estudiar Física influenciado por D. Santiago Ramón y Cajal, a cuyas tertulias en el café Suizo, acudía regularmente. Termina la licenciatura en Ciencias Físico-Matemáticas en la Universidad Central de Madrid en 1898. Tenía 20 años. Es interesante tener en cuenta que en la Universidad Central de Madrid, según datos extraídos de Lora (1981) terminaban sus estudios de Ciencias Físico-Químicas desde 1900 a

Blas Cabrera en 1894. Al comenzar sus estudios universitarios en Madrid con 16 años. (Foto: Revista Rumbos, 1978, del círculo canario de estudios socialistas Juan Negrín).



Número 21. Dn. Blas Cabrera y Felipe, natural de Arrecife,
El 17 de Sept.re de 1894 de provincia de Canarias, de 15 años de edad, después
de haber probado las asignaturas necesarias para
el grado de Bachiller, practicó los dos ejercicios que
exigido el título de Bachiller por el Sto. Rector
de la Universidad de Sevilla previsto para el mismo en el día de hoy, obte-
niendo en ambos la calificación de Sobresaliente.
Laguna once de Junio de 1894
El Secretario
Antonio Zerolo

Título de Bachillerato de Blas Cabrera con calificación de sobresaliente

1905 de dos a tres alumnos por curso, doctorándose en todo el período un promedio de cinco o sea uno por curso.

En 1901 obtiene el grado de Doctor en Ciencias Físicas por la Universidad Central de Madrid con la tesis: «Sobre la variación diurna de la componente horizontal del viento», con la calificación de Sobresaliente y Premio extraordinario. Este mismo año accede a la plaza de Profesor ayudante de electricidad en la Facultad de Ciencias. Es socio fundador de la Sociedad Española de Física y Química (SEFQ) y de los Anales de dicha sociedad (1903).

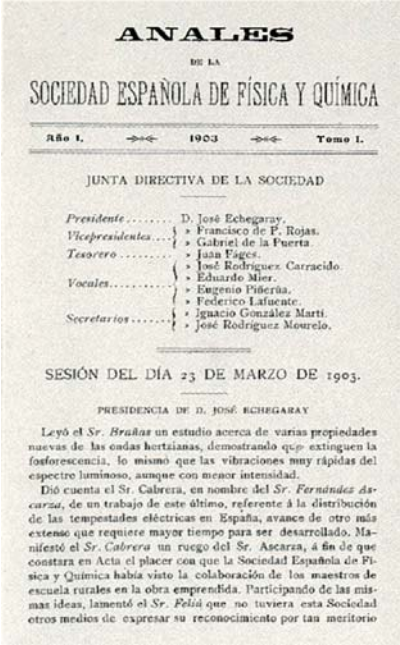
La importancia de esta sociedad radica en que frente a las «restringidas», «elitistas» y «aristocráticas» academias, como la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid, la nueva SEFQ era una asociación, abierta a todos; esto es, se trataba de un colectivo al que se unían, libremente, todos aquellos interesados en la física y la química.

El primer Presidente de la nueva Sociedad, José Echegaray, es conocido sobre todo por dramaturgo y menos como ingeniero de Caminos, matemático y catedrático de Física Matemática en la Facultad de Ciencias de la Universidad Central de Madrid desde 1905.

En marzo de 1903 aparecía el primer número de la Revista los Anales de la Sociedad Española de Física y Química (ASEFQ); un modesto cuadernillo de 40 páginas a los que contribuyó Blas Cabrera con dos artículos de un total de los 53 que se recogían en la misma, de los que 29 eran de física.

La recién creada Sociedad y su revista resultarán muy importantes para el desarrollo de la física y la química en España.

libro de Cabrera OK 7/11/05 19:11 Página 31



ANALES

DE LA

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE FÍSICA Y QUÍMICA

Año I. 1903 Tomo I.

JUNTA DIRECTIVA DE LA SOCIEDAD

Presidente ..... D. José Echegaray.
Vicepresidentes .... » Francisco de P. Rojas.
» Gabriel de la Puerta.
Tesorero ..... » Juan Fages.
Vocales ..... » José Rodríguez Carracido.
» Eduardo Mier.
» Eugenio Piñeiría.
» Federico Lafuente.
Secretarios ..... » Ignacio González Martí.
» José Rodríguez Mourelo.

SESIÓN DEL DÍA 23 DE MARZO DE 1903.

PRESIDENCIA DE D. JOSÉ ECHEGARAY

Leyó el *Sr. Brañas* un estudio acerca de varias propiedades nuevas de las ondas hertzianas, demostrando que extinguen la fosforescencia, lo mismo que las vibraciones muy rápidas del espectro luminoso, aunque con menor intensidad.

Dió cuenta el Sr. Cabrera, en nombre del *Sr. Fernández Ascarza*, de un trabajo de este último, referente á la distribución de las tempestades eléctricas en España, avance de otro más extenso que requiere mayor tiempo para ser desarrollado. Manifestó el *Sr. Cabrera* un ruego del *Sr.* Ascarza, á fin de que constara en Acta el placer con que la Sociedad Española de Física y Química había visto la colaboración de los maestros de escuela rurales en la obra emprendida. Participando de las mismas ideas, lamentó el *Sr. Feliú* que no tuviera esta Sociedad otros medios de expresar su reconocimiento por tan meritorio

Portada del primer volumen de los Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química en 1903.

En 1905, con tan sólo 27 años, ganó la plaza de Catedrático de Electricidad y Magnetismo en la Universidad Central de Madrid. Para ese momento ya tenía publicados numerosos estudios científicos en los Anales de la Sociedad Española de Física y Química. Entre ellos cabe destacar los que versaban sobre las propiedades de los electrolitos, la variación de la resistencia de los materiales en el interior de los campos magnéticos y las propiedades magnéticas de la materia. Uno de sus principales descubrimientos a nivel mundial, en relación a los electrolitos, fue la formulación de una teoría acerca de la disociación de los mismos, sentando un importante precedente científico al coincidir años más tarde con la tesis que formuló Debye-Huckel, vigente en nuestros días.

En 1906 contrae matrimonio en La Laguna con María Sánchez Real, compañera de estudios en los tiempos del Instituto y fijan su residencia en Madrid.

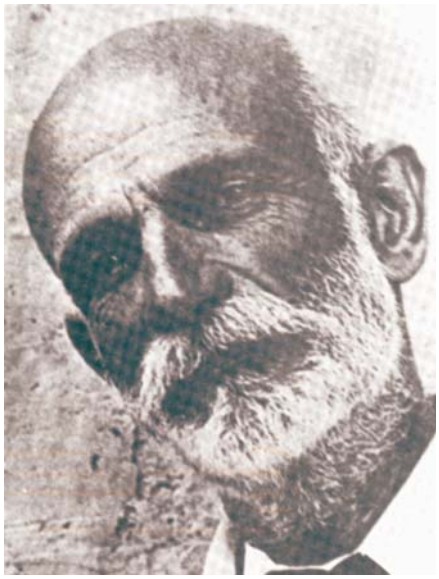
En 1910 tiene lugar su primer gran reconocimiento con solo 31 años y con 30 trabajos de investigación publicados es nombrado miembro de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales siendo recibido por su Presidente José de Echegaray. El 17 de abril lee el discurso de recepción titulado «El éter y sus relaciones con la materia en reposo». Echegaray terminó su discurso con la frase:» Ojalá lleguen pronto los tiempos del trabajo alegre y de la alegría trabajadora».

María Sánchez Real, vecina de La Laguna y antigua compañera de estudios secundarios. (Foto: Exposición de la conmemoración en Canarias del I aniversario de Blas Cabrera en 1995. Amigos de la Cultura Científica)

José de Echegaray primer Presidente de la Real Sociedad Española de Física y Química en 1903 y presidente de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales en 1910

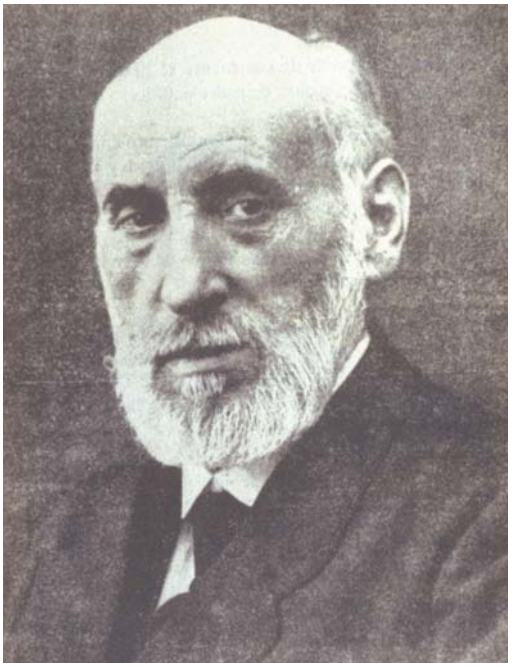
II. Consagración Nacional Como Físico

Con la influencia de la Institución Libre de Enseñanza que se había creado en 1876 promovida por Francisco Giner de los Ríos y cuyo prestigio científico había ido aumentando día a día, ya que incluso era consultada hasta por las esferas oficiales sobre posibles reformas de las enseñanzas, se funda en 1907 la Junta de Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas (JAE), detrás de la cual estaban Giner de los Ríos, Ramón y Cajal, su primer Director, Castillejos, Bolívar, Echegaray, Menéndez y Pelayo, Rodríguez Carracido, Torres Quevedo y Menéndez Pidal.



Francisco Giner de los Ríos (1839-1915), fundador de la Institución Libre de Enseñanza, inspiradora de la Junta de Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas

Las líneas prioritarias de la J.A.E. fueron: la supresión del aislamiento



Santiago Ramón y Cajal (1852-1934). Premio Nóbel de Medicina (1906). Primer director de la JAE.
(Blas Cabrera afirmaba que habiéndose desplazado a Madrid para estudiar la carrera de Derecho, el contacto con Cajal, en las tertulias cultural-científicas del café Suizo, a las que asistía, le hizo cambiar la orientación de los estudios, abandonando el de las leyes jurídico-sociales por el de las leyes naturales)

español en los órdenes cultural, técnico y científico y dotar de becas de postgrado a los estudiantes y recién licenciados para que pudieran acceder a los centros culturales y científicos más importantes de Europa. Esto daría lugar a intercambios, y originarían a su regreso equipos de investigación. Debido a los grandes esfuerzos realizados pasamos de ser un país científicamente desconocido a disponer de investigadores a la altura de los mejores de Europa.

Pues bien, en 1911, se crea el Laboratorio de Investigaciones Físicas de la Junta para Ampliación de Estudios y Blas Cabrera, es nombrado Director, con ello consigue su primer cargo de responsabilidad. Lo dota de una estructura moderna dirigiéndolo hasta 1931, año en el que pasa a dirigir el Instituto Nacional de Física y Química.

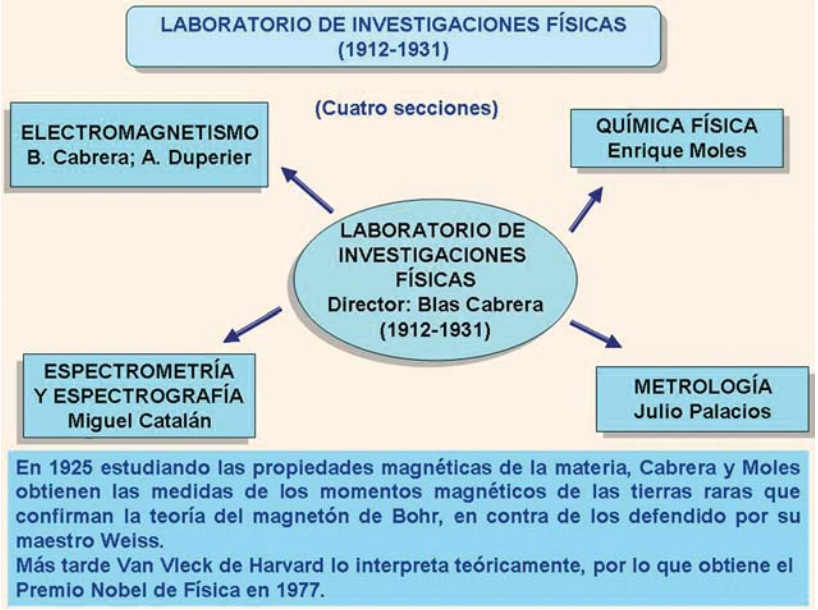
Inicialmente sus secciones eran cuatro: Metrología, Electricidad, Espectrometría y Química Física, distribuidas en nueve salas (dos para cada una de las secciones y una para conferencias y biblioteca) y hay que destacar que Cabrera encontró en la organización del mismo a un firme aliado, Enrique Moles, posiblemente el mejor y más activo químico en la historia de la ciencia española.

libro de Cabrera OK 7/11/05 19:11 Página 35

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).

Sin el laboratorio de investigaciones físicas, y sin las facilidades que la JAE le proporcionó, es difícil que Cabrera hubiese llegado a conseguir el éxito científico que alcanzó.

Situado al frente de un laboratorio, que dispuso de más medios que los de cualquier otro de los que entonces existían en España, Cabrera pensó que necesitaba salir al extranjero para ampliar sus



Estructura del Laboratorio de Investigaciones Físicas. Creado por la JAE, bajo la Dirección de Blas Cabrera de 1912 a 1931

horizontes y conocimientos. Solicitó a la JAE una pensión en 1912, para cinco meses «con el fin de visitar Laboratorios de Física y efectuar trabajos sobre Magnetismo en Francia, Suiza y Alemania». La beca le fue concedida.

En 1912, viaja a Zurich (Suiza), pensionado por la Junta de Ampliación de Estudios con objeto de aprender los nuevos métodos experimentales del gran sabio del Magnetismo de aquella época. Pierre Weiss. Como anécdota que el propio Blas Cabrera refiere en una carta reproducida por Sánchez Ron, se alude al desprecio con que inicialmente fue tratado por Weiss cuando le manifestó que no tenía sitio para alojarle a él y su familia. No obstante, al constatar el gran entusiasmo de Cabrera, le hizo un huequito en su laboratorio. Sin embargo, el trabajo desarrollado en el tiempo de su permanencia en Suiza daría lugar a importantes resultados experimentales y a una floreciente colaboración y amistad entre Cabrera y Weiss.

Pierre Weiss trabajaba en magnetismo y había alcanzado prestigio internacional en 1907 cuando postuló la existencia del campo molecular y de los dominios elementales para explicar el ferro-magnetismo, respetando el marco teórico de Langevin. El magnetismo que como ciencia se había iniciado a comienzos de siglo con el trabajo experimental de Pierre Curie tuvo una influencia decisiva en la consolidación experimental de la mecánica cuántica de 1907 a 1927.

Cabrera comenzó a especializarse en el estudio de las propiedades magnéticas de la materia, tema al que dedicó prácticamente toda su vida de investigador.

Su vuelta constituiría el punto de partida de la Física contemporánea en España, con proyectos de investigación en Magnetoquímica y Paramagnetismo que le convertirían en una autoridad mundial en su

libro de Cabrera OK 7/11/05 19:11 Página 37

Pierre Weiss . Maestro de magnetismo en Zurich, donde acude Blas Cabrera a formarse, becado por la JAE-Einstein-Ehrenfest-Langevin-Kamerlingh-Onnes y Weiss en Leyden en 1920

campo, sobre todo por sus estudios de las tierras raras y por la corrección de la ley del paramagnetismo de Curie-Weiss, a la que añadiría un nuevo término, y se le conocería desde entonces como la *«ley de Cabrera»*, también llamada ley de Cabrera-Duperier.

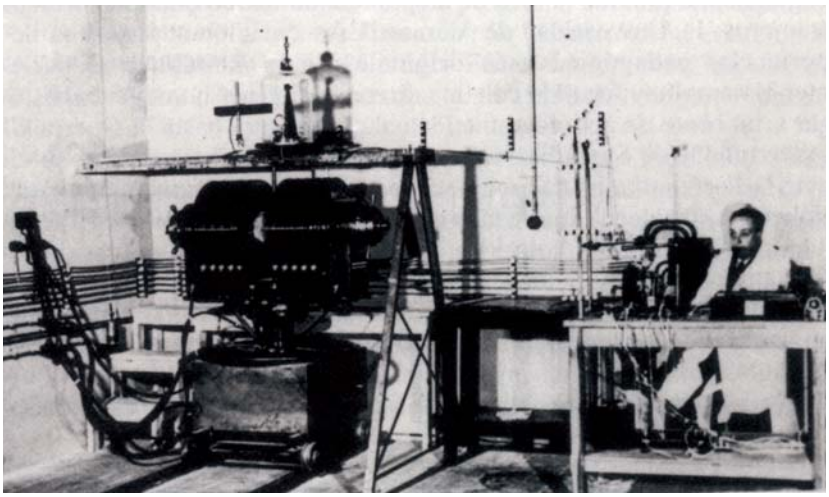
Sus trabajos experimentales sobre los momentos magnéticos de las tierras raras le hacen abandonar las teorías del magnetón de Weiss y dar la razón a la aproximación cuántica del magnetón de Bohr. Cita a su admirado Faraday, comentando ante las dudas entre dos teorías rivales «[...] que hablen los experimentos». Los resultados conseguidos experimentalmente sirvieron de justificación a las nuevas ideas de

libro de Cabrera OK 7/11/05 19:11 Página 38

$$(\chi_A + K)\cdot(T + \Delta) = C_A$$

Ecuación de Cabrera. La constante K fue introducida por Cabrera, siendo independiente su valor de la temperatura. El valor de K recoge el paramagnetismo constante consecuencia de la deformación de las órbitas electrónicas por la acción del campo magnético.

la mecánica cuántica que entonces estaba en pleno desarrollo y que había nacido con la interpretación de otros muchos hechos experimentales. Contribuyó al conocimiento del campo magnético de Hund y Van Vleck de la Universidad de Harvard (Premio Nobel de Física en 1977) se benefició de los valores experimentales, obtenidos por Blas Cabrera, del que comentó que «supo diseñar el experimento crucial, realizando el experimento adecuado en el momento adecuado». La determinación experimental de susceptibilidades paramagneticas y su dependencia térmica, realizada por Cabrera fue fundamental para el establecimiento de la teoría cuántica del magnetismo.



Cabrera y su balanza magnética en el Laboratorio de Investigacines Físicas creado por la Junta de Ampliación de Estudio e Investigaciones Científicas (Foto: A.C.C.)

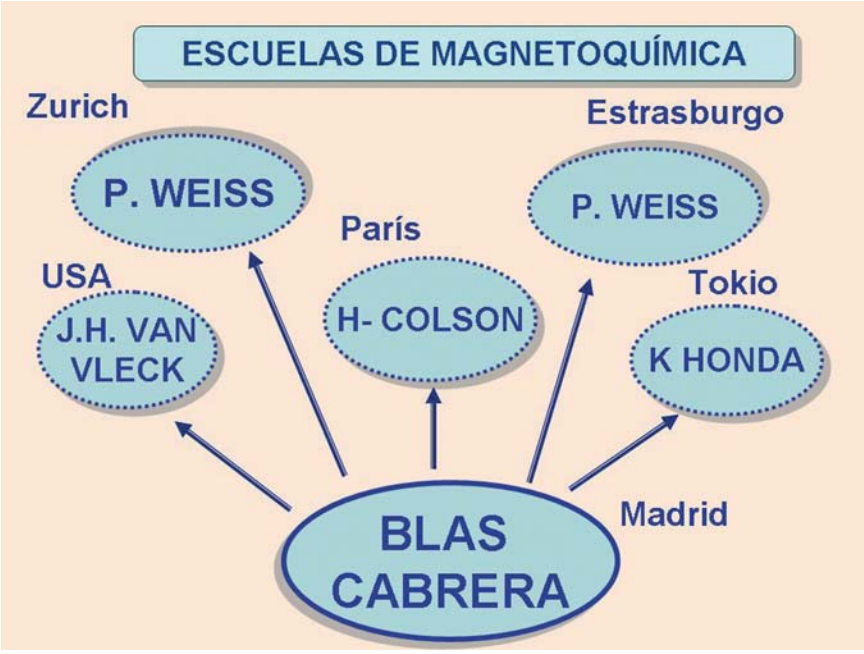
Hemos de resaltar que algunas de las medidas de susceptibilidad magnética determinadas por nuestro físico no han sido mejoradas hoy día. Por otra parte, fue el primer científico que utilizó los métodos de la teoría de errores y de los mínimos cuadrados para la determinación de las constantes físicas.

En 1932 Van Vleck publicó la teoría cuántica completa y detallada de las susceptibilidades paramagnética y diamagnética. Este premio Nobel de fisica, profesor en Harvard siempre reconoció la deuda que su teoría tenía adquirida con el trabajo experimental de Cabrera y su escuela.

En el libro de J.H. Van Vleck (1932) *«Theory of Electric and Magnetic Susceptibilities»*, que se convertiría en el texto más impor-

John Van Vleck (1899-1980). Premio Nóbel de Física en 1977.

libro de Cabrera OK 7/11/05 19:11 Página 40



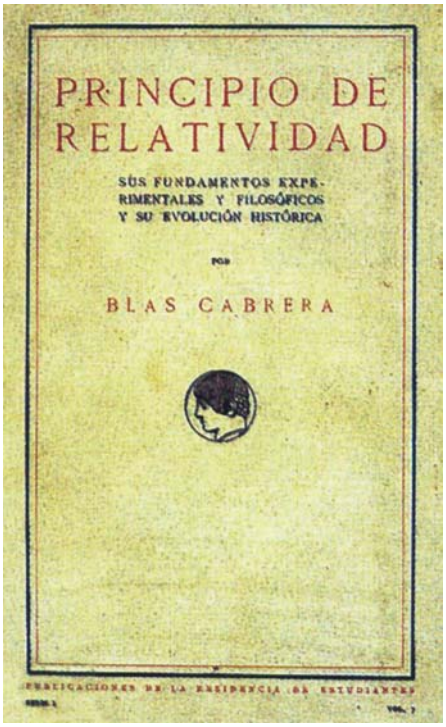
Escuelas de magnetoquímica en el Laboratorio de Investigaciones Físicas creado por la Junta de Ampliación de Estudios e Inestigaciones Científicas

tante de la especialidad, Cabrera es el físico experimental más citado.

En 1915 realiza un largo viaje por Sudamérica como mensajero cultural de España en compañía de Fernando de los Ríos. Da diversas conferencias científicas y se le nombra Doctor honoris causa de varias Universidades, Ministro de Instrucción pública, profesor especialista Honorario de las de México y Buenos Aires y miembro de las Academias de Ciencias de Lima y Bogotá Con esto nace una intensa relación con los países hispanoamericanos.

libro de Cabrera OK 7/11/05 19:11 Página 41

El prestigio de Blas Cabrera fue aumentando paulatinamente. En 1916, es nombrado Presidente de la Sociedad Española de Física y Química. Después, inaugura en México el Instituto Hispanoamericano como profesor extraordinario. En 1917 publica el libro ¿Qué es la electricidad? En 1919 es nombrado Doctor honoris causa por la Universidad de Estrasburgo y en 1921 pasa a ser Miembro del Comité Internacional de Pesas y Medidas con sede en París. El año 1923 publica el libro «*Principio de relatividad*» ayudado por la Residencia de Estudiantes con lo que se convirtió en uno de los introductores de esta teoría en España.



Blas Cabrera, Principio de Relatividad, 1923. (Foto: Residencia de estudiantes. En un siglo de Ciencia en España)

II.1. Visita de Einstein a España

Lo más importante del año 1923 y uno de los hechos más satisfactorios de la vida de Blas Cabrera es que recibe y acompaña a Albert Einstein en su viaje y estancia en España. Actuó de anfitrión e hizo que Einstein visitara varias ciudades españolas. Su venida constituyó un acontecimiento crucial para el refrendo social de la física en nuestro país.

El 4 de marzo, el rey Alfonso XIII recibió a Einstein en la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales correspondiendo a Blas Cabrera el honor de hacer el discurso en el acto de entrega del Diploma de Académico corresponsal.

Hizo un análisis de la obra de Einstein y al final del mismo demuestra su amor a la ciencia y su deseo de que España progrese:

> *[...] «Reconocemos nuestra deuda con la Humanidad y nuestro anhelo es llegar pronto a saldarla. Yo os lo afirmo en nombre de las generaciones presentes y de un futuro inmediato. Sois aún joven. Espero que al final de vuestra vida, que será también el de mi generación, la España científica, que hoy apenas encontráis en embrión, haya llegado al lugar que tiene el inexcusable deber de ocupar. Así al menos pensamos aquellos para los que el optimismo es una virtud motora del progreso.»*

Es interesante resaltar una frase del Discurso pronunciado por Einstein donde se ponen de manifiesto algunas de las características del verdadero científico:

libro de Cabrera OK 7/11/05 19:11 Página 43

[...] Vuestras palabras, querido Sr. Cabrera, han llegado a lo más hondo de mi corazón, no por contener para mí el honor de un gran reconocimiento, sino porque demuestran la forma consciente y cariñosa con que habéis estudiado el trabajo de mi vida haciéndoos eco de la frase del poeta: «queremos recibir menos alabanzas, y, en cambio, que se nos lea con aplicación».

MADRID DIA 6 DE MARZO DE 1923 NUMERO SUELTO 10 CENTS.

ABC

DIARIO ILUSTRADO. AÑO DECIMONOVENO. N.° 6.29 10 CENTS.

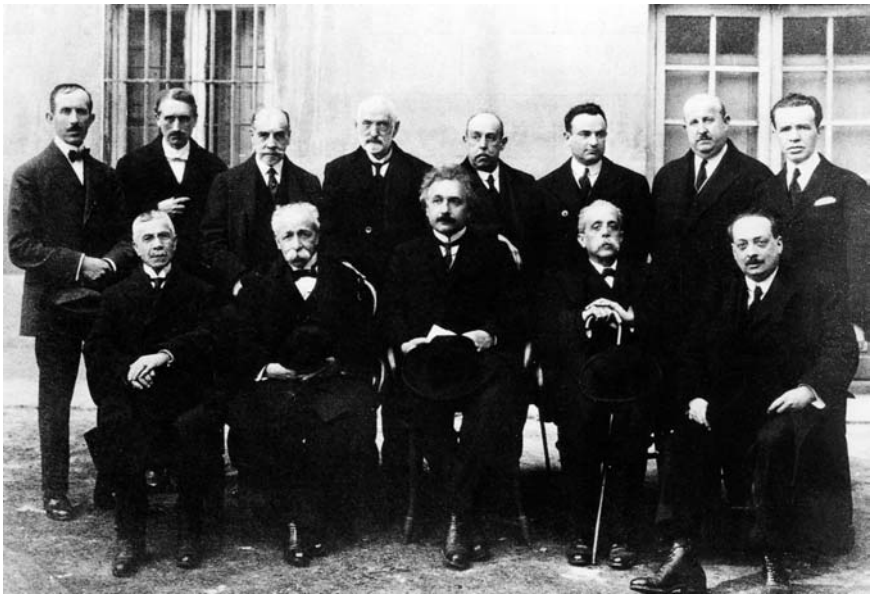
MADRID: UN MES, 3 PESETAS, PROVINCIAS: TRES MESES, 9. EXTRANJERO, SEIS MESES, 36 PESETAS
REDACCIÓN Y ADMINISTRACIÓN: SERRANO, 86. MADRID. APARTADO NUM. 42

MADRID EN LA REAL ACADEMIA DE CIENCIAS

Alfonso XIII, Albert Einstein y Blas Cabrera entre otros, en un acto celebrado en la Real Academia de Ciencias el domingo día 4 de Marzo de 1923. Portada del diario ABC

También es interesante como responde al deseo de Cabrera del desarrollo científico de España ya que al final del corto discurso afirma:

> *[...] «Creo que la mortificada y amenazada Europa puede volver los ojos llenos de esperanza hacia este pueblo, que se encamina hacia el trabajo científico después de haber producido para la Humanidad cosas tan grandes en la esfera del Arte».*



Blas Cabrera y otros catedráticos de la Facultad de Ciencias, durante la visita de Albert Einstein en 1923. De izquierda a derecha: (Sentados): M. Vegas, J. Rodríguez Carracido, Albert Einstein, L. Octavio de Toledo y B. Cabrera. (De pie): E Lozano Rey, J.M. Plans, M. Moreno, E. Lozano Ponce de León, I. González Martí, J. Palacios, A. del Campo y H. Castro. (Foto: Archivo general de la administración. Residencia de estudiantes. En un siglo de Ciencia en España)

III. Blas Cabrera: Físico Internacional

Son varios los acontecimientos que demuestran que Blas Cabrera ha adquirido un prestigio fuera de nuestras fronteras . En 1928 y apadrinado por los físicos Pierre Langevin y Maurice de Broglie es designado Académico de Ciencias de París y a propuesta de Eisntein y Marie Curie es elegido para formar parte del Comité Científico de la VI Conferencia Solvay. En España es nombrado Rector de la Universidad Central de Madrid en 1929 y hasta el año 1931 realizó su investigación en el Laboratorio de Investigaciones Físicas que continuaba dirigiendo y en el que se detectaban numerosas carencias.

III.1. El Instituto Nacional de Física y Química: Instituto Rockefeller

La solución 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, y bien 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.

Instituto Nacional de Física y Química, inaugurado en 1932. (Foto: Archivo general de la administración. Residencia de estudiantes. En un siglo de Ciencia en España)

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 rápi-

El Instituto Nacional de Física y Química que pasó a llamarse **«Instituto Rocasolano»** y que se integró en el CSIC, tras la Guerra Civil

damente se relacionó. Su primer director fue Blas Cabrera y continuó en ese cargo hasta 1937 que marchó a París. Estaba formado por seis secciones: Electromagnetismo, Química-Física, Espectroscopia, Rayos X, Electroquímica y Química Orgánica. Se detectó la falta de una sección de Física Teórica y para intentar paliar este hecho se inician unas relaciones con Schrödinger.

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.

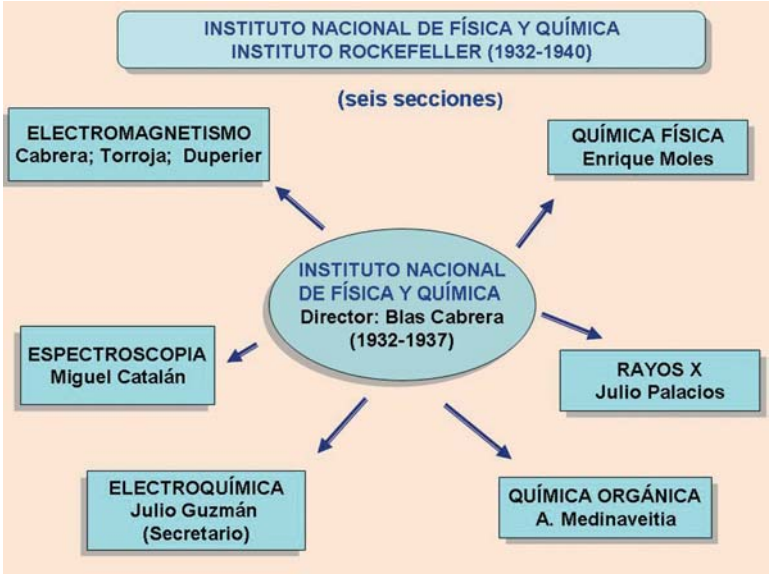
La reestructuración de la infraestructura científica española, acometida tras la finalización de la guerra civil, y el largo exilio de la gran mayoría de los científicos españoles, trajo consigo la creación de un

Inauguración del Instituto Nacional de Física y Química. «El Rockefeller» el 6 de febrero de 1932. Asisten el Ministro de Instrucción Pública, Fernando de los Ríos, pueden verse a los científicos Sommerfeld, Weis y Enrique Moles y al Químico Willstäeter. (Foto: Exposición de la conmemoración en Canarias del I aniversario de Blas Cabrera en 1995. Amigos de la Cultura Científica)

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 varías 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

libro de Cabrera OK 7/11/05 19:11 Página 49



Estructura del Instituto Nacional de Física y Química. Se detectó la falta fundamental de una sección de física teórica; para intentar paliarla se inician relaciones con Schrödinger

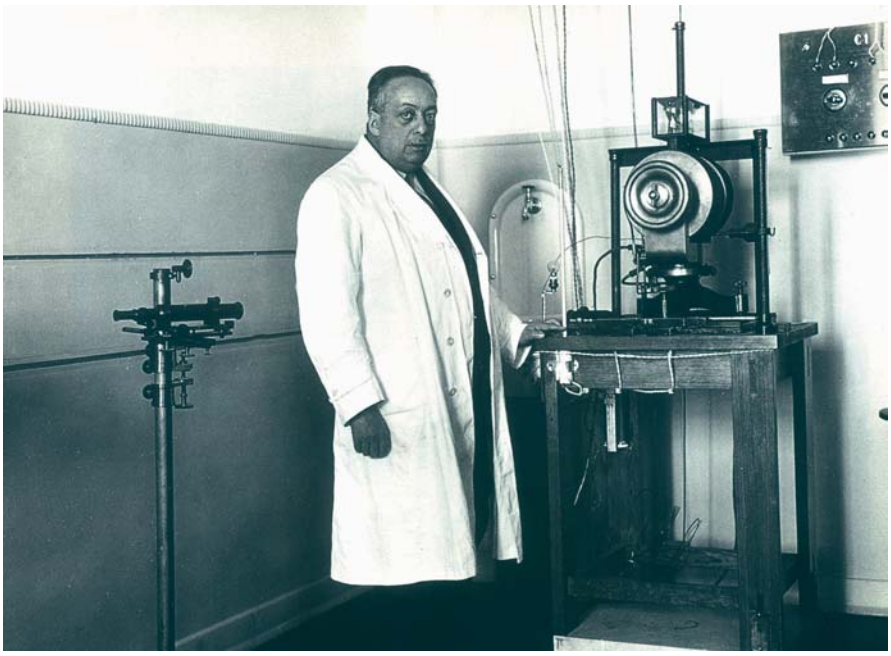
investigación teutones. La Física y la Química de la España franquista deben gran parte de su progreso a la labor realizada por este Centro, de cuyo seno salieron científicos que contribuyeron decisivamente al desarrollo de algunos Departamentos universitarios de Química y de Química Física.

Como consecuencia de su expansión, han surgido nuevos institutos del CSIC, como el de Catálisis y Petroleoquímica, el de Estructura de la Materia y el de Matemáticas y Física Fundamental, a partir de los grupos de investigación formados en el Rocasolano.

Entre las materias cultivadas por este Centro a lo largo de su historia, destacan el magnetismo, la determinación de estructuras cristalinas mediante la difracción de los rayos X, la espectroscopia atómica, la determinación de pesos atómicos, la electroquímica y la química orgánica, todas estas líneas de trabajo, y en general toda la ciencia

libro de Cabrera OK 7/11/05 19:11 Página 50

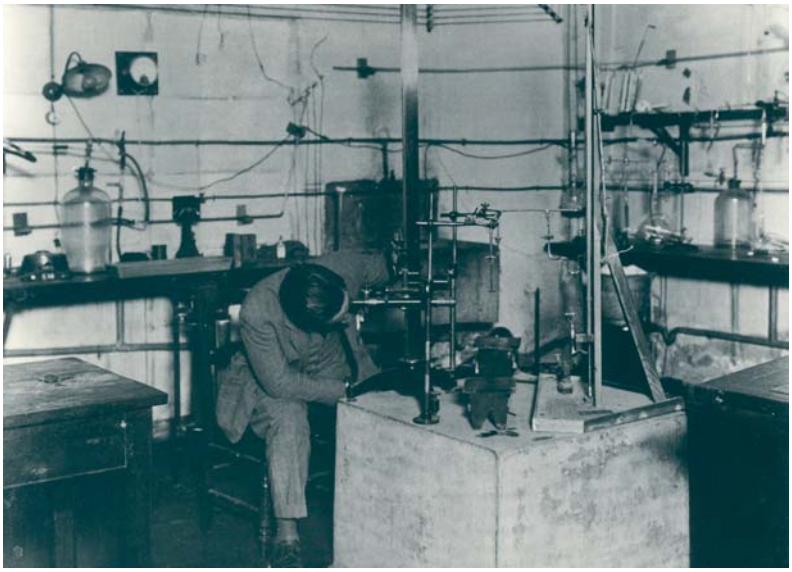
española, son deudoras del intenso trabajo de sus fundadores Blas Cabrera y Enrique Moles, como baluartes de la Ciencias Físico - químicas españolas en la época de Einstein.



Blas Cabrera Felipe, director del Instituto Nacional de Física y Química en su Laboratorio en 1932. (Foto: Archivo general de la administración. Residencia de Estudiantes. En un siglo de Ciencia en España)

III.2. Los Consejos Solvay

El nombramiento más importante de toda su carrera fue el ocurrido en Bélgica en 1930 cuando es designado Miembro del Comité Científico de la VI Conferencia Solvay. Su candidatura junto con la de Bohr había sido propuesta por Marie Curie y Albert Einstein como



Laboratorio del Instituto Nacional de Física y Química en 1935 (Foto: Archivo general de la administración. Residencia de Estudiantes. En un siglo de Ciencia en España)

dijimos anteriormente. Estos comités estaban formado por nueve científicos de gran prestigio en el campo de la Física. Estas reuniones de tres años de periodicidad, suponían las de más alto nivel científico, representado por los mejores físicos del mundo. Desde luego es un orgullo ver un nombre español formando parte del grupo de los mejores físicos que jamás haya habido, entre los cuales había 12 Premios Nobel de un grupo de 26 científicos.

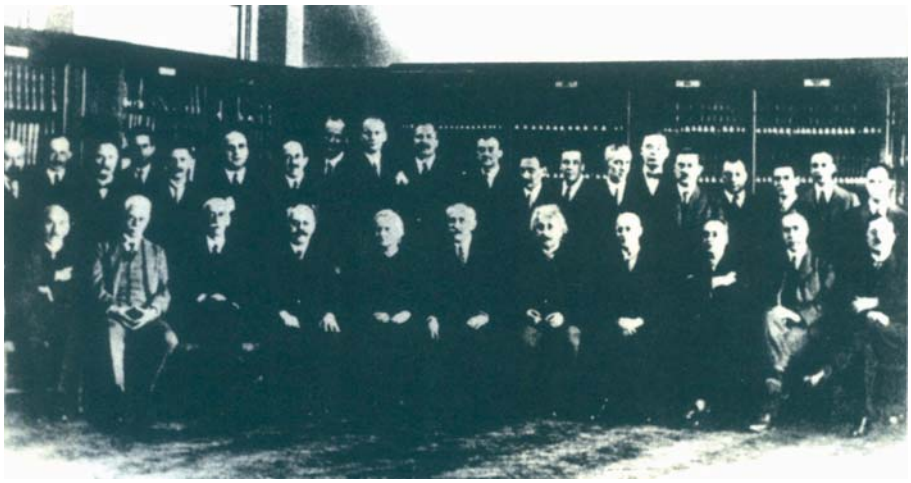
El recuento histórico de estas conferencias demuestra no sólo la gran influencia que tuvieron sobre el desarrollo de la Física Moderna, sino también el propósito explícito de resolver problemas específicos de gran dificultad. El peso total de estas conferencias estuvo basado sobre todo en las estimulantes discusiones entre los más sabios de la época, más que en los trabajos en sí, y los resultados obtenidos justificaron con creces las esperanzas de su patrocinador, Ernest Solvay, de que este estilo traería resultados inmediatos de progreso para la Física.

libro de Cabrera OK 7/11/05 19:11 Página 52

Solvay estableció la Fundación para incitar a la Investigación, extendiendo y profundizando el conocimiento de los fenómenos naturales.

Las conferencias Solvay fueron creadas y financiadas por este industrial belga famoso por su método de fabricación de sosa cáustica con el que obtuvo una gran fortuna. Su pasión por la ciencia le llevó a la creación del Instituto Internacional de Física Solvay, la más prestigiosa institución internacional de Física en la época, organizadora de las Conferencias Solvay, para tratar los progresos más importantes en el campo de la Física y la Química e impulsar la investigación científica. Se desarrollaron veinte veces entre 1911 y 1991. Estas conferencias han permanecido como un ejemplo de bien planeadas y organizadas, pudiendo influir y contribuir de forma determinante en el progreso de la Física posterior.

La primera tuvo lugar en el Hotel Metropol de Bruselas del 30 de



VI Conferencia Solvay, Bruselas, 1930. Sentado, tercero por la derecha, Blas Cabrera, miembro del Comité Científico. Sentados en el centro, Marie Curie, Langevin (Presidente) y Einstein

libro de Cabrera OK 7/11/05 19:12 Página 53

octubre al 3 de noviembre de 1911. El tema a tratar era sobre «la teoría de la radiación y los cuantos».En esta reunión se pone de manifiesto hasta qué punto las hipótesis cuánticas son revolucionarias y cuántas paradojas encierran.

Blas Cabrera y Maria Curie en 1931. Durante su visita a la Residencia de Estudiantes en 1931 (Foto Archivo de Jesús Bal y Gay. Residencia de estudiantes. en un siglo de Ciencia en España)

Blas Cabrera participa en la «*VI Conferencia Solvay*», en Bruselas, en 1930, sobre Magnetismo con el tema: «las propiedades magnéticas de la materia». Cabrera contribuyó con un detallado análisis de los resultados experimentales relativos a los momentos magnéticos de los átomos de las distintas series de transición.

El Comité de la VI Conferencia estaba compuesto por Langevin (Presidente), Bohr, Cabrera, Curie, de Donder, Einstein, Guye, Knudsen y Richardson. Participaban también como invitados: Cotton, Darwin, Debye, Fermi, Pauli, Sommerfeld, Van Vleck y Piccard.

Forma parte también del Comité Científico de la VII Conferencia celebrada en 1933 junto con Langevin (Presidente), Bohr, Cabrera, Debye, de Donder, Einstein, Guye y Richardson. El tema de discusión es la «Estructura y propiedades de los núcleos atómicos».

Participa también en la organización de la VIII Conferencia que debía celebrarse en 1939, para tratar del tema «Las partículas elementales y sus interacciones», retrasado en primer lugar por enfermedad

de su presidente, Langevin y que luego es suspendida definitivamente por la Segunda Guerra Mundial (1939-1945).

III.3. Últimos años en España

En 1931, Leonardo Torres Quevedo dimite de su puesto en el Comité Internacional de Pesas y Medidas por motivos de salud y Blas Cabrera le sustituye. En julio de este mismo año publica en la Revista de Occidente un artículo: «La imagen actual del universo según la Relatividad», del que reproducimos su frase final por estimar que pone de manifiesto sus dudas sobre la evolución que se está produciendo de los conocimientos científicos. Dice así:

> *[...] La historia de la física nos autoriza a pensar que muchas dudas de hoy encontrarán solución más o menos pronto, gracias a la labor de consolidación de las nuevas conquistas, pero acaso no va sin rectificación esencial de la visión que hoy imaginamos fiel reflejo de la realidad.*

Presidente de la Real Academia de Ciencias (1934). Óleo de la Academia de Ciencias en la Galería de Retratos de Presidentes

En 1934, se le designa como Presidente de la Academia de Ciencias de Madrid, cargo que ocupa hasta el año 1937 en que se exilia.

libro de Cabrera OK 7/11/05 19:12 Página 55

Medalla en la Galería de Rectores de la Universidad Internacional de Verano de Santander.
Blas Cabrera Rector de 1934 a 1936

Además, es nombrado Rector de la Universidad Internacional de Verano de Santander, de la que había sido uno de los fundadores en el año 1933.

El tema que eligió para los cursos fue el Siglo XX. Un grupo de especialistas en las ramas de las Ciencias y de las Letras sometieron a análisis los acontecimientos de este siglo. Se desarrollaron conferencia sobre «las bases de la nueva Ciencia Físico-Matemática» en la que participaron junto a Cabrera científicos del prestigio de Moles, Palacios, Terradas, Schrödinger, Frèchet y Grimm.

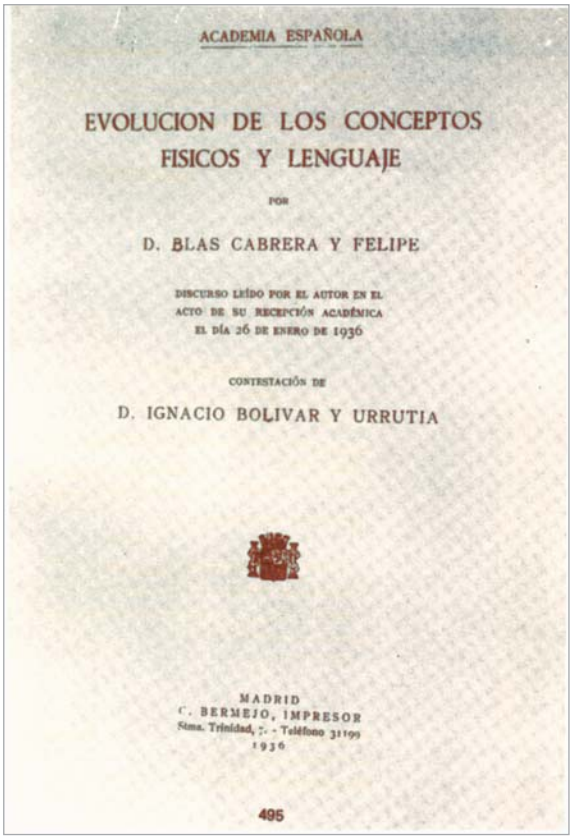
Estuvo rodeado por personajes tan diferentes e importantes como Lorca, Salinas, Maura, Prieto, Madariaga, Zubiri, Unamuno, También Schrödinger, que el año anterior había obtenido el Premio Nobel de Física y que era gran amigo suyo y Sánchez Mejías que torearía por última vez ese verano en la plaza de Santander.

Durante su rectorado la Universidad se distinguió por desarrollar un programa variado desde la educación al aire libre, al teatro contemporáneo representado por «La Barraca» hasta el desarrollo de conferencias sobre cine y fotografía.

El 26 de enero de 1936 lee su discurso de ingreso en la Academia Española (de la Lengua), donde ocupa el sillón de su amigo y maestro Cajal, lo que considera un gran honor. Cabrera ingresa con el discurso: «Evolución de los conceptos físicos y lenguaje». De éste destacamos algunas de sus frases iniciales:

libro de Cabrera OK 7/11/05 19:12 Página 56

Además vuestro llamamiento para suceder a D Santiago Ramón y Cajal llena mi espíritu de intensa emoción porque a él debo cuanto soy o pueda significar en el porvenir, pues su impulso y ayuda enderezó la actividad de mi inteligencia por la senda de la investigación científica.



ACADEMIA ESPAÑOLA

EVOLUCION DE LOS CONCEPTOS FISICOS Y LENGUAJE

POR

D. BLAS CABRERA Y FELIPE

DISCURSO LEÍDO POR EL AUTOR EN EL ACTO DE SU RECEPCIÓN ACADÉMICA EL DÍA 26 DE ENERO DE 1936

CONTESTACIÓN DE

D. IGNACIO BOLIVAR Y URRUTIA

MADRID
C. BERMEJO, IMPRESOR
Sma. Trinidad, 7. - Teléfono 31199
1936

495

Portada del discurso que Blas Cabrera leyó en el acto de su **recepción académica en la Real Academia Española de la Lengua**, el día 26 de enero de 1936.

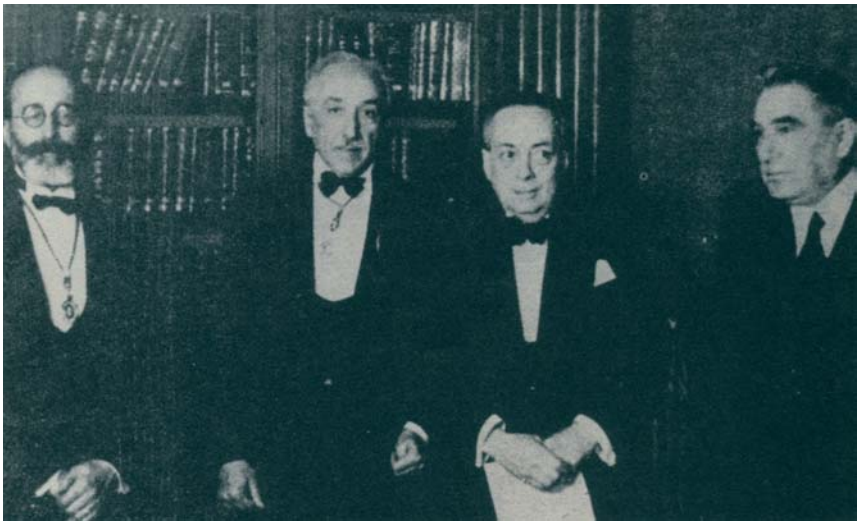
En el discurso pone de manifiesto la importancia de la lengua y después de hacer un recorrido por la evolución de las ciencias físicas, termina con un párrafo donde se destaca su talante científico:

libro de Cabrera OK 7/11/05 19:12 Página 57

No he pretendido trazar un cuadro completo de la evolución del pensamiento físico, porque solo quería evidenciar la conveniencia, sino la necesidad, de que en la labor de esta casa esté presente la Ciencia que desde hace más de un siglo preside el desenvolvimiento cultural. Con la misma sinceridad que aplaudo este que supongo origen de vuestro llamamiento, expreso mi temor respecto a la selección de mi persona para llenar el hueco.

También se pone de manifiesto en sus palabras finales su gran honradez intelectual ya que continúa afirmando:

Sin embargo esto no podría justificar mi indolencia, y si aspiro a que recaiga sobre vosotros la responsabilidad de mi presencia aquí, debo poner de mi parte todo el esfuerzo de que sea capaz para sentarme dignamente en el sillón, donde por la modestia proverbial de D Santiago Ramón y Cajal, se ha conservado la sombra del magnifico escritor castellano que fue D Juan Varela. Que perdonen todos mi atrevimiento.



Ingreso de Blas Cabrera a la Real Academia de lengua, en enero de 1936, ocupa el sillón que había dejado vacante Cajal en 1934. (Foto: Conmemoración en Canarias del I Aniversario de Blas Cabrera en 1995. Amigos de la Cultura Científica)

Como afirma González Posada (1995) es interesante destacar que en el discurso de contestación de Ignacio Bolivar termina:

> *Celebrando que el progreso de las Ciencias y la consideración que han alcanzado en nuestro país permitan modificar la expresión de Echegaray diciendo: «Ya han llegado los tiempos del trabajo alegre y de la alegría trabajadora», en clara referencia a la pronunciada por Echegaray cuando fue admitido Blas Cabrera en la Academia de las Ciencias un cuarto de siglo antes.*

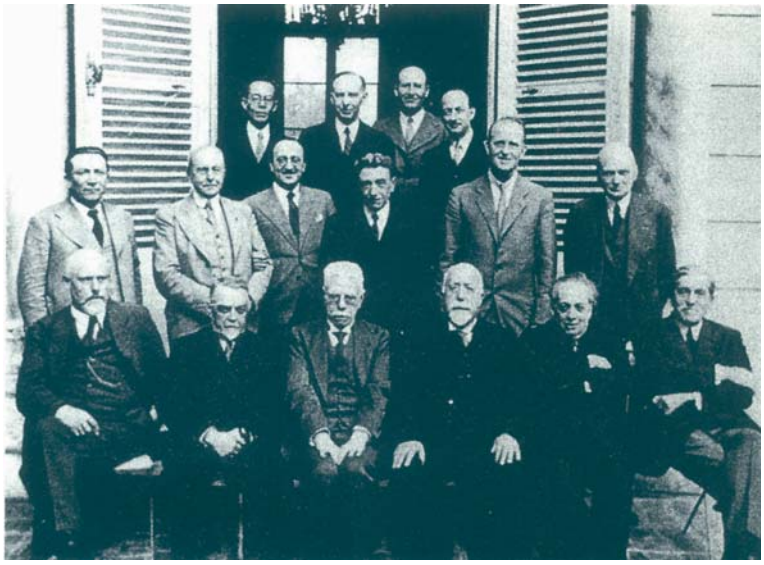
En julio de 1936 estando en la Universidad de verano de Santander es sorprendido por el comienzo de la guerra civil. Después de asegurarse de que profesores y alumnos regresan a salvo a sus lugares de origen en una España en guerra, tiene que pasar a Francia para poder regresar a la zona de Madrid para entregar su misión rectoral.

Ignacio Bolivar Urrutia

IV. La Guerra Civil Española y El Exilio: París y México

Blas Cabrera pertenece al grupo de españoles que nunca aceptó el enfrentamiento y la violencia desgarradora que supuso el golpe de estado y la posterior Guerra Civil española, por lo que opta por abandonar el suelo de España. Se exília a Francia, con la esperanza y el deseo del pronto regreso. En 1937 cuando P. Zeeman era presidente del Comité Internacional de Pesas y Medidas nombró a Cabrera secretario del Comité por lo que se desplaza a vivir en París.

Asiste todas las semanas a las reuniones de alto nivel científico que tenían lugar en aquel momento tan difícil para Europa, principalmente en las Universidades de Estrasburgo y la Sorbona y trabaja con Mme Cotton en el Laboratorio de Investigaciones Magnéticas hasta su exilio definitivo en México. En el periodo 1937-39 participa en la organización de la VIII Conferencia Solvay titulada «Las partículas elementales y sus interacciones» cuya celebración fue retrasada, en primer lugar, por enfermedad de su presidente el Dr. Langevin y que finalmente tuvo que ser suspendida por la II Guerra Mundial.



Reunión del Comité Internacional de Pesas y Medidas en 1939. Cabrera entró a formar parte de él en 1929. Fue secretario del mismo de 1933 a 1941. (Foto: Conmemoración en Canarias del I aniversario de Blas Cabrera en 1995. Amigos de la Cultura Científica.

En 1941, el gobierno del general Franco pide su cese como secretario del Comité Internacional de Pesas y Medidas aun cuando el cargo no tiene nada que ver con el gobierno español. Este mismo año marcha a México como Profesor de Física Atómica y de Historia de la Física de la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de México fundada en 1938 instalado en el

Blas Cabrera y María Sánchez Real en 1941. Durante su exilio en México (1941-1945).(Foto: Exposición de la conmemoración en Canarias del I Aniversario de Blas Cabrera en 1995. Amigos de la Cultura Científica)

libro de Cabrera OK 7/11/05 19:12 Página 61

Blas Cabrera, profesor de la Universidad Nacional Autónoma de México en 1944.(Foto: Conmemoración en Canarias del I aniversario de Blas Cabrera en 1955. Amigos de la Cultura Científica.)

Palacio de Minería, que fue construido por el arquitecto catalán Manuel Tolsá. Consigue instalar en el Instituto de Física un laboratorio de medidas eléctricas de precisión. Pretendía investigar el magnetismo de los cuerpos paramagnéticos, y por aquel entonces se le consideraba un físico notable y se le atribuía haber fundado la física experimental moderna en España.

Colabora con un grupo de jóvenes científicos mexicanos encabezados por el profesor Vallarta, mundialmente famosos por sus trabajos sobre Radiación Cósmica. No obstante aquí tiene pocas posibilidades de experimentar y desempeña una interesante actividad como escritor científico a juicio de González Posada (1995).

Sucede a Ignacio Bolívar, a la muerte de éste ocurrida en 1944, en la dirección de la revista Ciencia, editada por los científicos españoles del exilio. Ambos mueren exilados en México

CIENCIA

Revista hispano-americana de Ciencias puras y aplicadas

PUBLICACIONES DE

EDITORIAL ATLANTE S. A.

SUMARIO

Volumen 1 de 1940. Revista publicada por los científicos españoles exiliados. Director: Ignacio Bolivar (1940-1943) y Blas Cabrera (1943-1945). (Foto: Residencia de estudiantes. En un siglo de Ciencia en España)

libro de Cabrera OK 7/11/05 19:12 Página 62

En la conmemoración de los XXV años de la Institución Cultural Española de Buenos Aires, le publica su último libro «El magnetismo de la materia»

Blas Cabrera con Ignacio Bolivar en 1943 en México. (Foto: Conmemoración en Canarias del I Aniversario de Blas Cabrera en 1995. Amigos de la Cultura Científica.)

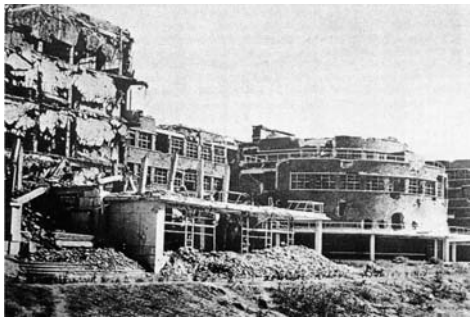
A causa de la enfermedad de Parkinson le sobreviene la muerte el 1 de agosto de 1945 unos días antes del holocausto nuclear de Hiroshima y Nagasaki acaecidos el 6 y 9 de agosto respectivamente. Es como si hubiese querido cerrar sus ojos para no ver, de forma dramática, la utilización de la Ciencia para el exterminio masivo de la población, utilizando la energía nuclear.

Con Blas Cabrera, las Ciencias Físicas que en España a principios del siglo XX estaban en una situación desastrosa, experimentaron un avance prodigioso, que sufrió un gran retroceso tras la guerra civil española.

Franco visita el Instituto de Farmacognosis-CSI en 1949. (Foto: Residencia de Estudiantes)

libro de Cabrera OK 7/11/05 19:12 Página 63

En palabras de su discípulo Luis Bru: «*Blas Cabrera simboliza la Física experimental del primer tercio del siglo XX y se dejó de hablar de Física para hacer física de forma que nunca tan pocos consiguieron tanto*».



Aspecto de la Ciudad Universitaria de Madrid, tras los efectos de la contienda en 1939. (Foto residencia de estudiantes).

V. Su Legado Científico y Humanista

Blas Cabrera fue un trabajador incansable y prolífico que además supo crear una escuela que continuase con sus investigaciones. Pero además su misma familia fue una escuela de científicos como veremos a continuación.

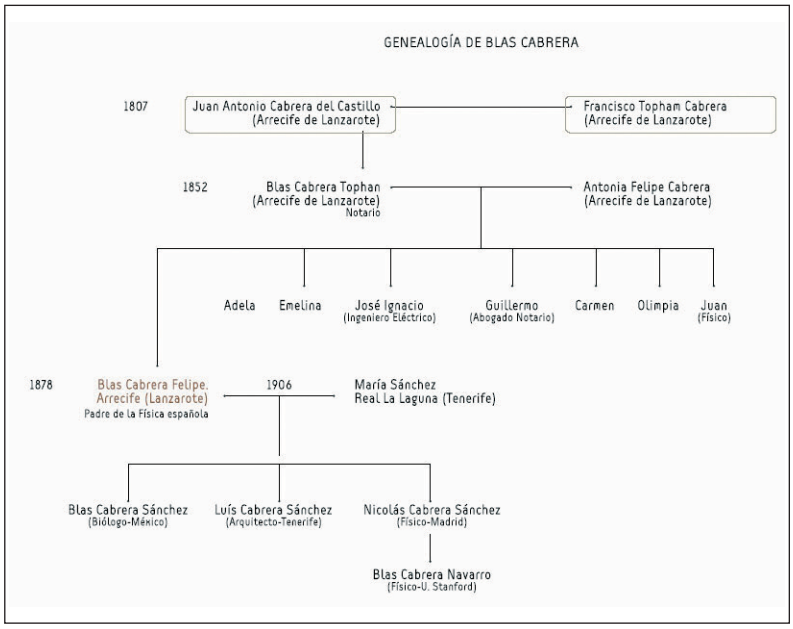
V.1. La familia Cabrera

Primera generación

Los Cabrera Felipe eran cuatro hermanos varones y tres hembras: Guillermo, Juan, Blas y José. Únicamente Guillermo siguió la tradición familiar estudiando Derecho.

José construyó la primera central nuclear de España inaugurada en 1968 que lleva su nombre y también se le conoce como de Zorita ya que está situada en el termino municipal de Almonacid de Zorita (Guadalajara) junto al río Tajo. Esta Central se cerrará definitivamente el 30 de abril de 2006.

libro de Cabrera OK 7/11/05 19:12 Página 66



Genealogía

Juan, en 1920 obtuvo la cátedra de Acústica y Óptica en la Universidad de Zaragoza y en el año 1942 pasó a la de Electricidad y Magnetismo. Un hijo de Guillermo, físico en La Laguna cuenta la siguiente anécdota (Rivero, 2000) «Mi tío Juan fue encarcelado en 1936 en San Sebastián donde pasaba el verano. Estuvo en la cárcel y lo llevaron a Zaragoza donde picó mucho y ayudó a construir la carretera que iría al aeropuerto. Cuando se inauguró la carretera, mi tío estaba de Rector y el Gobernador Civil le dijo: ¡Que magnifica obra hemos hecho! A lo que él contestó: Usted no sé pero yo si que estuve picando aquí».

Es autor de dos libros de texto muy usados: Introducción a la Física I y II: Mecánica y Termología; Electricidad y Óptica. Murió en 1978.

Su hermano Juan Cabrera

Segunda generación

Blas Cabrera Sánchez

Blas Cabrera hijo, nació en 1908 y orientó su formación fisiológica a la medicina del deporte, en lo que se había especializado con una beca en Alemania, ocupando la plaza de Profesor de Fisiología en la Escuela de Educación Física creada por Juan Negrín. Hijo de Blas Cabrera y discípulo de Negrín fue médico y Profesor auxiliar de Fisiología de la Universidad de Madrid. Durante la guerra fue secretario de Negrín y se fue exilado a México, dedicándose a trabajar en laboratorios farmacéuticos, hasta su fallecimiento en 1983.

Nicolás Cabrera Sánchez

Su hijo Nicolás Cabrera

Era el hijo más pequeño de Blas Cabrera Felipe. Nació en 1913, en Madrid. Vivió una niñez en un ambiente de científicos y artistas que visitaban la casa de sus padres. Cuando tenía 9 años gozó la visita de Einstein y Andrés Segovia.

Obtuvo la Licenciatura en Físicas en la Universidad de Madrid en 1935. Se inicia en la investigación en Física experimental en los laboratorios del Instituto de Física y Química. Extendió a las temperaturas del helio líquido, las medidas de susceptibilidad magnética de los compuestos de tierras raras que

Velayos había determinado en su tesis. Su primer artículo lo publicó con su padre y Velayos como coautores.

Se doctoró en París con Luis de Broglie y permaneció allí hasta 1952 en que marcha exiliado a los Estados Unidos y fue profesor de las Universidades de Bristol y Virginia, de la que fue a partir de 1962 Director del departamento de Física. Sus investigaciones sobre la estructura de los cristales alcanzaron resonancia internacional. En los años setenta regresó a España tras la creación de la Universidad Autónoma de Madrid para dirigir el Departamento de Física Fundamental. Es interesante resaltar que comentaba que había sido un error no construir el Instituto de Física y Química en la Ciudad Universitaria para que la docencia y la investigación se pudieran mantener como una unidad al estilo americano. Y lo más importante según Vieira (2000): «todo buen profesor tiene que ser un buen investigador aunque no todo buen investigador haya que ser buen profesor».

Por otra parte, su influencia en el desarrollo de la física mexicana fue importante, pues durante su estancia en Virginia visitaba con frecuencia tanto la Universidad Nacional como el Instituto Politécnico, donde contribuyó a formar a jóvenes investigadores, muchos de los cuales son hoy puntales de la física en México.

Tuvo tres hijos: Blas, Cristina y Carmen y murió en 1989 habiendo dedicado en los últimos años de su vida una atención especial a recuperar por y para la física española la memoria de su padre.

Su nieto Blasito Cabrera

Tercera generación

Blas Cabrera Navarro

Es el hijo mayor de Nicolás Cabrera, nació en 1946, estudió la licenciatura en física en la Universidad de Virginia y luego hizo el doctorado bajo la dirección de Fairbank, en Berkeley, obteniendo el grado de doctor en 1974. Es profesor de Física que lidera estudios de la materia oscura en EEUU.

Investiga en diversos campos: física de las bajas temperaturas desde donde persigue la partícula básica de la ciencia magnética: el monopolo magnético propuesto por Dirac en 1931 basándose en la simetría de las ecuaciones de Maxwell y buscando confirmar la Teoría de la Gran Unificación de las fuerzas de la naturaleza. También investiga sobre las partículas elementales principalmente sobre el neutrino, partícula muy interesante ya que contiene la información necesaria sobre el Sol.

La propuesta de Blas Cabrera Navarro como Doctor Honoris Causa de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria fue presentada por el Departamento de Física y aceptada por el Consejo de Gobierno y el Claustro de dicha institución en el año 2005, con motivo del año internacional de la física.

libro de Cabrera OK 7/11/05 19:12 Página 70

Placa a los creadores de Instituto Nacional de Física y Química

V.2. La Escuela de Blas Cabrera

Su condición de padre de la física moderna española se concreta y resume en torno al gran equipo que supo aglutinar y dirigir, fundamentalmente en el Instituto Nacional de Física

Julio Palacios sería el primer discípulo de D. Blas. Buscó con él la explicación de la rotación de los iones paramagnéticos ya que Cabrera había deducido experimentalmente que los momentos magnéticos de los átomos de los elementos de transición principalmente los correspondientes a las Tierras Raras se comportaban como si pudieran girar libremente. Esta libertad es el fundamento de los razonamientos que conducen a la ley de Curie.

Blas Cabrera y Julio Palacios han constituido los dos focos principales de la Física española de los dos primeros tercios del siglo XX. Con ellos y desde ellos se conoce lo que esta ciencia ha sido y pudo haber sido en la España de sus respectivos tiempos parcialmente solapados (Gónzalez Posada,1995).

Pero el discípulo predilecto de D. Blas sería Arturo Duperier. De la colaboración de ambos desde 1924 surgiría «la ecuación de Cabrera» (también conocida por ley de Cabrera - Duperier que corregía la de Curie-Weiss. Exiliado en Inglaterra durante la Guerra Civil, Duperier se consagraría durante los años cuarenta como autoridad mundial en la investigación de los rayos cósmicos.

Tras la Gran Guerra los viajes de físicos y químicos españoles como Miguel Catalán, Julio Palacios y Arturo Duperier permitieron contactar con los centros más importantes de investigación y se familiarizarán con los problemas más importantes de la física del momento y establecerán relaciones con sus investigadores. De hecho las investigaciones de Cabrera sobre el magnetismo y las de Catalán sobre espectrografía alcanzaron resonancia internacional.

El descubrimiento de los multipletes a partir de su estudio del espectro del manganeso en 1921 constituyó un paso muy importante en el desarrollo de la teoría cuántica. Se puede considerar que es la aportación más importante de toda la historia de la física española.

Igualmente, se puede decir que por primera vez había investigación de nivel internacional en España.

Julio Palacios Martínez

Como decíamos anteriormente fue el primer discípulo de Blas Cabrera. Nació en Paniza (Zaragoza), 1891 y se doctoró en Ciencias Físicas por la Universidad de Madrid.

Julio Palacios Martínez

Por consejo de su maestro se trasladó a Leiden (Holanda) dónde investigó sobre las isotermas del neón y otros gases nobles a bajas temperaturas.

A su regreso a España, se incorpora al Laboratorio de Investigaciones Físicas,

que dirigía Blas Cabrera, realizando trabajos acerca de la formación de los meniscos de mercurio y su aplicación a la corrección de la lectura de las columnas barométricas.

En 1926 ganó la cátedra de Termología en la Universidad de Madrid. Investigó acerca de las estructuras cristalinas por medio de la difracción de rayos X, trabajo que se le encomendó al inaugurarse en 1932, el Instituto Nacional de Física y Química.

Fue nombrado presidente de la Real Sociedad Española de Física y Química en 1927 y años más tarde, en 1931, fue elegido Académico de la Real Sociedad Española de Ciencias, leyendo su discurso de ingreso el 8 de abril de 1932, que versó sobre *Mecánica Cuántica*.

Ocupó la Vicepresidencia de esta Academia desde 1958 a 1966, en que fue nombrado Presidente, cargo que ocupaba cuando falleció en Madrid el 21 de febrero de 1970.

Arturo Duperier Vallesa

Arturo Duperier Vallesa

Fue el principal discípulo de Blas Cabrera. Nació el 12 de Noviembre de 1896 en Pedro Bernardo, (Ávila). Obtuvo en Madrid la licenciatura en Ciencias Físicas e ingresó en el Servicio Meteorológico Nacional en 1920. Estudió en la Universidad Complutense de Madrid hasta doctorarse en Ciencias Físico Químicas en 1924. Hizo su tesis doctoral bajo la dirección de

Blas Cabrera. Simultaneó sus trabajos de magnetoquímica en colaboración con su maestro con otros sobre termodinámica de la atmósfera, electricidad atmosférica y aerología.

En 1932, fue encargado de la Sección de Investigaciones Especiales en el Observa-torio Meteorológico de Madrid donde montó una cámara de ionización para la observación de la radiación cósmica. En 1933, ganó la plaza de Catedrático de Geofísica en la Universidad de Madrid y en 1936 es nombrado presidente de la Real Sociedad de Física y Química.

Al finalizar la guerra civil española se exilió y el Departamento de Física de la Universidad de Manchester le propone en 1939, la colaboración en un proyecto sobre el estudio de las variaciones de intensidad de los rayos cósmicos a nivel del mar en el transcurso del tiempo y estuvo allí hasta 1953 que se marcha como profesor a la Universidad de Londres y, además, de jefe del Gabinete y Observatorio de Rayos Cósmicos del Instituto Imperial de Kensington.

Su estancia en Gran Bretaña fue de gran utilidad para su trabajo, al disponer allí de todas las facilidades para la construcción e instalación de sus aparatos, y poder descubrir y poner a punto nuevas y eficaces técnicas al contar con la suficiente dotación económica para ello.

Volvió a España en 1953. Ocupó de nuevo su Cátedra de Geofísica y comenzó a impartir la asignatura de radiación cósmica en nuestro país. Dos meses después de su regreso a España, el Departamento de Investigación Científica y el Imperial College de Londres le hicieron donación de las instalaciones que, con tanto éxito, había creado en Inglaterra, aunque por diversas dificultades, sobre todo de índole burocrática, no pudo ver montadas en España.

No obstante siguió trabajando y llegó a formular una hipótesis explicativa del «efecto positivo» que anteriormente había descubierto

y que dió a conocer en el Congreso Internacional de Rayos Cósmicos celebrado en México en 1955. Igualmente, en 1958 da a conocer en el Congreso Internacional de Edimburgo su trabajo más importante: «*Nuevo método para el cálculo de los fenómenos de interacción entre las partículas dotadas de altísimas energías y de sus trayectorias*». Este trabajo, de carácter eminentemente teórico, constituía, en opinión de los asistentes, la más importante aportación a la física realizada en los últimos años. Este mismo año se le citaba como candidato para obtener el Premio Nobel.

Murió en Madrid el 10 de noviembre de 1959. Con él desapareció la personalidad científica española de mayor consideración internacional en esos momentos en los que acababa de ser elegido académico de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

Le fue concedido a título póstumo el Premio de Ciencias Juan March correspondiente a ese año.

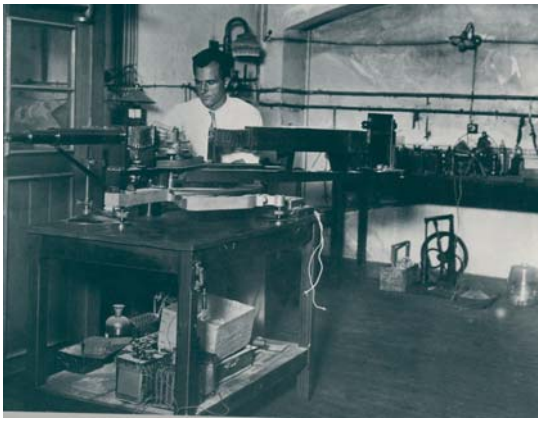
Miguel Ángel Catalán Sañudo

Nació en Zaragoza en 1894. Obtuvo la licenciatura en la Universidad de Zaragoza en Ciencias Químicas y se doctoró en Madrid en 1917.

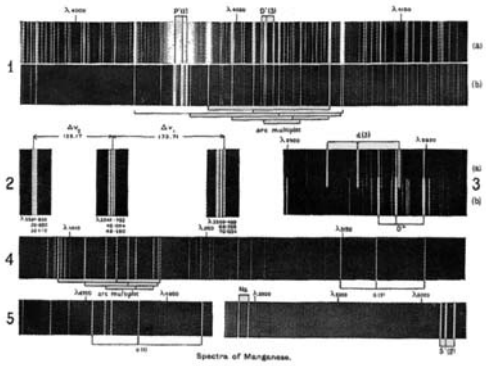
Fue iniciado en la espectroscopia por su maestro Ángel del Campo en el Laboratorio de Investigaciones Físicas de la Junta para Ampliación de Estudios, de la que ganó una beca en 1920 para estudiar astrofísica y espectroscopia en Londres con Alfred Fowler. Empezó a trabajar como investigador en el Imperial College de Londres, bajo su dirección. Observó que los espectros ópticos de los átomos complejos están constituidos por grupos de líneas entre los

libro de Cabrera OK 7/11/05 19:12 Página 75

cuales existen ciertas regularidades características. Dio el nombre de «multipletes» a estos grupos de líneas y demostró que el estudio de los mismos conduce al conocimiento de los estados de energía de los electrones atómicos.



Miguel Ángel Catalán Sañudo en el instituto Nacional de Física y Química en 1935.



Serie espectral del manganeso, donde se aprecian los multipletes electrónicos

En 1924, con una beca de la Fundación Rockefeller, marchó a Munich con Sommerfeld donde trabajó en el laboratorio del físico alemán Sommerfeld. Sus investigaciones más importantes las realizó en torno al espectro del manganeso, en el cual identificó unas líneas desplegadas en «tripletes», descubrimiento que le condujo al concepto de «multipletes» (idea totalmente nueva en la física atómica). Trabajó en la Universidad de Munich, en los de la Universidad de Princeton y los del Massachusetts Institute of Technology (MIT).

Publicó más de 70 trabajos científicos en revistas especializadas. En 1926 obtuvo el premio de la Real Academia de Ciencias y en 1930 el premio internacional Pelfort. Regresó a España al crearse por la

Fundación Rockefeller el Instituto de Física y Química, en Madrid, bajo la Dirección de Cabrera y fue nombrado jefe de la Sección de Espectroscopia desde 1930.

Desde 1934 enseñó en el Instituto de Física y Química y en la Universidad de Madrid. Fue invitado a trabajar en los laboratorios del National Bureau of Standards y estaba estudiando el espectro del hierro, en colaboración con unos físicos estadounidenses, cuando estalló la guerra civil española (1936-39), lo que junto con la postguerra apartaron a Catalán de sus investigaciones científicas en el exilio.

Tras la guerra civil, Catalán se encontró con que le estaba vedado el regreso a su cátedra en la Universidad de Madrid, aunque en realidad no se le había desposeído oficialmente de ella. Tampoco se le permitió el acceso a su Laboratorio, en el Instituto Nacional de Física y Química, por lo que no tuvo más remedio que entrar en la industria privada. Sin embargo, su prestigio científico, la recuperación de su cátedra, así como los requerimientos que se le hacían desde los Estados Unidos, terminarían favoreciendo su entrada en el Consejo, aunque no a su antiguo Instituto, denominado ahora Rocasolano, sino al Instituto de Óptica «Daza de Valdés», dirigido por José María Otero Navascués, persona bastante abierta e intelectualmente sagaz, quien en 1950 le nombró jefe del Departamento de Espectros. Se puede decir que fue entonces cuando realmente finalizó el exilio interior de Catalán.

En 1952, fue consejero de la Joint Commission for Spectroscopy, máximo organismo internacional de su especialidad, y en 1954, ingresó en la Real Academia de Ciencias de Madrid. Murió en esta ciudad en 1957.

En 1969 la Unión Internacional de Astronomía (doce años después de su fallecimiento) acordó dar el nombre de Miguel Catalán a uno de los cráteres de la Luna.

libro de Cabrera OK 7/11/05 19:12 Página 77

Enrique Moles Ormella: padre de la Química española

Enrique Moles Ormella

Hemos dejado para el final la biografía de Enrique Moles, compañero de Blas Cabrera tanto en la época de su formación en Suiza como en el desempeño de su labor científica. El trabajo inicialmente conjunto de Blas Cabrera y Enrique Moles en «La teoría de los magnetones y la magnetoquímica de los compuestos férricos», fruto de la estancia de ambos en Zurich, tiene significado de hito para la ciencia española de la primera mitad del siglo XX, que uno y otro van a simbolizar en sus respectivos campos y que los han convertido en padres de la Física y la Química española respectivamente.

Enrique Moles Ormella (Barcelona, 1883 - Madrid, 1953), centró su vida profesional en impulsar el desarrollo científico de España y acabó siendo víctima de su entorno histórico (la guerra civil española y sus consecuencias), acabando a su regreso a España después de la Guerra Civil en la cárcel, de donde lo dejaron salir al cumplir 60 años.

En los libros de texto dedicados a la enseñanza de las Ciencias suele hacerse mención de los grandes científicos que impulsaron el desarrollo de alguna disciplina. Dichos científicos son más destacados cuando son originarios del país donde se edita el libro. Sin embargo, pocos libros de texto de física o de química de nuestro país hacen referencia a españoles relevantes. Ello, no significa, obviamente, que no hayan existido importantes personalidades nacionales que obtuvieran un reconocimiento internacional por su trabajo. Quizás el químico

Enrique Moles Ormella, sea uno de los casos más significativos de nuestra historia.

La labor de Enrique Moles obtuvo el mayor reconocimiento científico de su época, pero a pesar de ello su trabajo fue inicialmente truncado y posteriormente silenciado como consecuencia de las circunstancias sociales y políticas, en las cuales se desarrolló su vida.

En su biografía se presentan distintos aspectos dignos de reseñar:

(a) Su preparación académica: Becado por la Junta de Ampliación de Estudios, obtuvo un triple doctorado: doctorado en Farmacia (Madrid, 1906), en Física (Ginebra, 1916) y en Ciencias Químicas por partida doble (Liepzig, 1928 y Madrid, 1922).

(b) Su labor docente: Catedrático de Química Inorgánica de la Universidad de Madrid introdujo una serie de innovaciones en el campo didáctico como la utilización del Sistema Periódico como elemento estructurante de su planificación didáctica, dando lugar a una exposición más racional de la Química; o el hecho de impulsar la realización de trabajos prácticos e investigaciones como elementos esenciales de formación de los estudiantes.

(c) Su labor investigadora: Jefe de la Sección del Instituto Nacional de Física y Química, llevó a cabo una intensa labor investigadora. Su trabajo científico no se reduce a sus más de 260 artículos publicados (desde 1902 hasta 1953), ni a sus innumerables conferencias impartidas por España, Europa y Latinoamérica, sino que consciente de la importancia de las sociedades científicas impulsó la creación de las mismas en toda España; a la vez, participó activamente

en la consolidación de la revista científica española «Anales». Dicha labor encontró su apogeo al organizar el IX Congreso Internacional de Química Pura y Aplicada, celebrado en Madrid en 1934, siendo él su Secretario.

Los trabajos científicos de Enrique Moles abarcan un amplio campo de la Química: estudios sobre las propiedades magnéticas de las sustancias, investigaciones sobre las características de las disoluciones y disolventes, determinación de la composición de las sustancias, etc. Pero fueron sus determinaciones y revisiones experimentales de las masas atómicas las que le proporcionaron prestigio internacional.

Hemos de resaltar que Moles aplicó métodos físico-químicos en las determinaciones de las masas atómicas y moleculares, tomando como patrón la masa atómica del oxígeno (m_O = 16,0000).

Sus determinaciones másicas fueron desarrolladas con métodos de alta precisión experimental. En esta tarea tuvo que desarrollar un amplio trabajo en la obtención y purificación de las sustancias químicas en estado gaseoso. Como muestra de la exactitud de sus resultados experimentales exponemos un cuadro comparativo de los valores de algunas masas atómicas.

ELEMENTO	MASA ATÓMICA ACEPTADA CON ANTERIORIDAD	MASA ATÓMICA DETERMINADA POR E. MOLES (1920 – 1936)	MASA ATÓMICA ACEPTADA ACTUALMENTE
H	1,00	1,0078	1,0079
F	19,02	18,998	18,998403
N	13,993	14,008	14,07
Ar	39,88	39,94	39,948

Como reconocimiento a su trabajo científico fue nombrado miembro permanente de las Comisiones Internacionales de Pesos Atómicos (llegando a ser designado secretario) y de Patrones químico-físicos.

El hecho más peculiar de la vida de Enrique Moles fue la influencia que tuvieron en su labor científica las circunstancias sociales y políticas en que vivió. Su trabajo fue marcado por las consecuencias de la guerra civil española (1936-39). Se exilió a París, donde en reconocimiento a su labor científica fue nombrado «Maitre de Recherche» por el gobierno francés. Posteriormente, en 1941, al volver «ingenuamente» a la España franquista fue encarcelado, al cruzar la frontera, por razones políticas y condenado a muerte acusado de rebeldía militar. La pena le fue conmutada a cadena perpetua; a sus 60 años, cansado y enfermo, fue liberado.

La vida de Enrique Moles constituye un claro ejemplo del científico entusiasmado en impulsar el avance científico de su país, más allá de las circunstancias adversas de su vida. Prueba de ello es que aún encarcelado publicó, en revistas extranjeras, varios artículos científicos. Una vez puesto en libertad, siguió investigando en los laboratorios farmacéuticos Ybys hasta su fallecimiento.

La labor científica de Moles fue ampliamente reconocida en los foros internacionales, como lo demuestran la gran cantidad de premios y distinciones que le fueron concedidos, mientras que en su país fueron intencionadamente ignorados y silenciados. A todos nosotros nos queda la noble tarea de recuperar su memoria, su obra y su valioso ejemplo. Tanto Moles como Cabrera se encontraban en plena efervescencia cuando Einstein viene a España en 1923, de la mano de ambos, invitado por la Real Academia Española de Ciencias. Los inicios de la investigación de las ciencias físico-químicas en España, de la que son pioneros, está ligada a sus valiosos esfuerzos.

V.3. DISTINCIONES Y CARGOS MÁS SIGNIFICATIVOS	
1910	Miembro de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid. Presidente de la Sociedad Española de Física y Química
1911	Director del Laboratorio de Investigaciones Físicas de la Junta para la Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas
1915-19	Miembro de las Academias de Ciencias de Lima y Bogotá.* Doctor Honoris causa por las Universidades de México, Buenos Aires, Estrasburgo. Miembro de las Academias de Ciencias de Lima y Bogotá
1921	Miembro del Comité Internacional de Pesas y Medidas (París)
1928	Miembro extranjero de la Academia de Ciencias de París
1929	Rector de la Universidad Central de Madrid
1930-33	Miembro del Comité Científico de las Conferencias Solvay (Bruselas)
1932	Director del Instituto Nacional de Física y Química (Edificio Rockefeller)
1933	Secretario del Comité Internacional de Pesas y Medidas París
1934	Presidente de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid. Rector de la Universidad Internacional de Verano de Santander
1936	Miembro de la Real Academia Española de la Lengua
1944	Director de la revista «Ciencia», editada por los científicos españoles del exilio

V.4. ¿CUÁL ES SU LEGADO COMO FÍSICO?

* Fue un pionero, padre de la física española con prestigio internacional, el primer físico experimental español

* Creador en España de una escuela de magnetismo, con la colaboración de Moles, Marquina, Guzmán, Piña, Duperier

* Su dilatada obra, tanto científica como de divulgación, que aún sigue vigente, se recoge en varias decenas de libros y cientos de artículos

* Creador y Director de Instituciones físicas: Sociedad Española de Física y Química (1903). Anales de la Sociedad Española de Física y Química (1903). Laboratorio de Investigaciones Físicas de la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas (1903-1931). Instituto Nacional de Física y Química (El Rockefeller) (1932-1939)

* Creador y Director de Instituciones físicas: Sociedad Española de Física y Química (1903). Anales de la Sociedad Española de Física y Química (1903). Laboratorio de Investigaciones Físicas de la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas (1903-1931). Instituto Nacional de Física y Química (El Rockefeller) (1932-1939)

* Iniciador de la presencia internacional de la Física Española: Viaje a Zurich, Académico de París, Participación en las Conferencias Solvay, Secretario del Comité Internacional de Pesas y Medidas.

* Compromiso intelectual. Expresado en su presencia activa en la realidad social, científica y cultural de su entorno tanto en España como en Europa y Sudamérica.

* Compromiso universitario: en su cátedra de electricidad y magnetismo. Participación en la construcción de la Universidad Central y sus Laboratorios de investigación. Rector de la Universidad Central y de la Universidad Internacional de Verano de Santander.

* Deja todo una escuela de discípulos: Moles, Marquina, Guzman, Piña, Duperier, Velayos.

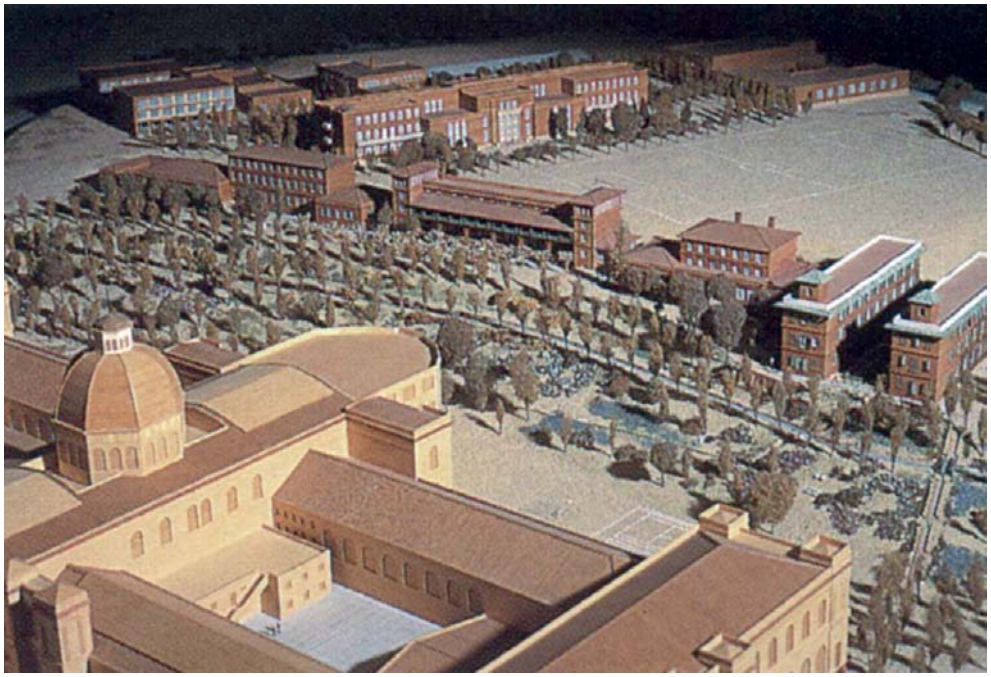
libro de Cabrera OK 7/11/05 19:12 Página 83

V.5. Blas Cabrera y Albert Einstein. Vidas paralelas

• Cabrera (1878-1945)	• Einstein (1879-1955)
•1905: - Cabrera: prestigio y reconocimiento en España - Doctor, Catedrático de la Universidad Central de Madrid - Fundador de la Sociedad Española de Física y Química y de sus Anales	• 1905: - Es un desconocido - Le publican 4 artículos revolucionarios en la Revista alemana «Anales de Física» y realiza su tesis doctoral en Zurich
• 1912: - Cabrera máxima autoridad científica en España - Modesto estudiante en Zurich • 1923: - Anfitrión de la Visita de Eistein a España • 1930: - Miembro de la sexta conferencia Solvay, propuesto por Eistein-Curie	• 1911: - Miembro del primer congreso Solvay • 1912: -Máxima autoridad en toda Europa • 1913: - Director del Instituto de Física de Berlin • 1921: - Premio Nobel de Física
• Cabrera, físico experimental • Línea de trabajo: Propiedades magnéticas de la materia	• Einstein, físico teorico • Líneas de trabajo: La naturaleza de la luz: Los fotones de Einstein • Nueva visión del Universo: La Relatividad Restringida y la General
• Se conocen en Zurich en 1912 • Están Juntos en España en 1923: Cabrera introduce la Relatividad en España y es el anfitrión de la visita de Einstein a España en 1923 • Juntos de nuevo en las VI y VII Conferencias Solvay en 1930 y 1932. • Mantienen correspondencia en diferentes épocas de sus vidas	

La Colina de Los Chopos, lugar donde se encontraba, antes de 1936, el Instituto Nacional de Física y Química, frete a la Residencia de Estudiantes y del Museo Nacional de Ciencias Naturales (Foto: Residencia de Estudiantes) ▶

SEGUNDA PARTE
Documentos ductores



INTRODUCCIÓN

Los cambios que se han producido en las últimas décadas han transformado de manera profunda a la sociedad. De hecho, ésta ha pasado de una sociedad industrial donde domina la energía a una sociedad de la información donde lo hace la mente humana que según los expertos es la fuente más poderosa del planeta.

La educación tendrá en cuenta que estamos ante un nuevo mundo en el que la base de la riqueza ya no son los recursos naturales o los activos físicos de que un país disponga sino la capacidad de generar, desarrollar y aplicar conocimientos que tengan sus ciudadanos: Saber y aprender están en íntima conexión. Es preciso aprender lo que llegamos a saber, por eso el mejor sinónimo de «sociedad del conocimiento» es «sociedad del aprendizaje o de la inteligencia» Estamos en una comunidad de aprendizaje donde se establecen relaciones inteligentes con el medio y con los grupos humanos con los que vivimos. De hecho y tal como aparece en un informe del Banco Mundial (1998), se ha introducido como nuevo criterio de riqueza el «capital humano» medido en términos de educación y formación, se reconoce que la

inteligencia cultivada de la población de un país es un recurso estratégico, (capital humano). Incluso se cuantifica esa aportación al bienestar económico y social; según ese informe el capital humano proporciona, en clave no solo de presente sino también de futuro, dos tercios de la prosperidad de una nación.

Otro rasgo de las sociedades del aprendizaje es la multiplicación de los contextos de aprendizaje y sus metas. Tenemos que aprender muchas cosas y además muchas cosas diferentes.

Igualmente, hemos de destacar que la necesidad de una formación permanente alcanza a casi todos los ámbitos laborales como nunca había ocurrido, como consecuencia de un mercado laboral más cambiante e incluso impredecible junto al cambio tecnológico que obliga al ciudadano a actualizarse constantemente. Por otra parte, el aprendizaje continúa más allá de los ámbitos educativos debido a la demanda de un estar al día en el ejercicio profesional. Igualmente, hemos llegado a una situación en la que hasta se hace preciso aprender en nuestro tiempo, teóricamente dedicado al ocio (montar a caballo, bailes de salón, etc.).

Por consiguiente, en la actual y futura sociedad de la información y del conocimiento no sólo se debe tener información sino que es necesario que los individuos estén dotados de capacidad para interpretarla y sobre todo para comprenderla. De ahí la necesidad de una formación científica.

La ciencia es útil, pero no es menos cierto que es una de las grandes construcciones teóricas del hombre. Su conocimiento va más allá que la información sobre los hechos científicos, forma al individuo, le proporciona capacidad de análisis y capacidad de búsqueda de la verdad.

Por otra parte, 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.

Y ello, no sólo para informar a los ciudadanos de los viejos saberes, sino también, y sobre todo, para hacerles partícipes de los cambios que se van produciendo ya que una sociedad más informada, es también una sociedad más libre de elegir su propio destino. Los ciudadanos deben estar en condiciones de formarse una opinión, de entender de qué va, y no puede ser que esto se deje en manos exclusivamente de los científicos o de los políticos.

En consecuencia, hemos de formar ciudadanos científicamente cultos que sean capaces de integrar nuevos conocimientos de forma autónoma porque han adquirido habilidades como la lectura y consulta a fuentes documentales así como el interés por la ciencia y lo científico. En definitiva estén capacitados para un aprendizaje a lo largo de toda la vida.

De igual forma que todos estamos obligados a saber las leyes, y para ello no es necesario estudiar una carrera de Derecho, a principios del siglo XXI se puede afirmar que nadie debería ignorar la ciencia, lo que no le obliga a licenciarse en Ciencias. Por ello, creemos que se debe desmitificar la ciencia y humanizarla. Es decir, se debe mostrar que detrás de cada investigación o descubrimiento existen además de ideas, seres humanos que las generan que viven como la mayoría de la gente. Este es el objetivo que persigue esta segunda parte: dar a conocer aspectos de la obra de estos científicos canarios y familiarizar a los

lectores con su forma de vivir y pensar así como destacar sus aspectos humanos ya que seguramente nos ayudarán a comprender mejor el desarrollo de sus vidas.

Pues bien, hemos elaborado y presentamos una serie de documentos extraídos de las publicaciones del científico o relacionadas con él que en algunos casos han sido adaptados por nosotros, en el sentido de haber seleccionado algunos trozos, bien porque el documento completo era muy largo o porque simplemente para nuestro objetivo no era necesario que se suministrara más información en aras de que ofreciera menos dificultad al ciudadano medio.

Consideramos que estos documentos pueden ser utilizados didácticamente en la enseñanza reglada, para alumnos de secundaria, bachillerato y estudiantes universitarios. Igualmente se pueden emplear en la educación no formal a través de la lectura y discusión de algunos de los documentos previamente elegidos según los objetivos a lograr y las características de los asistentes y finalmente pueden servir de entretenimiento a cualquier persona.

Hemos introducido unas «cuestiones ductoras», es decir, una serie de preguntas que guían la lectura y con ello nuestro aprendizaje. Tienen un carácter meramente orientativo y, pretenden facilitar la utilización de los diversos textos teniendo en cuenta nuestra intencionalidad didáctica pero que lógicamente no es la única posible y, por tanto, deberán variar en función de los objetivos que se persigan.

Por último, queremos destacar que la sociedad sabe de la importancia de la ciencia y de los científicos. De hecho, es significativo que el personaje que se ha considerado más representativo del siglo XX sea un científico que ha hecho mucho por la Mecánica Cuántica en sus inicios y que es el padre de la Relatividad, nos referimos a Albert

libro de Cabrera OK 7/11/05 19:12 Página 91

Einstein. Con la teoría de la Relatividad ha cambiado la visión de tiempo y espacio que presentó Kant en la Crítica de la Razón Pura y con la Mecánica Cuántica sobre todo con el principio de la indeterminación de Heisenberg, ha cambiado nuestra visión del principio de causalidad.

VI. Textos Originales de Blas Cabrera

Presentamos varios textos extraídos de diferentes publicaciones de este científico.

VI.1. ¿Cómo lo titularía?

Fragmento del discurso leído por Blas Cabrera y Felipe en el acto de su recepción académica el día 26 de enero de 1930 y titulado: Evolución de los conceptos físicos y el lenguaje, hemos trascrito las primeras frases en el cuadro siguiente:

Señores Académicos: Ni siquiera a solas con mi conciencia, libre de la barrera que el temor a los juicios de la opinión impone a los afanes de la propia exaltación, soñé jamás con llamar a vuestra puerta. Vuestra es, por tanto, la responsabilidad que encontrarme en este lugar y atiendo al llamamiento porque negarme sería muestra de soberbia injustificable. Si me considero sin méritos para colaborar en vuestras tareas, tampoco puedo permitirme discutir la designación. De sobra conocéis lo que puede convenir al éxito de esta Academia que procura el perfeccionamiento de la lengua española, enriqueciéndola como instrumento de expresión de las ideas. Puesto que me habéis llamado es que algo esperáis de mi colaboración. Contad con mi firme voluntad de corresponder a vuestra distinción con la máxima eficacia de que sea capaz. Es mi única forma de saldar mi deuda con esta casa.

Además vuestro llamamiento para suceder a D. Santiago Ramón y Cajal llena mi espíritu de intensa emoción porque a él debo cuanto soy o pueda significar en el porvenir, pues su impulso y ayuda enderezó la actividad de mi inteligencia por la senda de la investigación científica.

Cuestiones ductoras

1. Lea detenidamente el texto. Póngale un título.
2. ¿Qué características de su personalidad se ponen de manifiesto en estas palabras? Justifique su respuesta.
3. ¿Por qué afirma que debe cuanto es y su porvenir a D. Santiago Ramón y Cajal?

VI.2. Importancia del idioma

Del discurso leído por Blas Cabrera y Felipe en el acto de su recepción académica el día 26 de enero de 1930 y titulado: *Evolución de los conceptos físicos y el lenguaje* hemos entresacado estos párrafos:

Porque, Señores Académicos, la situación en los últimos años del siglo XIX y los albores del XX era tal que los amantes de las ciencias físicas nos vimos forzados a descuidar la lengua materna en términos tales que casi llegamos a desconocerla....

...Pero sin la posesión franca de las lenguas sabias en que la ciencia se hacía y divulgaba, la información indispensable para quien aspirase a colaborar en ella seriamente suponía un esfuerzo titánico y un tiempo que impedía toda posibilidad de lectura de las obras maestras de nuestra literatura. De otra parte, la versión en lengua materna de las ideas ya captadas planteaba problemas casi insolubles para quienes a la par carecíamos de conceptos suficientemente claros y de dominio del espíritu del idioma a que habíamos vuelto la espalda.

Es la lengua producto de la cultura toda de los pueblos que la hablaron, pues en ella va quedando el sedimento de la vida intelectual de las generaciones pasadas. Los diversos órdenes de ideas influyen en la medida de su intervención en la vida ordinaria. Es, por tanto, lógico que la literatura y las artes en general ocupen el primer rango por la importancia principalísima que en estos aspectos de la actividad intelectual tiene la vida interna del espíritu humano, pero sería error fundamental desconocer la contribución de las ciencias en la formación del arsenal de medios de expresión para los sentimientos e ideas elaborados por la inteligencia.

Cuestiones ductoras

1. Lee detenidamente el texto. Extrae las ideas fundamentales
2. ¿Cree que en la actualidad los alumnos dominan un idioma además del materno?
3. ¿Qué importancia tiene el lenguaje en la vida diaria y para el desarrollo de la Ciencia?

VI.3. Los átomos[1]

...Por último, conviene insistir en que el cuadro de Mendelejeff, al establecer las analogías y diferencias entre los átomos, revela una organización de la distribución de los electrones que ciertamente no es caprichosa. Sin salirnos de las noticias que nos suministran los fenómenos eléctricos, pongamos en evidencia que la condición de iones no es la normal de los átomos de la materia en general. El estado normal de equilibrio es siempre el neutro. La presencia de iones, simples o compuestos, supone fuerzas entre ellos, particularmente el grupo más importante de las llamadas valencias. La presencia de los electrones en los átomos exige, por tanto, para su neutralización la existencia de cargas positivas, la cual hasta ahora no la hemos señalado sino en el caso de los cationes atribuidos a la pérdida de electrones. El descubrimiento efectivo de su intervención como constituyente de la materia ha sido una de las obras fundamentales realizadas por Rutherford, el sucesor de J.J. Thomson, en el laboratorio Cavendish de Cambridge, Inglaterra. El método utilizado para este fin ha sido el bombardeo de los cuerpos mediante el tipo de radiaciones llamadas α de los cuerpos radiactivos, proyectiles de fantástica energía que lanzan principalmente algunos de los átomos de gran masa descubiertos por los esposos Curie, y a cuyo conocimiento contribuyeron activamente Rutherford y sus discípulos. Tales proyectiles están electrizados positivamente y al penetrar de modo violento en los átomos descubren en las profundidades de éstos un núcleo que les desvía de su trayecto rectilíneo, precisamente porque estos están también electrizados de modo positivo y repelen a las partículas α Así se ha encontrado el lugar donde se oculta esta carga. Precisamente las propias partículas α no

[1] Este texto es un fragmento (párrafo IV pp. 83-84) seleccionado por nosotros del artículo publicado por Blas Cabrera en 1943. Por motivos didácticos dada la utilización que pretendemos dar al mismo lo hemos titulado "Los átomos". CABRERA, B. (1943) "Cincuenta años en la evolución del concepto de materia". *Cuadernos Americanos*, 2, nº5, 73-93. México.

son otra cosa que núcleos de He desprovistos de sus dos electrones, que le acompañan en el estado neutro según indica el cuadro de Mendelejeff. Esto nos fuerza a pensar que, al menos los átomos más pesados, contienen en su seno dichos núcleos de He ya formados y aun se ha probado que están formando parte de los propios núcleos, denunciando que esta nueva región de los átomos posee una organización muy compleja. A su conocimiento se ha llegado por el método del bombardeo ya indicado. Las quebraduras violentas de su trayectoria son la consecuencia de que en ellos se encierra la casi totalidad de la masa de cada átomo, y también denuncia que precisamente por ser una carga positiva numéricamente igual que la que poseen los Z electrones que hemos dicho forman parte del átomo que ocupa el lugar Z en el cuadro de Mendelejeff. Según éste, puede ya darse una primera descripción de los átomos distribuyendo en ellos un núcleo que contiene casi toda la masa del átomo y toda su carga positiva. Todo ello concentrado en un volumen muy pequeño que, para los átomos más masivos, apenas alcanza un diezmilésimo del tamaño total del átomo. En el resto de él, que llamaremos zona cortical, sólo existen los Z electrones de los que ya hemos hablado, donde caben holgadamente puesto que cada uno, según hemos visto poco más arriba, tiene apenas del orden de un 100 milésimo del átomo completo y, por tanto, ocupan igual que una mosca en un salón de algunos centenares de metros cúbicos de cabida.

Cuestiones ductoras

1. Haga un resumen del texto señalando las ideas principales.
2. ¿Qué es el cuadro de Mendelejeff? ¿Existen otros similares? Haga un estudio sobre ello consultando la bibliografía a su alcance.
3. Defina ión y ponga varios ejemplos.
4. ¿Qué son las partículas α?
5. ¿Cómo se entendía en la época de Blas Cabrera lo que era un átomo? ¿Existen diferencias con las creencias actuales? Explíquelo detalladamente.

6. Elabore una pequeña biografía de Blas Cabrera, señalando sus principales aportaciones a la Ciencia, las instituciones más importantes en las que participó así como los aspectos más relevantes de la sociedad de su época.
7. 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.

VI.4. Átomos y moléculas[2]

...Otra circunstancia interesante que conviene analizar cuando se estudia la noción de materia y su evolución, es la suerte que corrió el viejo problema del atomismo o continuidad, que dividió profundamente a los filósofos del mundo griego. Los átomos de Anaxágoras, Demócrito y Lucipo significan la imposibilidad de la división indefinida de la materia, y en vez de ella la seguridad de que existe un límite inferior para el tamaño posible de las partículas separables de un cuerpo, con la condición de mostrar identidad de naturaleza con el cuerpo primitivo. Cuando la naturaleza de estas hipotéticas partículas que limitan la división es idéntica para todas se las llama hoy moléculas. La división de ellas es aún posible formando los átomos, y pueden ser idénticas o heterogéneas. En el primer supuesto el cuerpo se dice simple y en el segundo compuesto. El número de cuerpos simples es pequeño, no llegan a un centenar los átomos que se han podido obtener, mientras que el de moléculas compuestas con ellos es prácticamente indefinido.

Cuestiones ductoras

Después de leer detenidamente este fragmento de un artículo de Blas Cabrera, intente contestar las siguientes cuestiones:

1. Enuncie brevemente cada una de las teorías atómicas que se han dado a lo largo de la historia

[2] CABRERA, B. (1943) Cincuenta años en la concepción del concepto de materia. *Cuadernos Americanos*, 2, nº 5, 74-93. Mexico

2. ¿Cómo define Cabrera los cuerpos simples y los compuestos? Explíquelo con claridad.
3. Defina: átomo, molécula, elemento, compuesto.
4. ¿Quién fue Blas Cabrera? Haga una pequeña biografía del mismo.
5. ¿Qué otros científicos españoles o extranjeros fueron contemporáneos de él?

VI.5. La concepción de la materia y los fenómenos nucleares[3]

...La concepción de la materia necesita en razón de los fenómenos nucleares nuevos cambios. En primer lugar, los átomos pierden su carácter de sistemas perfectamente definidos e inmutables a que nos habían habituado, primero el fracaso práctico de los alquimistas y algunas de las ideas mejor fundadas que se reflejan en la química del cuadro periódico de Mendelejeff. En primer lugar el descubrimiento de la radiactividad que advino en los últimos días del pasado siglo, nos puso enfrente de una transmutabilidad natural de la materia, que permite a los átomos recorrer complicados caminos desde los lugares más elevados del referido cuadro correspondiente a Z= 92 ó 90 al más bajo Z= 82 que ocupa el Pb. Además, esta radioactividad denuncia claramente que cada uno de los lugares del cuadro de Mendelejeff aloja átomos heterogéneos, aunque todas las propiedades explicables por la organización electrónica cortical, son idénticas o muestran diferencias las más de las veces casi imperceptibles, mientras aquellas otras que transcienden de los núcleos son absolutamente inconfundibles. Estos átomos alojados en la misma casilla se llaman, en atención a estas circunstancias isótopos y hoy se reconoce su existencia a lo largo de toda la serie de los cuerpos simples, llegando en cada casilla a veces a no menos de 11 átomos diferentes, los que allí encuentran alojamiento probablemente como residuos estables de familias radioactivas ya desaparecidas por la escasa vida de sus miembros, o también por casos de transmutabilidad accidental, que abundantemente conocemos para casi todos los valores de Z y nada impide pensar que en lugares particularmente activos del Universo ocurran de un modo espontáneo.

[3] Este texto es un fragmento (párrafo IV pp. 83-84) seleccionado por nosotros del artículo publicado por Blas Cabrera en 1943. Por motivos didácticos dada la utilización que pretendemos dar al mismo lo hemos titulado "Los átomos". CABRERA, B. (1943) "Cincuenta años en la evolución del concepto de materia". *Cuadernos Americanos*, 2, nº5, 73-93. México.

En particular, estos fenómenos nucleares han planteado un problema de los más seductores para la ciencia, cual es el de la evolución genealógica de la materia. La espectrografía estelar nos había probado que la materia que integra las estrellas es idéntica a la nuestra aunque con ella no hemos tenido otra relación que las noticias que podemos deducir de la luz que nos remite y que a veces nos llega con un retardo de varios millones de años, no obstante la enorme celeridad del mensajero. Así, la materia es la misma de que disponemos en nuestros laboratorios; no sólo con la misma naturaleza de los átomos, sino toscamente en razón de la proporción en que cada uno se encuentra, circunstancia que es rigurosamente exacta, de lo cual hemos de deducir la homogeneidad de la naturaleza de los materiales primarios que lo constituyen y la uniformidad de las leyes que rigen sus acciones mutuas, y así podemos afirmar que nuestra inteligencia, trabajando en un mísero rincón de nuestro laboratorio, puede obtener una noción clara e irrefutable de lo que puede ocurrir en cualquier lugar y momento de un universo que en el tiempo y en el espacio se extienden sin límites concebibles.

Cuestiones ductoras

1. Haga un resumen del texto resaltando las principales ideas.
2. Nombre los elementos radiactivos que conozca. Compruebe en la bibliografía si ha enumerado todos los que actualmente existen.
3. ¿Qué es el Sistema periódico de los elementos?
4. ¿Qué son isótopos?
5. ¿Qué representa Z? Explíquelo detalladamente.
6. ¿Cómo es la materia que forma las estrellas? ¿Puede deducirse o comprobarse experimentalmente?
7. Elabore una pequeña bibliografía de Blas Cabrera. Nombre algunos científicos contemporáneos suyos. ¿Mantuvo relación con alguno de ellos?
8. ¿Cómo era la sociedad en la época en que vivió este científico? Señale las principales interacciones entre la Ciencia y la Sociedad en que vivió Blas Cabrera.

VI.6. Las partículas atómicas[4]

...La dificultad de interpretar los neutrones por combinación del protón con el electrón, ha sugerido también el considerarles como partículas elementales y al protón como un complejo constituido por la combinación del neutrón con una nueva partícula positiva de masa igual al electrón. Esta nueva partícula se ha llamado positrón, es uno de los descubrimientos recientes de mayor interés para la teoría de la materia. A primera vista ofrece la ventaja de suprimir la disimetría entre las dos unidades de carga positiva y negativa, pero tal ventaja no resiste a un análisis más atento, porque una de las características del positrón es su vida efímera, que contrasta con la persistencia al parecer indefinida del electrón.

Otros fenómenos interesantes aparecen ligados a la existencia del nuevo tipo de partículas positivas, siquiera lo reciente del descubrimiento disminuya las garantías de exactitud de nuestro saber. Citemos en primer término la posibilidad de nacimiento simultáneo de un positrón y un electrón, con la pérdida de una cantidad equivalente de energía radiante. En segundo lugar, la recombinación de ambos elementos acompañada por la emisión de su energía en forma de luz. Aún debemos agregar el descubrimiento recientísimo hecho por los esposos Joliot, de un nuevo tipo de radiactividad provocado por los rayos alfa. Por ejemplo, la acción sobre el aluminio determina la reacción:

$$^{27}_{13}Al + ^{4}_{2}\alpha \rightarrow ^{30}_{15}P + ^{1}_{0}n$$

Produciéndose simultáneamente la emisión de positrones e+ que persisten algún tiempo después de cesar la acción de los rayos. El origen de estos positrones es la transformación espontánea siguiente:

$$^{30}_{15}P \rightarrow ^{30}_{14}Si + ^{0}_{1}e^{+} + \nu$$

Con una vida media del ^{30}P que alcanza varios minutos.

Es notoria la importancia de los fenómenos citados para el conocimiento de la evolución de la materia, sobre todo el primero citado, que significa una verdadera revolución.

[4] Este texto forma parte de un artículo publicado por Blas Cabrera en 1934. Lo hemos seleccionado y por motivos didácticos y teniendo en cuenta el uso que vamos a darle lo hemos titulado "Las partículas elementales".CABRERA, B. (1934) "Ideas actuales sobre la materia" *Las Ciencias*, 1, 271-279.

Cuestiones ductoras

1. ¿Qué tipo de partículas se considera actualmente que constituyen el núcleo atómico? Nómbrelas y describa las características de cada una de ellas.
2. ¿Qué son los quarks?
3. ¿Qué influencia ha tenido en la Ciencia, la Técnica y la Sociedad el descubrimiento de las partículas nucleares?
4. ¿Quiénes eran los esposos Joliot? Infórmese de sus biografías, sus descubrimientos y de la importancia de los mismos para la Ciencia, y sus implicaciones en la Sociedad.

VI.7. Propiedades magnéticas de la materia[5]

Constituida la zona cortical del átomo por electrones que describen órbitas más o menos complicadas, es inevitable que estos muestren de modo muy principal reacciones con los campos magnéticos externos. La base empírica la han dado los experimentos clásicos de Faraday, sobre la relación de interdependencia de los campos eléctrico y magnético. Corolario de estos experimentos es la identificación de las corrientes eléctricas con el movimiento de traslación de los electrones, y el campo magnético que estos producen resulta como un efecto del barrido del espacio por la cabellera de campo eléctrico que los electrones llevan tras de sí, relación que las referidas ecuaciones de Maxwell definen cuantitativamente, y múltiples experimentos han ido confirmando para justificación de la teoría del átomo que vamos bosquejando.

En particular, nos interesa ahora hacer resaltar un teorema que Langevin obtuvo el primero, pero más conocido como teorema de Larmor, quien lo obtuvo más tarde independientemente y que, sin duda, puso en realce su generalidad e importancia; teorema según el cual los procesos que se producen en un sistema de cargas eléctricas cuando se le coloca en un campo magnético equivalen a la superposición de un giro alrededor del campo de determinada velocidad angular. Una primera consecuencia es a que a cada línea espectral de un átomo corresponderá el triplete normal de Zeeman.

[5]Tomado de *El atomismo y su evolución,* de Blas cabrera (1942).

Cuestiones ductoras

1. Explique en qué se basan las propiedades magnéticas de la materia y en particular por qué los electrones reaccionan con los campos magnéticos externos.
2. Indique cuáles son los experimentos de Faraday que indican la relación de interdependencia de los campos eléctrico y magnético.
3. Busque información y explique en qué consiste el efecto Zeeman.

VI.8. Principios de Relatividad [6]

…La Teoría de la Relatividad supone una revolución profunda de nuestra concepción del Universo.

La Finalidad que he perseguido en la publicación de este libro, es llevar al ánimo de mis lectores de que las alteraciones impuestas por el principio de relatividad en los conceptos fundamentales de la Filosofía Natural están impuestas por la observación y la experiencia, y viene a depurar nuestro conocimiento positivo de ciertos postulados que subrepticiamente se introdujeron en él.

Basta pasar rápida revista a la historia de las teorías que hoy consideramos indiscutibles para caer en la cuenta de que no parecieron tan evidentes a los contemporáneos de su nacimiento. La propia interpretación dada por Newton a los fenómenos gravitatorios, que consideran incuestionable los defensores de la Ciencia clásica, fue en los días del sabio inglés motivo de no pocas discusiones.

Lo más esencial de la teoría de la Relatividad se encuentra suficientemente consolidado por la lógica acabada de su construcción y porque ha permitido la interpretación de varios hechos de experiencia que escapaban a las teorías clásicas, sin perder una sola de las conquistas que ellas lograron.

Los que no aceptan los principios de la Relatividad deben acudir a la imposición de los hechos que por su compatibilidad con una sola de las teorías contrapuestas sirven de *experimentum crucis* para resolver entre ellas.

Este papel lo llenan las tres consecuencias comprobables por la observación que Einstein ha deducido de su teoría, por no referirnos más que a la

[6] Tomado de *Principio de Relatividad,* de Blas Cabrera. Residencia de Estudiantes (1923)

Ciencia del principio generalizado en que hoy se concentra toda la oposición, pues el restringido que halló al nacer análogas dificultades, ha tiempo que ha conquistado el asentimiento general. El movimiento del perihelio de la órbita de Mercurio, la desviación de la luz en su paso por las proximidades del Sol y el corrimiento hacia el rojo de las rayas espectrales que proceden de los cuerpos incandescentes situados en campos gravitatorios más intensos que el de la superficie de nuestro planeta, son fenómenos previstos cuantitativamente por Einstein y confirmados por la observación anterior o posterior a ella, sin que tales resultados hayan intervenido en ningún momento de su desarrollo para fijar constantes indeterminadas que figurasen en sus ecuaciones, circunstancia en todo tiempo considerada como argumento de máximo valor en pro de una teoría científica.

Cuestiones ductoras

1. Realice un resumen del texto señalando sus ideas principales.
2. Analice si pueden o deben existir teorías científicas incuestionables
4. Resuma e indique brevemente las diferencias entre la teoría de la relatividad restringida y la Generalizada.
5. Qué consecuencias comprobables por la observación experimental señala Einstein como prueba de la teoría de la relatividad general. Explique cada una de las observaciones.
6. Indique sobre qué año conoce Blas Cabrera la teoría de la relatividad general y la restringida y cuáles son los años de los textos y las publicaciones en que la divulga en España.

VII. Los consejos Solvay

Dada la importancia que para el desarrollo de la ciencia tuvieron estas reuniones de los más eminentes físicos de la época hemos creído conveniente ampliar los datos aportados en la biografía en la que por razón de brevedad y claridad aparecen extractados

VII.1. Los Consejos Solvay y la Física Moderna (I)

Ernest Solvay (1838 - 1922), fue un Industrial y químico Belga.No recibió educación universitaria formal, pues trabajó desde muy joven en la empresa química de su padre.

Fue un hombre tenaz y perseverante que consiguió un gran éxito industrial al desarrollar un nuevo procedimiento de fabricación del carbonato sódico por el proceso al amoníaco (1861). Hoy este procedimiento es conocido como «procedimiento Solvay».

El proceso Solvay que sustituyó al método Leblanc, consiste en tratar una solución de cloruro de sodio con amoniaco y con dióxido de carbono en una torre de carbonatación, dando lugar a bicarbonato de sodio y a cloruro de amonio que se separan. Al calentar el bicarbona-

to se obtiene el carbonato de sodio (el producto deseado). El cloruro amónico se trata con caliza, dando cloruro cálcico y regenerando el amoniaco, que vuelve a utilizarse.

En el metodo Leblanc, que se utilizó, casi un siglo antes, el carbonato de sodio se obtenía, tratando sal común con ácido sulfúrico. A continuación el sulfato de sodio obtenido se trata con caliza y carbón vegetal, obteniéndose ceniza negra (mezcla de carbonato de sodio y sulfuro cálcico) de la que se extrae el primero disolviéndolo en agua.

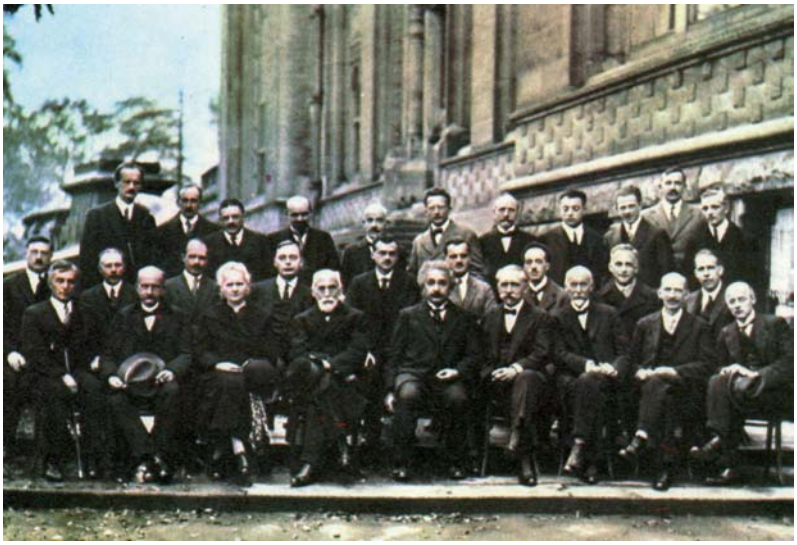
En 1863, Ernest Solvay, junto con su hermano Alfred fundó la Sociedad Solvay. La empresa se expandió rápidamente, de forma que al inicio de la I guerra Mundial, en 1914, Solvay ya estaba presente en trece países. Su presencia en España data de 1903.

A causa de una enfermedad de juventud Ernest Solvay tuvo que renunciar a los estudios. Sin embargo, este hecho no le impidió que a lo largo de toda su vida, estudiara e investigara constantemente de forma totalmente autodidacta. Era un hombre apasionado por los temas científicos. Una de sus frases más celebres dice así: «Amo a la Ciencia y espero de ella el progreso de la humanidad».

Esta convicción y su gran intuición de futuro le convirtieron en un mecenas de la Ciencia al promocionar los famosos Consejos de Física y Química Solvay. También fundó los institutos especializados en Bruselas, dedicados a la Fisiología (1893) y a la Sociología (1901), lo que pone de manifiesto que sus intereses iban más allá de lo puramente industrial.

Las conferencias Solvay que organizó ayudaron a avanzar a la Física atómica y a la Mecánica Cuántica.

La categoría y excelencia de estos Consejos se hace evidente si pensamos por ejemplo que en el primer Consejo Solvay de Física de 1911, Ernest Solvay consiguió reunir once premios Nobel.



V Consejo Solvay de 1927.

A partir de 1911, Ernest Solvay, reunió en Bruselas, cada tres años a los físicos más prestigiosos de la primera mitad de este siglo: Einstein, Marie Curie, Bohr, Rutherford, Planck, Blas Cabrera, Heisemberg, De Broglie, Fermi, Dirac, Oppenheimer, etc .

Estos encuentros jugaron un papel muy importante en la explicación de los conceptos de la física cuántica, en aquellos momentos a punto de nacer. Se puede decir que la fisonomía de la física moderna fue en parte modelada por estos Consejos, en particular los de 1911 (el I Consejo Solvay, con el tema: «La teoría de la Radiación y de los Cuantos») y el de 1927 (El V Consejo Solvay, bajo el título: «Electrones y Fotones»). En ellos se tratan los conceptos de la física cuántica, las partículas subatómicas, la física nuclear, que fueron algunos de los temas que encontraron uno de sus primeros foros de debate internacional. El comité científico estaba compuesto por 9 de las personalida-

des más destacadas de la Física elegidas cada 3 años para dirigir las actividades y la temática a seguir.

En 1928, es elegido para formar parte del Comité Científico de los Consejos Solvay el físico canario Blas Cabrera Felipe, su candidatura fue propuesta por Marie Curie y Albert Einstein, para participar el VI consejo Solvay del año 1930, en el que se trató de magnetismo, bajo el título de «Las propiedades magnéticas de la materia». En 1933, participó en el VII Consejo Solvay que se reúne en torno al tema «Estructura y propiedades del núcleo atómico». Prepara el VIII Congreso Solvay, con el título: «Partículas elementales y sus interacciones» que no se celebró ni en 1936, por enfermedad de Paul Langevin, su presidente, ni en 1939, a consecuencia de la 2ª Guerra Mundial. Se reanuda en 1948.

Cuestiones ductoras

1. Indica las razones que le llevaron a Solvay a promover las Conferencias que llevan su nombre.
2. Busca información y realiza un informe sobre una de las siete primeras Conferencias Solvay, indicando los científicos que participaron, los temas que se trataron y las principales conclusiones así como la importancia de las mismas para el desarrollo de la Física.
3. Indica en qué conferencias Solvay participo Blas Cabrera, quienes propusieron su participación, indicando los principales temas que se abordaron y su principal aportación a las mismas.

libro de Cabrera OK 7/11/05 19:12 Página 109

VII.2. Los Consejos Solvay y la Física Moderna (2)

En 1863, Ernest Solvay, junto con su hermano Alfred fundó la Sociedad Solvay. La empresa se expandió rápidamente, de forma que al inicio de la I guerra Mundial, en 1914, Solvay ya estaba presente en trece países. Su presencia en España data de 1903.

A partir de 1911, Ernest Solvay, un industrial autodidacta apasionado por la ciencia, reunió en Bruselas, cada tres años a los físicos más prestigiosos de la primera mitad de este siglo: Las conferencias Solvay que organizó ayudaron a avanzar a la Física atómica y a la mecánica cuántica.

I Consejo Solvay en 1911	
Tema del Consejo y principales debates	**Comité científico y otros Asistentes**
«La teoría de la radiación y de los cuanta»	Solvay, Nernst, Lorentz, Warburg, Perrin, Madame Curie, Poincaré, Planck, Goldschmidt, Rubens, Sommerfeld, Lindemann, De Broglie, Knudsen, Kamerlingh, Hasenohol, Hostelet, Herzen, Jeans, Brillouin, Weil, Rutherford, Onnes, Einstein, Langevin.

COMITÉS CIENTÍFICOS SOLVAY EN LA EPOCA DE BLAS CABRERA		
V CONFERENCIA SOLVAY 1927 «Electrones y fotones»	VI CONFERENCIA SOLVAY 1930 «Las propiedades magnéticas de la materia»	VII CONFERENCIA SOLVAY 1933 «Estructura y propiedades de los núcleos atómicos»
H.A. Lorentz (Presidente)	Langevin (presidente)	P. Langevin
W.H. Bragg	Madame M. Curie	N. Bohr
Madame M. Curie	N. Bohr	**B. Cabrera**
A. Einstein	O. Knudsen	Th de Donder
C.E. Guye	**B. Cabrera**	**A. Einstein**
M. Knudsen	Th de Donder	C.E. Guye
P.Langevin	**A. Einstein**	A. Joffe
O.W. Richardson	C.E. Guye	O.W. Richardson
E. Van Aubel	O.W. Richardson	

libro de Cabrera OK 7/11/05 19:12 Página 111

VI Consejo Solvay en 1930	
Tema del Consejo y principales debates	**Comité científico y otros Asistentes**
«Las propiedades magnéticas de la materia» • Interesantes aportaciones de Cabrera sobre el análisis de los resultados experimentales de los momentos magnéticos de los átomos de las distintas series de transición.	**Comité científico:** P. Langevin (presidente) y Madame M. Curie (París), N. Bohr y M. Knudsen (Copenhagen), **B. Cabrera** (Madrid), Th de Donder (Bruselas), A. Einstein (Berlín), C.E. Guye (Ginebra), O.W. Richardson (Londres). **Otros invitados:** *Alemania:* A. Einstein, A. Sommerfeld, W. Heisemberg, P. Debye, W. Gerlach, O. Stern. *Gran Bretaña:* O.W. Richardson., C.G. Darwin, P.A.M. Dirac, P. Kapitza. *Francia:* P. Langevin, Madame M. Curie, A. Cotton, P. Weiss. *Holanda:* W.J. de Haas, H.A. Kramers, P. Zeeman. *Dinamarca:* N. Bohr y M. Knudsen. *Suiza:* W. Pauli., A. Piccard. *Bélgica:* Th. de Donder *España:* **B. Cabrera** *EE.UU.:* J.H. Van Vleck *Italia:* E. Fermi. *URSS:* J. Dorfman

libro de Cabrera OK 7/11/05 19:12 Página 112

VII Consejo Solvay en 1933	
Tema del Consejo y debates	**Comité científico y otros Asistentes**
«Estructura y propiedades de los núcleos atómicos»	**Comité científico:** P. Langevin (presidente), N. Bohr, **B. Cabrera**, Th de Donder, A. Einstein, C.E. Guye, A. Joffé, O.W. Richardson . **Otros invitados:** Schrödinger, Madame M. Curie, Madame I. Joliot Curie, Fréderic Joliot, M. de Broglie, L. de Broglie, Madame Lise Meitner, Chadwick, Henriot, Perrin, Heisemberg, Kramers, Walton, Mott, Stahel, Fermi, Dirac, Gamow, Pauli, Piccard, Lawrence, Rosenfeld, Croft, Peierls, Ellis, Cock, Herzen, Cosyns, Verschaffelt, Bauer, Errera, Blackett, Rosenblum.

Cuestiones ductoras

1. Busque información y realiza un informe sobre las Conferencias Solvay, indicando la importancia de las mismas para el desarrollo de la Física.
2. Indique en qué conferencias Solvay participó Blas Cabrera. Señala los principales temas que se abordaron en las mismas.

VII.3. Las mujeres científicas en la Conferencia Solvay de 1933: Marie Curie, Irene Curie y Lisa Meitner

En el Consejo Solvay celebrado en 1933 se abandona la discusión sobre la mecánica cuántica y se pasan a discutir los nuevos experimentos de física nuclear. El tema es la estructura del núcleo Irene Curie y F. Joliot, su marido presentan algunos resultados que les conducirán al descubrimiento de la radiactividad artificial. También en esta reunión Pauli propone formalmente el concepto de neutrino que no se descubrirá experimentalmente hasta veinticinco años después. Esta reunión podemos calificarla de excepcional: primero porque se presentan una serie de descubrimientos cruciales en el desarrollo de la Física; segundo porque de los cuarenta participantes un total de deicinueve eran Premios Nobel o estaban a punto de serlo y tercero porque tres de estos sabios eran mujeres: Maria Curie, Irene Curie y Lise Meitner. Entre los varones destacamos a Langevin (Presidente), Bohr, Cabrera, Debye, de Donder, Einstein, Guye, Richardson.

Las mujeres fueron desde la antigüedad, las organizadoras de los salones científicos: seleccionaban los temas de discusión y actuaban como moderadores de los debates, lo que presupone un nivel de lectura y de formación propios de la época. No podían promocionarse ya que no podían ser miembros de pleno derecho de las Academias científicas ni tenían permitido el acceso a la Universidad y por contra, colaboraban en la promoción de los jóvenes talentos que sí podían acceder a la misma. Durante mucho tiempo fue así. Es significativo el sondeo de opinión que se lleva a cabo en Alemania a principios del siglo XX, entre profesores universitarios, como consulta sobre el acceso de la mujer a

libro de Cabrera OK 7/11/05 19:12 Página 114

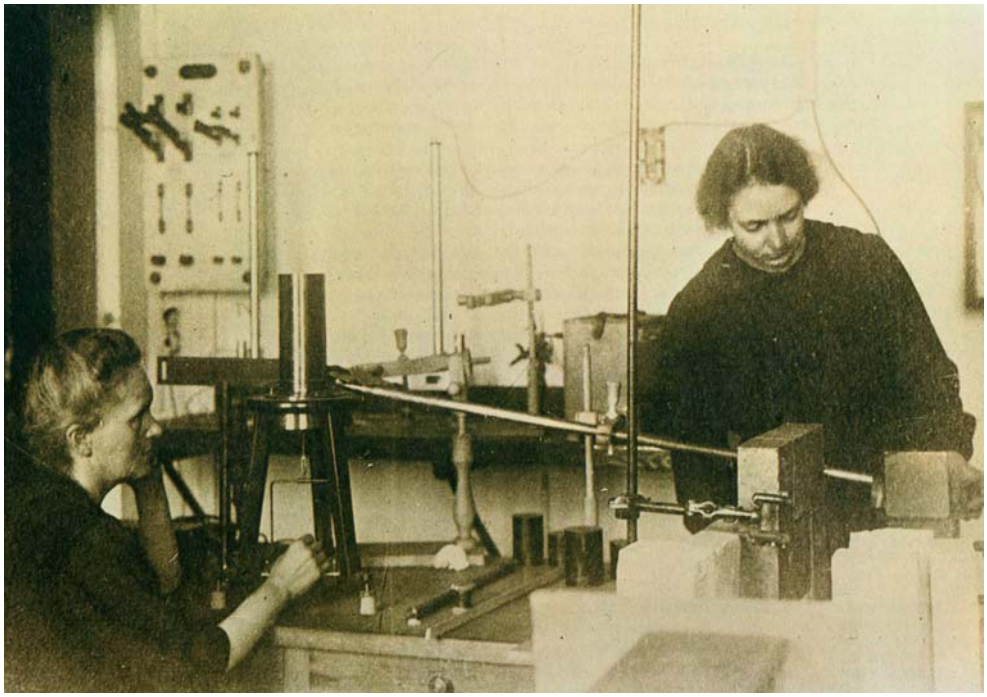
estudios superiores. Según Marco (1983) de entre las 104 respuestas entresacó algunas ideas expuestas por Max Planck...» Si una mujer tiene un talento especial para los cometidos de la física teórica – lo cual no sucede frecuentemente – no pienso que sea correcto impedirle la oportunidad y los medios por razones de principios... si todo es compatible con el orden académico. En general, no puede dejar de contemplarse lo que la naturaleza en si misma 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».

El día 7 de noviembre debería estar marcado en todos los calendarios de las mujeres que aspiran a ser científicas ya que en el de 1867 nació Marie Sklodowska Curie, y en el del año 1878 lo hacía en Viena otra ilustre científica: LiseMeitner. Años más tarde, en 1897 y en París vendría al mundo Irene Curíe, hija de Marie el día 12 de septiembre.

VII Conferencia Solvay de 1933.

Cuestiones ductoras

1. Haga un resumen sobre los Consejos Solvay: cómo se crean, cuáles eran sus objetivos; cuántos se celebraron y en cuántos intervino Blas Cabrera.
2. Encuentre semejanzas entre las tres científicas citadas.
3. ¿Cree que hoy ha cambiado la situación de la mujer en el campo de la investigación científica? Documéntese y haga un análisis.



Marie e Irene Curie en su laboratorio de París en 1922. (Foto de, Historia de la Ciencia de Felipe Cid, 1979. Editorial Planeta).

VIII. MAGNETISMO

Ya que Blas Cabrera se distinguió por sus estudios sobre las propiedades magnéticas de la materia hemos creido conveniente presentar algunos textos que permitan al estudioso profundizar en este tema.

VIII.1. Historia del Magnetismo

La historia del magnetismo ha desempeñado un papel esencial en la evolución de nuestras ideas acerca de la materia. El estudio del magnetismo nace con la observación de la atracción de un mineral de hierro, la magnetita o piedra imán. Esta ciencia es mencionada por primera vez en escritos griegos alrededor de 800 años a de C. El descubrimiento, según Plinio el Viejo, se refiere a una bonita leyenda del poeta Nicandro (siglo segundo a. C.) en la que se dice que el pastor llamado Magnes, mientras vigilaba su ganado, observó asombrado que su hierro era atraído y quedaba suspendido de una roca o piedra cercana que se denominó «piedra de Magnes». Conocida desde tiempos remotos mencionada ya en los antiguos libros hindúes «Vedas» con el «chumbuk» o piedra que besa.

La propiedad de orientación de un imán, según la cual tiende a orientarse aproximadamente en la dirección norte-sur, no fue conocida en la antigüedad clásica. Los chinos hacia el siglo XIII habían descubierto como proceder para imanar trocitos de hierro, construyendo brújulas para la navegación.

La ciencia del Magnetismo parece que no fue sometida a un escrutinio científico riguroso hasta 1269 cuando el monje Pedro de **Maricourt**, o Pedro el Ermitaño escribió un tratado «De Mágnet», acerca de la brújula con pivotes y de sus investigaciones sobre los polos del imán. Durante el largo período en el cual la ciencia era ignorada por Europa y mantenida viva por los árabes, el único nombre que aparece relacionado con el Magnetismo hasta el Renacimiento fue el de Maricourt que, con gran pericia experimental y su talento matemático, pudo definir 200 años antes de Gilbert los polos magnéticos y descubrió las leyes cualitativas de las atracciones y repulsiones magnéticas. En efecto, se le hizo evidente que todo imán, por pequeño que fuese, tenía un par de polos propios, denominándolos «polo norte» y «polo sur».

En 1785 **Charles de Coulomb** concluyó que esto debía ser cierto para todo imán a pesar del tamaño. Durante los siglos que siguieron, mientras que refinaban sus pocos conocimientos acerca del Magnetismo por carecer de órganos de percepción directa, siendo su estudio posible sólo por sus efectos indirectos, se empezó a investigar la naturaleza de la Electricidad.

Hacia el siglo XIX ya se había logrado aclarar que los fenómenos de la Electricidad y el Magnetismo estaban íntimamente relacionados. En 1820 **Oersted** demostró que una corriente eléctrica producía un campo magnético. En 1831 **Faraday** demostró que lo opuesto tam-

bién es cierto: un campo magnético variable creaba un campo eléctrico. El Electromagnetismo quedó casi totalmente elaborado en 1873 a partir de las 4 ecuaciones de **Maxwell**, que establecieron que los papeles desempeñados por los campos eléctricos y magnéticos eran intercambiables. A principios del siglo XX la máxima autoridad en Magnetismo era **Weiss**, que aportó la base del conocimiento de la composición de la materia desde el punto de vista del campo magnético. Durante años tres famosas escuelas, la de Weiss en Estrasburgo, **Cabrera** en Madrid y la de Honda en Tokyo, realizaron la ingente labor de comprobar experimentalmente los resultados teóricos, medir los momentos magnéticos elementales y precisar, en general, nuestro conocimiento de los fenómenos magnéticos.

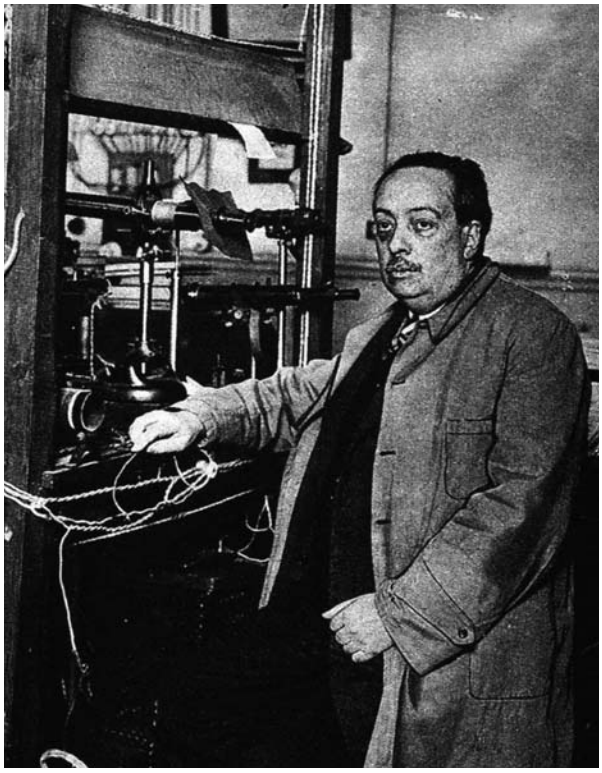
Por otro lado, a partir de la segunda mitad del siglo, con la posibilidad de poder alcanzar temperaturas muy bajas, el nieto de Don Blas Cabrera, Blasito Cabrera, en la Universidad de Stanford, está contribuyendo de modo apasionado en los últimos acontecimientos mundiales de la Física, disfrutando de las esferas de la frontera del siglo XXI científico. Desde su especialización en Bajas Temperaturas, técnica muy avanzada, mantiene una búsqueda de la huidiza partícula básica de tan antigua ciencia magnética, buscando confirmar la interesante Teoría de la Gran Unificación de las fuerzas de la Naturaleza, lo cual nos acercaría bastante a poder vislumbrar nuestros orígenes: fue predicha por el gran físico Dirac en 1931, cuando propuso la existencia del monopolo magnético, basándose en la simetría de las ecuaciones de Maxwell.

También contribuye a la confirmación de la Teoría de la Relatividad de Einstein por medio de un giroscopio realizado en equipo con la NASA. Últimamente está inmerso en el inabarcable mundo de las

Partículas elementales, en particular sobre trabajos relacionados con el neutrino, que está en el umbral de la Física moderna por contener la información necesaria acerca de nuestro Sol.

Cuestiones ductoras

1. Indique las principales etapas en la historia del magnetismo.
2. Nombre las principales fuerzas que operan en la naturaleza y explique en que consiste la teoría de la gran unificación.
3. Explique en qué consisten las propiedades magnéticas de la materia.
4. Indique las principales aportaciones la escuela de Cabrera de Madrid a las propiedades magnéticas de la materia.



Cabrera con su balanza magnética en el laboratorio de investigaciones Físicas en 1930. (Foto de la Residencia de Estudiantes)

libro de Cabrera OK 7/11/05 19:12 Página 121

VIII.2. Blas Cabrera y el magnetismo: Electricidad estática y magnetismo, dos fenómenos estrechamente relacionados

Einstein y Cabrera. (Foto del Museo Elder de la Ciencia y la Tecnología)

El término «electromagnetismo» reúne una serie de fenómenos físicos que se manifiestan como fuerzas bien visibles en los imanes o en la corriente eléctrica. Se trata de una de las interacciones fundamentales que encontramos en la naturaleza, como la fuerza de la gravedad.

Podemos crear un campo eléctrico si frotamos un bolígrafo en la manga de la chaqueta. El bolígrafo se carga negativamente con los electrones arrancados de la tela. El campo creado es capaz de realizar un pequeño trabajo, ya que tiene la «fuerza» suficiente como para atraer pedacitos de papel.

Magnetismo: imanes

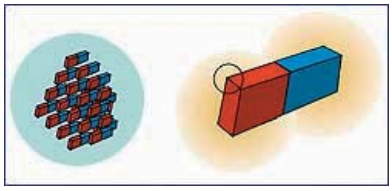
Los griegos ya conocían un **imán natural**: la magnetita, un tipo de mineral capaz de atraer trozos de hierro. Se llama así por la antigua ciudad de Magnesia.

La explicación del comportamiento magnético de este material, y de cualquier otro, está en la estructura interna de la materia. Los electrones de los átomos tienen un movimiento alrededor del núcleo y un movimiento de giro sobre sí mismos.

Por esta razón, actúan como pequeñas espiras de metales que generan un campo magnético. Es decir, se comportan como imanes.

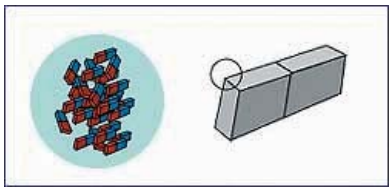
En un imán, las cargas en movimiento se suman. El campo eléctrico que se crea es capaz de atraer pequeños objetos de hierro.

Las cargas eléctricas en movimiento crean un campo magnético.



En un **trozo de hierro no magnético**, los campos magnéticos creados por las cargas en movimiento se anulan. **El resultado es una carga eléctrica en reposo**, que no crea un campo magnético: el material es incapaz de atraer trozos de hierro.

Las cargas eléctricas en reposo no crean un campo magnético.



El **diamagnetismo** es una propiedad de los materiales por la cual se magnetizan débilmente en sentido opuesto a un campo magnético aplicado. Los materiales diamagnéticos son repelidos débilmente por los imanes. El magnetismo inducido desaparece si lo hace el campo aplicado. Todos los materiales poseen diamagnetismo, pero el término diamagnético sólo se utiliza para aquéllos en los que esta propiedad no está enmascarada por otro tipo de efecto magnético.

El **paramagnetismo** es una propiedad de los materiales por la que se magnetizan en la misma dirección que un campo magnético aplicado. Los materiales paramagnéticos son atraídos por los imanes. Si el campo magnético aplicado desaparece, también lo hace el magnetismo inducido.

Cuestiones ductoras

1. Explique la razón de que al frotar un plástico como el bolígrafo con un paño o tela, éste adquiera carga negativa. ¿Por qué es capaz de atraer ahora pequeños trozos de papel?
2. ¿Qué son los polos de un imán? ¿Cómo son las fuerzas que ejercen entre si? ¿Cuál es la naturaleza de dichas fuerzas?
3. ¿Cómo puede determinarse qué polo de un imán es el polo sur?
4. ¿Qué se entiende por campo magnético? ¿Cómo puede determinarse la dirección de las líneas de campo magnético?
5. ¿Qué es el momento magnético de una sustancia? ¿Cómo se puede medir?
6. Explique las diferencias entre los materiales diamagnéticos y los paramagnéticos.

VIII.3. La ecuación de Cabrera sobre el momento magnético y el paramagnetismo de las tierras raras

Pierre Weiss había enunciado una hipótesis según la cuál todos los momentos magnéticos deberían ser múltiplos sencillos de una unidad común, a la que se llamó magnetón de Weiss.

El magnetón de Weiss estaba relacionado con el magnetón de Bohr de forma que:

Un magneton de Bohr= 4,97 magnetones de Weiss

A pesar de que la mecánica cuántica estaba en desacuerdo con dicha hipótesis, Blas Cabrera dedicó sus esfuerzos a su posible confirmación.

Blas Cabrera tras un cuidadoso análisis experimental confirma la modificación de la Ley de Curie – Weiss, en los óxidos y sulfatos de Nd, Sm y Eu, estableciendo una nueva ley a la que se ha designado como ley de Cabrera – Duperier o ley de Curie – Cabrera o de Weiss-Cabrera, cuya expresión es:

$$(\chi_A + K)\cdot(T + \Delta) = C_A$$

Siendo K la constante introducida por Cabrera y Duperier, que es independiente de la temperatura y que se puede interpretar como evaluadora de un paramagnetismo constante producido como consecuencia de la deformación de la órbitas electrónicas bajo la acción del campo magnético.

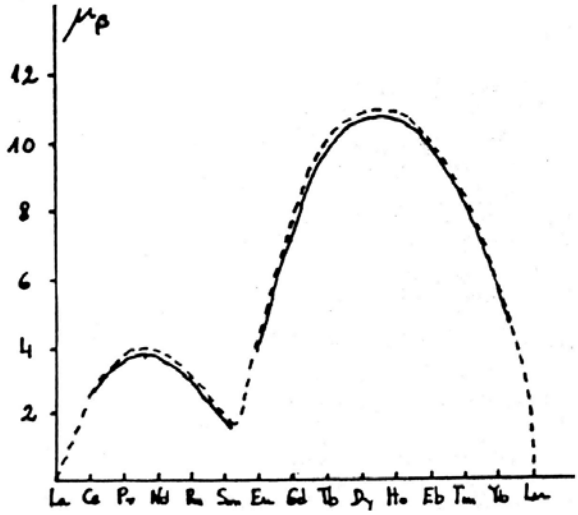
La representación grafica de $c^{1/2}$ frente al número atómico para los elementos de la primera serie de transición, da la denominada, «curva

de Cabrera», de la que se extraen consecuencias como la relación entre el spin y el paramagnetismo y la influencia de los efectos deformadores de vecindad en los momentos orbitales.

Las medidas obtenidas por Cabrera serán utilizadas como datos de gran utilidad por los mejores científicos del magnetismo. Así cuando el científico de Harvard J.H. Van Vleck, que más tarde sería premio Nobel en 1977, publica su obra: «Theory of Electric and Magnetic Susceptibilities», referencia fundamental en el magnetismo, Blas Cabrera es el científico experimental más citado. Sus resultados experimentales permitirán a F Hund y al mismo Van Vleck a confirmar sus teorias cuánticas sobre la estructura atómica del magnetismo. En palabras de Van Vleck: «En la historia del paramagnetismo, Blas Cabrera será recordado como el físico que hizo los experimentos necesarios en el momento adecuado». O sea en 1925, que marca el punto de inflexión entre el empirismo de la vieja teoría cuántica inicial y el comienzo de la nueva mecánica cuántica.

El prestigio alcanzado por Blas Cabrera es tal que en Febrero de 1928, el Comité Científico Internacional de la VI Conferencia Solvay presidida por P. Langevin y a propuesta de A. Einstein y M. Curie, deciden nombrarlo junto con Niels Bohr, miembro del mismo. Colabora activamente en la Sexta Conferencia Solvay sobre el tema: «Magnetismo» que tuvo lugar en 1930. También lo hace en la VII Conferencia Solvay sobre «Estructura y propiedades de los núcleos atómicos» en 1933 y en la VIII Conferencia Solvay sobre: «partículas elementales y sus interacciones», prevista para 1939, que es suspendida por enfermedad de Langevin y por el inicio de la Segunda Guerra Mundial.

libro de Cabrera OK 7/11/05 19:12 Página 126



«Momentos magnéticos molares expresados en unidades del magnetón de Bohr para los elementos desde el lantano al lutecio».

Los resultados que se aprecian en la gráfica, realizados en 1925, sirvieron de confirmación a las formulaciones establecidas por Landé sobre el número cuántico de espín, así como las de Hund sobre la susceptibilidad magnética de los lantánidos en disolución diluida.

Cuestiones ductoras

1. Explique por qué Cabrera modificó la Ley de Curie Weiss.
2. En que consiste la «Ecuación de Cabrera». ¿Cuál es el significado de cada uno de sus términos?
3. ¿Qué es el momento magnético de una sustancia? ¿Cómo se puede determinar?
4. Indique la importancia de los resultados experimentales obtenidos por Cabrera para la teoría cuántica del magnetismo.
5. Señale las principales aportaciones del físico Van Vleck para el magnetismo. ¿Por qué trabajos recibió el premio Nobel?

IX. DETERMINE CUÁL ES SU CULTURA CIENTÍFICA

Según Núñez (2001) [4], la educación científica es aquella que necesitamos para ser cultos, para entendernos a nosotros y a nuestro entorno. Pues bien, después de pensar como actúa normalmente conteste con sinceridad a cada uno de lo siete items que aparecen en la siguiente tabla:

Item[5]	1 nunca	2 pocas veces	3 bastante	4 mucho	5 siempre
1. Leer y entender artículos y noticias de ciencia en los periódicos.					
2. Leer y entender gráficos que muestren información científica, hacer deducciones y predicciones válidas.					
3. Participar, informado científicamente, en una discusión sobre un tema de actualidad					
4. Aplicar el conocimiento científico a la propia toma de decisiones.					
5. Saber localizar la información científica cuando se necesita.					
6. Saber hacer experimentos para contrastar ideas.					
7. Expresar ideas de forma cualitativa y cuantitativa.					
Puntuación total					

[4] Núñez, R. (2001). Educación y cultura científica En: M. Toharia. Coord.. (2001). La Ciencia es cultura. II Congreso sobre Comunicación Social de la Ciencia. Valencia

[5] Basados en los item propuestos por Núñez, R. (2001) op. Cit.

Puntuación	Evaluación
0 - 10	Necesita bastante formación
10 - 15	Debe esforzarse un poco
16 - 21	Aceptable
22 - 30	Posee cultura científica
31 - 35	Su cultura científica está por encima de la media

Si no llega a 21 puntos en total, aproveche todas las ocasiones que tenga para mejorar su formación, no olvide que todos aprendemos en situaciones y formas muy diversas.

La cultura científica es necesaria en el mundo en que vivimos para participar y mejorar en las decisiones políticas, disminuir la creencias supersticiosas, tomar decisiones correctas en nuestra vida cotidiana, entender las noticias de los medios de comunicación social, etc.

BIBLIOGRAFÍA

BELTRÁN, J.A. (2001). Educación de calidad en la sociedad el conocimiento. En J.A. BELTRÁN; M. NICOLAU; J. MÉLICH e I. CAMACHO. *Respuestas al futuro educativo*. Madrid: Bruño.

BERNAL, J .D. (1979). *Historia social de la Ciencia*. Barcelona*:* Península.

BOHR, N. (1988). *La teoría atómica y la descripción de la naturaleza*. Madrid: Alianza Universidad.

BRU, L. (1978). D. Blas Cabrera en la Universidad de Madrid. *En el Centenario de CABRERA, B (1979)*. Madrid: Universidad Internacional de Canarias Pérez Galdós, ICYT, 173-188.

CABRERA, B. (1923). *Discurso en la Academia de Ciencias de Madrid*. Madrid: Talleres Poligráficos.

CABRERA, B. (1927). Paramagnétismo y estructura del átomo. *Investigación y Progreso 2, 9-10*. Madrid: Asociación Española para el Progreso de las Ciencias.

CABRERA, B. (1931). La imagen actual del Universo según la relatividad. *Revista de Occidente XXXIII julio, agosto, septiembre,* 36-49.

CABRERA, B. (1934). Ideas actuales sobre la materia. *Las Ciencias. Sección tercera. Física y Química*. 53-63, 271-279. Madrid: Asociación Española para el Progreso de las Ciencias.

CABRERA, B. (1936). *Evolución de los conceptos físicos y el lenguaje*. Madrid: C. Bermejo Impresor.

CABRERA, B. (1943). Cincuenta años en la evolución del concepto de materia. *Cuadernos Americanos nº 5,* 73-93. México.

CABRERA, B. (1945). La Ciencia moderna. Evolución de las ideas en la física. *Ciencia, 6,* 197-207.

CABRERA, B.; MOLES, E. y MARQUINA, M. (1915). Magnetoquímica de las sales manganosas y ferrosas. *An. Soc. Esp. Fís. y Quím. 14*, 256-270.

CABRERA, B. Y DUPERIER, A. (1924). Variación de la constante diamagnética del agua con la temperatura. *An. Soc. Esp. Fís. y Quím. 22*, 160-167.

CABRERA, B. (1942). *El atomismo y su evolución. Reedición de las Obras completas de Cabrera, 1996*. Madrid: Amigos de la Cultura Científica y Departamento de Publicaciones de la ETS de Arquitectura.

CABRERA, C.; CABRERA, N.; GONZÁLEZ, F.; GONZÁLEZ, A.; GONZÁLEZ, F.A. y TRUJILLO, D. (1995). *Blas Cabrera: Vida y Obra de un científico*. Libro Catálogo de la exposición, conmemoración en Canarias del L aniversario de Blas Cabrera. Madrid: Amigos de la Cultura Científica y Departamento de Publicaciones de la ETS de Arquitectura.

CURIE, E. (1944). *La vida heroica de Marie Curie, descubridora del Radium, contada por su hija Eva Curie*. Argentina: Espasa Calpe.

DELORS, J. (1997). *La educación encierra un tesoro*. Informe de la UNESCO de la Comisión Internacional sobre la educación para el siglo XXI. Madrid: Santillana / UNESCO, 163-164.

DÍAZ, A. (1992). Blas Cabrera. Defensor y difusor de la relatividad en España. *Historia 16,* 144-150.

DÍAZ, A., RECUENCO, A. (1993). *Blas Cabrera, Físico*. Tenerife: Centro de la Cultura Popular Canaria.

EINSTEIN, A. (1923). *Discurso en la Academia de Ciencias de Madrid*. Madrid: Talleres Poligráficos.

FAJARDO SPÍNOLA, F. (1995). *Historia del Instituto de Canarias*. Tenerife: Centro de Cultura Popular Canaria. Consejería de Educación Cultura y Deportes.

FERNÁNDEZ RAÑADA, A. (1999). Las ciencias y las humanidades no están tan lejos. Madrid: *Crítica,* 863.

FUNDACIÓN NEGRÍN (2005). *Juan Negrín el estadista. La tranquila energía de un hombre de estado. Las Palmas de Gran Canaria:* Litografía González.

GAMOW, G. (1980). *Biografía de la Física*. Madrid: Alianza.

GIL, D. (1993). Contribución de la historia y filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza-aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias, 11* (2), 197-212.

GIRAL, F. (1994). *Ciencia española en el exilio (1939-1989)*. El exilio de los científicos españoles. Barcelona: Antrhopos y Centro de Investigaciones y estudios republicanos.

GLICK, T.F. (1986). *Einstein y los españoles*. Ciencia y Sociedad en la España de entreguerras. Madrid: Alianza.

GONZÁLEZ DE POSADA, F. (1994). *Blas Cabrera: Físico español, lanzaroteño ilustre*. Madrid: Amigos de la Cultura Científica y Departamento de Publicaciones de la ETS de Arquitectura.

GONZÁLEZ DE POSADA, F. y TRUJILLO JACINTO DEL CASTILLO, D. (1995). *Blas Cabrera y Enrique Moles. La teoría de los magnetones y la magnetoquímica de los compuestos férricos*. Madrid: Amigos de la Cultura Científica.

GONZÁLEZ DE POSADA, F. (1995). *Blas Cabrera ante Einstein y la Relatividad*. Madrid: Amigos de la Cultura Científica y Departamento de Publicaciones de la ETS de Arquitectura.

GONZÁLEZ DE POSADA, F. y BRU VILLASECA, L. (1996). *Arturo Duperier: Mártir y Mito de la Ciencia Española*.

GRUPO BLAS CABRERA FELIPE: http://nti.educa.rcanaria.es/blas_cabrera/

GRUPO LENTISCAL DE DIDÁCTICA DE LA FÍSICA Y QUÍMICA (2003). *Lecciones interactivas de Física y Química*: http://www.educa.rcanaria.es/fisicayquimica/lentiscal/

HERRANZ, C. (1995). *Marie Sklodowska Curie. Grandes biografías*. Madrid: Ed Rueda.

HERRERA, A. (1987). *Las Islas Canarias, escala científica en el Atlántico*. Madrid: Rueda.

LEWIN SIME, R. (1996). *Lise Meitner. A life Physics*. University of California Press.

LÓPEZ, J.M. (1982). *La ciencia en la historia hispánica*. Madrid: Salvat.

LORA - TAMAYO, M. (1981). *La investigación química española*. Madrid: Alhambra.

MARRERO, M. P. (1997). Los comienzos de la educación secundaria en Gran Canaria. *Apuntes para la Historia de la Educación en Canarias*. Las Palmas de Gran Canaria: CEP Las Palmas I, 97-110.

MARTÍNEZ, F. (1996). Aplicaciones didácticas de la historia de la Ciencia. Un científico Canario. Blas Cabrera Felipe (1878-1945). *Actas IX Congreso de la ACEC Viera y Clavijo*, 81-98.

MARTÍNEZ, F. y MESTRES, Mª.A. (1996). *Guía de recursos de Ciencias de la Naturaleza de la Educación Secundaria Obligatoria*. Santa Cruz de Tenerife. Consejería de Educación Cultura y Deportes del Gobierno de Canarias.

MARTÍNEZ, F.; MATO, M.C. y REPETTO, E. (1997). *Aplicaciones didácticas de la Historia de la Ciencia*. Curso de Extensión Universitaria en la ULPGC.

MARTÍNEZ, F.; MATO, Mª.C. y REPETTO, E. (1997). La historia de la ciencia en los currículos oficiales: implicaciones para la formación del profesorado. *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. *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,* 105-113.

MARTÍNEZ, F. (2003). *Análisis, desarrollo y evaluación del currículo de Física y química de 1º de Bachillerato. Implicaciones para la Formación del Profesorado*. Tesis Doctoral. ULPGC.

MARTÍNEZ, F. (2004). *Programaciones didácticas para el aula*. Gran Canaria. Cam-PDS Editores.

MARTINEZ, F, et al. (2005). Albert Einstein entra en la escuela. Utilización de las biografías y de las tecnologías de la información y la comunicación en el año Internacional de la Física. *Congreso Internacional de Enseñanza de las Ciencias*.

MATO, Mª.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*.

MATTHEWS M. (1994). Historia, Filosofía y Enseñanza de las Ciencias: La aproximación actual, *Enseñanza de las Ciencias, 12* (2), 255-277.

MILLARES, S. (1997). Un recorrido temático por la exposición. *Apuntes para la Historia de la Educación en Canarias*. Las Palmas de Gran canaria: CEP Las Palmas I, 25-44.

MILLARES, A. (1982). *Biografías de canarios celebres*. Tenerife: Edirca

MOLES, E. *Discurso leído el 28 de marzo de 1934*. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Madrid.

NEGRÍN FAJARDO, O. (1982). Retablos de educadores canarios contemporáneos: de Viera y Clavijo a Champsaur Sicilia. *Anuarios de Estudios Atlánticos, 28,* 705-764.

POZO, J.I. y GÓMEZ, M.A. (1998). *Aprender y enseñar ciencias*. Madrid: Morata.

PICKERING, A. (1989). Livin in the material world. En D. Gooding. et al. *The uses of Experiment*, 275-297, Cambridge ed. Cambridge University Press.

QUINTANA NAVARRO, F. (Ed). (1992). *Informes consulares británicos sobre Canarias (1856-1914)*. Las Palmas de Gran Canaria: CIES de La Caja de Canarias.

REPETTO, E.; MARTÍNEZ, F. y MATO, M.C. (1997). Aproximación a una enseñanza de la Física con rostro humano: las biografías de los científicos. *7º Encuentro Ibérico para la enseñanza de la Física. XXVI Reunión Bienal de la R.S.E.F.* 40 -45

REPETTO, E.; MATO, Mª.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 R.S.E.F.* 45-50.

REPETTO, E. y MARTINEZ, 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*. 279-287.

REPETTO, E. Y MARTINEZ, F. (2005). Las biografías de los científicos un recurso didáctico para el aprendizaje de las ciencias. Estrategias, materiales y recursos didácticos para abordarla. *II Jornadas del profesorado de Física y Química*. Las Palmas de Gran Canaria.

RIVERO, A. (2000). *Acerca de ....flexión*. http://dftuz.unizar.es/a/about.html

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.

SÁNCHEZ RON, J.M. (1999). *Cincel, martillo y piedra*. Madrid: Taurus.

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.

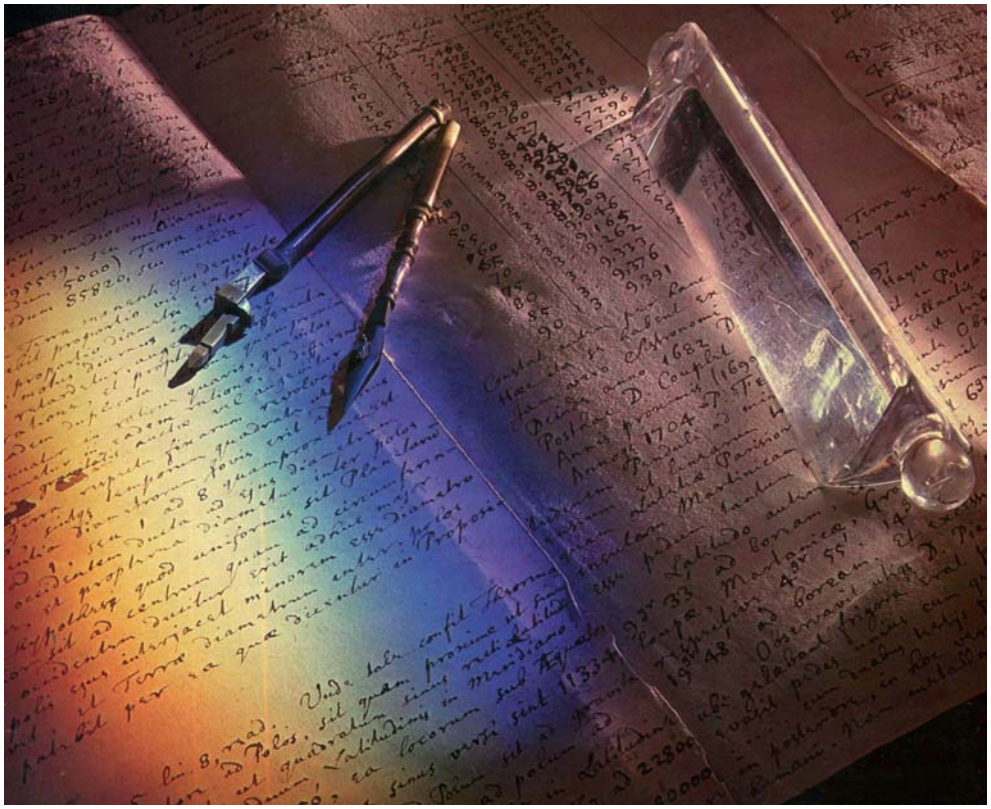
SUÁREZ BOZA, M. (1997). La tardía transición de la alfabetización en Canarias y los problemas para el desarrollo económico. *Apuntes para la Historia de la Educación en Canarias*. Las Palmas de Gran Canaria: CEP Las Palmas I, 47-61.

V/A (1998). *Un siglo de Ciencia en España*. Madrid: Publicaciones de la Resiencia de Estudiantes.

VIEIRA, S. (2000). *Nicolás Cabrera Sánchez un físico creador y organizador. Dos facetas de un gran científico*. Lanzarote: Conferencia pronunciada en el aula Blas Cabrera.

Descomposición de la luz por un prisma. (Foto: Historia de la Ciencia de Felipe Cid, 1979. Planeta).

ANEXO
Cómo aprender con la Historia de la Ciencia



INTRODUCCIÓN

Esta tercera parte pretende orientar al profesorado sobre la utilización didáctica de la historia de la Ciencia. Quiere contribuir a que tanto la biografía del científico tratado en la primera parte, como los documentos de apoyo de la segunda puedan ser utilizados de forma adecuada para aprender Ciencias.

El objetivo general de la utilización didáctica de la Historia de la Ciencia es contribuir a un mejor aprendizaje de la Ciencia y a la alfabetización científica que todo ciudadano debe tener para comprender y tomar decisiones fundamentadas sobre los problemas de nuestro tiempo.

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 ciencia 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 (Solbes y Traver, 1996). 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 obje-

tivo 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 British 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. Su importancia es tanta que algunos historiadores lo consideran como el iniciador en Estados Unidos de la introducción de la historia de la ciencia en la 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. (Conant, 1957). Igualmente Cohen, historiador de la ciencia de la Universidad de Harvard, también defendió la introducción del material histórico, en los programas universitarios de ciencias. La primera edición del libro de Holton (1952) y el de Holton y Roller (1958), 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 Comission 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 Massachussets (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 han 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 de los científicos».

Actualmente puede afirmarse que la mayoría de las revistas 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 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 Pedagógico 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 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 a los bachilleratos 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 con las descripciones más precisas y autorizadas que un historiador de la ciencia pueda ofrecer de la manera cómo se realizó un descubrimiento o fue desarrollada y, aceptada o rechazada, una teoría por científicos.

Experimento de la pila de Alessandro Volta. (Foto: Fragmento de un fresco de Sabatell, en Historia de la Ciencia de Felipe Cid, 1979. Planeta).

Objetivos de la Historia de la Ciencia en la enseñanza y aprendizaje

1. Objetivos de la Historia de la Ciencia en la enseñanza y aprendizaje

Como muestra de los muchos aspectos que se potencian con la utilización de la Historia de la Ciencia, vamos a destacar 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 las 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 cambios 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 integrada 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 Ciencia, Tecnología, Sociedad y Medio Ambiente.

Por todo ello los objetivos de la Historia de la Ciencia son muy variados y se resumen en última instancia en contribuir a facilitar al alumnado el aprendizaje de las Ciencias.

De forma resumida entre los principales objetivos de la utilización de la Historia de la Ciencia, en la enseñanza señalamos:

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

Sustancias químicas. (Foto: Historia de la Ciencia de Felipe Cid, 1979. Planeta).

APLICACIONES DE LA HISTORIA DE LA CIENCIA EN EL AULA

2. Aplicaciones de la Historia de la Ciencia en el aula

La historia de la ciencia se puede utilizar en el aula de diferentes formas según la estructura o enfoque que decidamos adoptar para organizar los contenidos científicos de un curso determinado.

Vamos a desarrollar brevemente algunas de las diversas formas de emplear didácticamente la Historia de la Ciencia.

2.1. Como disciplina

En primer lugar se puede considerar 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, una asignatura optativa denominada Historia de la

Ciencia. En el nivel universitario existen cátedras y departamentos específicos de Historia de la Ciencia, en algunas Universidades españolas.

2.2. Integrada en las diferentes disciplinas.

Se trata de incluir la Historia de la Ciencia de forma integrada en las diferentes unidades didácticas, de los diferentes niveles educativos de las diferentes disciplinas.

Esta integración en la disciplina se convierte en un enfoque que adaptamos a la hora de presentar la disciplina a los alumnos, introduciendo los diferentes conceptos clave en el contexto en que se construyeron, presentándolos asociados a los problemas que intentaron abordar. Se trata de un enfoque histórico, donde se presentan los conceptos asociados a la problemática en la que se originaron y a la vida de los científicos que los hicieron posibles. Es una forma de presentar la ciencia con rostro humano. Igualmente se hace un análisis de las características de la sociedad en la época en que ellos vivieron

2.3. Como recurso didáctico.

Un recurso didáctico, en un sentido amplio, puede ser cualquier objeto o acción que pueda utilizarse para favorecer el aprendizaje del alumnado así como el desarrollo profesional de los docentes.

Algunas áreas son más ricas en recursos didácticos que otras pero, en general, en todas ellas, su utilización ofrece grandes ventajas en el proceso de aprendizaje si se saben seleccionar bien. No obstante, hay que

tener en consideración que, los recursos didácticos no tienen valor en sí mismos, sino que han de estar integrados en el contexto global del trabajo, como medio para alcanzar los objetivos previstos, de un modo más eficaz. Asimismo, éstos han de ser adecuados para una mejora del proceso de enseñanza y aprendizaje, no sólo desde la perspectiva de lograr unos conocimientos científicos, sino en el desarrollo de unas habilidades, destrezas y actitudes científicas que se pretendan alcanzar y como condición fundamental para que resulten eficaces deben estar previamente en la planificación didáctica correspondiente.

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 le 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 al alumnado a encontrar las razones 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 solamente 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, el alumnado puede llevar a cabo 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.

No podemos olvidar que, por nuestra experiencia personal hemos comprobado que la enseñanza de las ciencias, presenta entre el alumnado, menos motivación cada día. Desgraciadamente, esta situación no es aislada como hemos podido detectar en la literatura científica. Por ello, existe la necesidad de dar un giro a este tipo de enseñanza e implicar más las dimensiones afectivas del alumnado y la significatividad que determinados asuntos tratados en la clase de ciencias pueden tener para los mismos.

Dentro de las muchas posibilidades de utilizar la Historia de la Ciencia como recurso didáctico, describiremos brevemente las siguientes:

- Como medio de determinar obstáculos epistemológicos.
- Como estudio de la evolución histórica de determinados conceptos.
- Como forma de analizar, elegir y secuenciar los contenidos de un curso.
- Como ayuda para la comprensión de los distintos procesos del quehacer científico

2.3.1 Como medio de determinar obstáculos epistemológicos

La enseñanza actual debe cambiar, de forma que se aleje cada vez más de un aprendizaje basado en la transmisión - repetición de conocimien-

tos ya elaborados y se acerque una metodología donde se establecen estrategias que permitan al alumno realizar una trabajo cognitivo propio. 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 alumnado, ya que debe transformarlo en función de lo que aprende, lo que significa que se determina según la capacidad de transformación que realizan los propios alumnos y no según los conocimientos que son capaces de memorizar.

Esto tiene importantes implicaciones para la enseñanza ya que el profesorado debe determinar las creencias, obstáculos y dificultades de aprendizaje del alumnado, para a partir de ellas poder establecer las ayudas necesarias que contribuyan a su solución.

2.3.2 Como 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. Ya Piaget señalaba la similitud existente en la evolución del pensamiento espontáneo de los adolescentes y la evolución del pensamiento científico en las diferentes épocas históricas. 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. Por lo tanto el conocimiento histórico, ayudará al alumnado a que encuentre la razón de los hechos actuales

y le facilite la mejor comprensión del proceso científico y al profesorado a que prevenga dichas dificultades y que facilite su superación.

2.3.3 Como forma de analizar, elegir y secuenciar los contenidos de un curso.

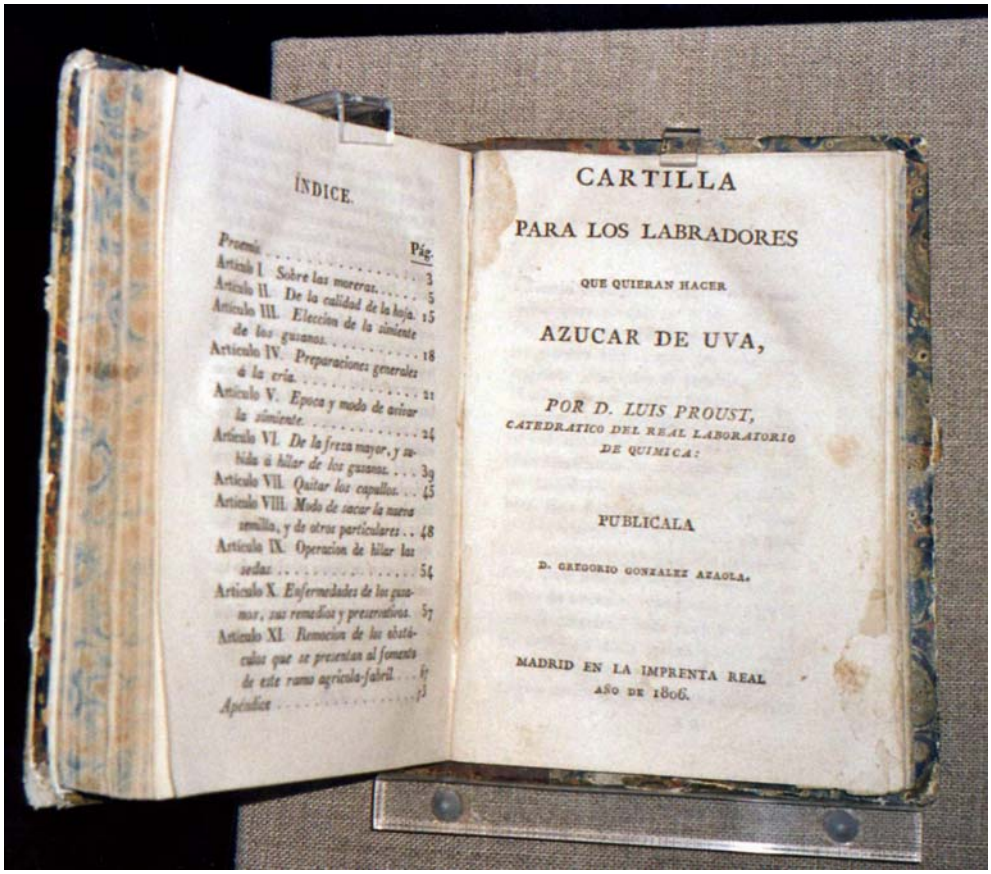
Siguiendo las ideas de Gagliardi (1986) se pueden centrar los cursos en los conceptos estructurantes, es decir, en aquellos conceptos que una vez que son construidos por el alumnado determinan una transformación de su sistema conceptual que le permite seguir aprendiendo. Con la utilización de la historia de la ciencia pueden señalarse cuales han sido los conceptos fundamentales que han permitido el desarrollo de una ciencia y que nos sirven para seleccionar, organizar y secuenciar los contenidos de un curso.

2.3.4 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 alumnado, en los centros educativos y en el ámbito de la sociedad. Es importante que el alumnado sepa cuando está reproduciendo conocimientos ya elaborados anteriormente y cuando están construyendo sus propios conocimientos a partir de lo que ya saben. Como afirma Gagliardi (1988), los alumnos pocas veces hacen ciencia en la clase, en escasas ocasiones su actividad es similar a la científica.

Cartilla para los labradores de Luis Proust. (Foto: Francisco Martínez Navarro).

libro de Cabrera OK 7/11/05 19:13 Página 157



ÍNDICE.

Pág.
Proemio 3
Artículo I. Sobre las moreras. 5
Artículo II. De la calidad de la hoja. 15
Artículo III. Eleccion de la simiente de los gusanos. 18
Artículo IV. Preparaciones generales á la cria. 21
Artículo V. Epoca y modo de activar la simiente. 24
Artículo VI. De la freza mayor, y subida á hilar de los gusanos. . . . 39
Artículo VII. Quitar los capullos. . . 45
Artículo VIII. Modo de sacar la nueva semilla, y de otros particulares . . 48
Artículo IX. Operacion de hilar las sedas 54
Artículo X. Enfermedades de los gusanos, sus remedios y preservativos. 57
Artículo XI. Remocion de los obstáculos que se presentan al fomento de este ramo agrícola-fabril . . . 67
Apéndice 73

CARTILLA

PARA LOS LABRADORES

QUE QUIERAN HACER

AZUCAR DE UVA,

POR D. LUIS PROUST,
CATEDRATICO DEL REAL LABORATORIO
DE QUIMICA:

PUBLICALA

D. GREGORIO GONZALEZ AZAOLA.

MADRID EN LA IMPRENTA REAL
AÑO DE 1806.

3. Diversas formas de utilización didáctica de la Historia de la Ciencia

Entre las diferentes posibilidades de utilización de la historia de la ciencia en el aula, destacamos:

3.1. Utilización didáctica de las Biografías 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 complementario del trabajo de clase y hemos comprobado en nuestra práctica docente que el descubrir y resaltar los aspectos humanos de estos científicos genera 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

libro de Cabrera OK 7/11/05 19:13 Página 161

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

Biografías de Científicos Nombre del científico:.....Fecha:	
1. Introducción	
2. Perfil biográfico	
3. Formación científica	
4. La ciencia y la sociedad de su época	
5. Aportaciones a la Ciencia	
6. Relaciones con sus contemporáneos	
7. Aplicaciones tecnológicas e implicaciones sociales de sus aportaciones científicas	
8. Selección de textos originales para su comentario	
9. Bibliografía	

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 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 cómo repercu-

tieron 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.

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 apli-

caciones 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 y la sociedad. 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.

3.2. Utilización didáctica de entrevistas realizadas a científicos

Otro 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.

Título de la entrevista:	
Nombre del entrevistado:	
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:

- 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.

3.3. Documentos originales de los científicos

Son aquellos en que los científicos analizan algún problema, describen algún descubrimiento, exponen una teoría, una experiencia, una reflexión, el resultado de una investigación, etc. Estos textos originales pueden perfectamente utilizarse para motivar el aprendizaje de algunos temas de Física y Química, 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 un mejor aprovechamiento de este recurso vamos a detenernos en algunas consideraciones sobre la utilización didáctica de textos, en general, bien sean originales del autor o de otros relacionados con el tema objeto de estudio.

3.4. El comentario de textos científicos e históricos

Para aprender, como opina Sanmarti (1995), 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 muchos profesores han llegado a la conclusión de que muchas veces el alumnado fracasa en la resolución de algunos problemas porque no entiende el enunciado de los mismos, quizás porque desconoce el significado de algunos términos. Por todo lo anterior, consideramos que un recurso a utilizar para ayudar a los alumnos a la adquisición y utilización correcta del lenguaje puede ser el comentario de textos científicos. Con ello se pretende, no sólo el conocimiento de los aspectos históricos, de por sí suficientemente interesantes y formativos sino también enriquecer el vocabulario de los alumnos; 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.

Hemos de tener en cuenta que comentar un texto científico es fundamentalmente desentrañar el lenguaje científico en 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), p.23

> *«En el proceso de creación de la ciencia se van conectando entre sí nuevas formas de observar, hablar, hacer y éstas 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 y en el estudio de los obstáculos epistemológicos encontrados en la construcción de los conocimientos científicos.

Según hemos desarrollado en anteriores trabajos, Martínez y de Santa Ana (1986), Martínez y Repetto (1997 y 2002) ***los Objetivos del comentario de textos científicos*** son:

a) Instruir al alumnado en el dominio de su lengua.

b) Aumentar su comprensión lectora de textos.

c) Lograr que adquieran un vocabulario científico básico.

d) Aumentar el gusto por la lectura de ensayos científicos.

e) Ayudar a la interpretación de conceptos y símbolos científicos.

f) Servir de información y documentación.

g) Presentar modelos que actúen en su mente y le ayuden a comprender la metodología científica.

h) Ayudar a mejorar la forma de expresión que le ayude a comunicar por escrito sus ideas científicas.

i) Ejercitar la interdisciplinaridad, viendo las relaciones entre las diversas ciencias y entre éstas y la sociedad.

j) Ayudar a la elaboración de juicios críticos y de opiniones personales.

k) Desarrollar la capacidad de análisis y síntesis de los elementos que aparecen en el texto a comentar.

l) Desarrollar la capacidad de abstracción para poder extraer las ideas fundamentales y expresarlas en pocas palabras.

m) Conseguir una actitud positiva y activa del alumnado hacia el texto científico.

n) Provocar el interés por la ciencia y su desmitificación.

o) 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.

Las fases del Comentario de un Texto Científico

El comentario de texto científico consta, al menos de las siguientes fases, que solo enumeramos, sin desarrollar:

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 Ciencia, Tecnología, Sociedad y Medio Ambiente.

3.5. 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.

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 reasaltamos en este momento la «prensa escrita», los diarios y las revistas de actualidad y de divulgación científica, e incluimos en esta denominación tanto a la prensa diaria como los teletextos, las noticias y documentales de TV, las revistas de divulgación digitales y las monografías existentes en paginas Web, fácilmente al alcance de la gran mayoría .

Aunque existen didácticas específicas sobre la utilización de la prensa en el aula, no es normal encontrar información relacionada con las áreas que pueden beneficiarse de ella, utilizándola como recurso didáctico, como la de Ciencias de la Naturaleza. Sin embargo, nosotros consideramos que puede resultar muy interesante la utilización de la prensa, 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, ayudarles a alcanzar los objetivos fijados para las distintas etapas del Sistema Educativo, como pueden ser»: Comprender y expresar mensajes científicos utilizando el lenguaje oral y escrito con propiedad así como otros sistemas de notación y de representación cuando sea necesario»; «Reconocer y valorar las aportaciones de la Ciencia para la mejora de las condiciones de la existencia de los seres humanos, apreciar la

importancia de la formación científica, utilizar en las actividades cotidianas los valores y actitudes propios del pensamiento científico, y adoptar una actitud crítica y fundamentada ante los grandes problemas que hoy plantean las relaciones entre Ciencia y Sociedad». Igualmente, en las orientaciones metodológicas se explicita la necesidad de aprovechar las diferentes fuentes de información y fomentar el hábito de lectura de la prensa. Todo ello, lógicamente contribuirá a una formación integral del alumnado.

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 o debate en gran grupo.

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

c) *Noticias sobre acontecimientos de actualidad que pueden ser empleados como motivación.* 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 en el ámbito internacional: la noticia sobre terremotos, accidentes en fábricas, temporales, lanzamiento de satélites, etc. En el ámbito local, la contaminación que puede producir la instalación de determinadas fábricas, centrales eléctricas, depuradoras, etc.

d) *Requerir la opinión de los alumnos sobre el nivel científico o cultural de determinados artículos, reportajes, noticias, etc.* que aparecen en prensa sobre temas relacionados con las diversas materias que se estudian en cada etapa o ciclo.

Como procedimiento metodológico general, los estudiantes o el profesor, según el nivel educativo, deberán revisar una serie de noticias de prensa, TV, revista de divulgación y elegir una significativa. Después se estudiará el texto y se extraerán las ideas principales. El profesor determinará cuáles son los conceptos previos que deben tener los alumnos para la comprensión del proceso descrito.

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. El debate que pueda establecerse después del estudio del escrito dependerá del tipo de noticia y de los objetivos que fijemos.

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

3.6. 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 (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).

No hemos de olvidar que 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 alumnado.

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 estudian-

tes 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).

¿Qué nos interesa destacar del experimento histórico?

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

- ¿Qué conocimientos debe poseer el alumnado o hay que introducir para que se pueda interpretar el experimento?
- ¿Con que 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?

El análisis y realización de experimentos históricos cruciales nos puede ayudar a:

- Destacar la utilización de modelos que se aproximen a los hechos observados y cuyo comportamiento conocemos mejor.
- Comprobar como se utilizan montajes experimentales o aparatos que permiten conocer mejor el mundo natural.
- Analizar como se lleva a cabo la recogida y organización e interpretación de datos.
- Estudiar la reconstrucción cognitiva para explicar los resultados del experimento, reflexionando sobre:
  - ¿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?

3.7. Los vídeos sobre Historia de la Ciencia

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 del video. 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 llevará a cabo un debate entre todos los alumnos de la clase.

3.8. 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 mas 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 del alumnado.

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 de 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. Varias investigaciones demuestran que la formación de las personas que visitan los muesos, 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 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. Por ejemplo, como afirman Benlloch y Williams (1998), los padres y madres suelen mostrar con sus hijos e hijas una actitud de acompañamiento muy positiva durante las visitas, animándoles a observar y escuchándoles y respondiéndoles a sus comentarios.

Especial interés tiene la **guía didáctica** o **catálogo de la exposición**

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 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.

Objetivos de una exposición de contenido científico

- 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 entre la Ciencia, Tecnología, Sociedad y medio Ambiente.

Actividades del profesor

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 su alumnado.
- 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 del alumnado visitante hacia aspectos relevantes que puedan pasar desapercibidos.
- Resolver las dudas que se planteen «in situ» durante la visita.

c) Posteriores a la visita

- Guiar la realización de las actividades diseñadas.
- Usar la visita como motivación para profundizar en algunos aspectos de la misma, realizando algunos trabajos monográficos.
- Coordinar la puesta en común o 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 del alumnado

a) Previas a la visita

- Buscar información y realizar las actividades propuestas por el profesorado o monitor de la exposición.
- 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.

- Tomar notas y resumir los aspectos fundamentales y 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.

3.9. 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.

Por una parte hemos de tener en cuenta que como opinan Rix y McSorley (1999), 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 al alumnado para el aprendizaje de las ciencias.
- Fomentar la creatividad y la autonomía.
- Ayudar al desarrollo de contenidos tanto actitudinales como procedimentales.
- Favorecer el trabajo en equipo y las relaciones interpersonales.
- Fomentar la utilización de las Tecnologías de la Información y la Comunicación.

Metodología

Una vez elegido el tema se divide la clase en grupos de trabajo 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 mura-

les 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. Pueden servir como pautas generales las que hemos descrito para las exposiciones temáticas con las adaptaciones que el profesorado estime conveniente según el tema, nivel o posibilidades del entorno.

3.10. Los congresos hechos por el alumnado

Es interesante tanto desde el punto de vista científico como didáctico que el alumnado organice, prepare y lleve 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 (1998), 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 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 al. 1991).

Pues bien, el Congreso podría utilizarse para estudiar la vida y obra de un científico 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 profesorado 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 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 se estimen necesarios para la exposición y defensa de los trabajos. Las comunicaciones serán corregidas por el profesorado 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 el alumnado irá 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.

3.11. 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 meterse el alumnado en un papel determinado puede ser muy útil para representar controversias científicas históricas, 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.

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

3.12. 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 y alumnas de la clase en seis grupos de cinco alumnos y alumnas cada uno.

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 expli carlo 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 puzle, 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.

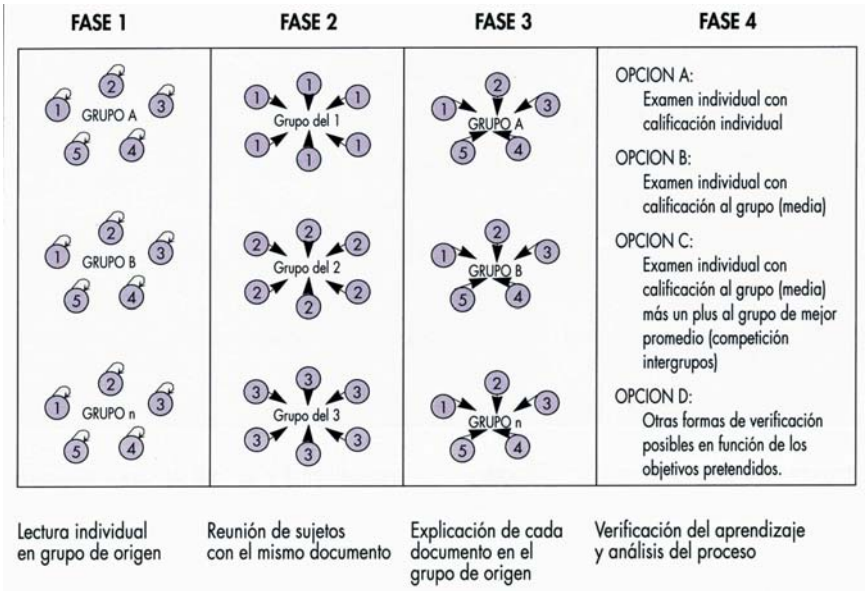
Es una actividad muy adecuada para introducir nueva información y facilitar la adquisición de nuevas ideas con la implicación del alumnado de forma cooperativa. El profesor después de presentar los objetivos a conseguir y la técnica a utilizar, divide la información el tema o una parte del mismo en tantos aspectos o apartados como miembros vayan a formar parte de cada grupo de trabajo (de 4 a 6 miembros).

Requiere Lectura individual. Reunión de expertos para aclarar cada uno de los temas. Explicación de cada documento en el grupo origen. Valoración del aprendizaje individualmente sobre los contenidos preparados en el grupo y análisis del proceso.

libro de Cabrera OK 7/11/05 19:13 Página 188

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.



Con las diversas formas de utilización de la Historia de la Ciencia que hemos expuesto, queremos contribuir a hacer realidad lo expresado en la Conferencia Mundial sobre la Ciencia para el siglo XXI auspiciada por la UNESCO y el Consejo Internacional para la ciencia que declaraba:

> *Hoy más que nunca es necesario fomentar y difundir la alfabetización científica en todas las culturas y en todos los sectores de la sociedad [...] a fin de mejorar la participación de los ciudadanos en la adopción de decisiones relativas a las aplicaciones de los nuevos conocimientos.*
>
> *(Declaración de Budapest, 1999).*

BIBLIOGRAFÍA

BELTRÁN, J. et al. (1976). *Física y Química, 2º BUP*. Madrid: Anaya.

BELTRÁN, J. et al. (1977). *Física y Química, 3º BUP*. Madrid: Anaya.

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.

CONANT, J.B. (ED). (1957). *Harvard Case Histories in Experimental Science*. 2 vols. Cambridge: Harvard University Press

DECLARACIÓN DE BUDAPEST. (1999). *Marco general de acción de la Declaración de Budapest*. http://www.oei.org.co/cts/budapest.dec.htm

FAGÉS, 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.

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.A. (2001). Relationships among informal environments, teaching procedures and scientifc reasoning ability. *International Journal of Science Education, 23(5)*, 535-549.

GIL, D.; CARRASCOAS, J.;FURIÓ, C. y MARTÍNEZ –TORREGROSA, J. (1991). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. Barcelona : ICE-Horsori.

GRUP RECERCA. (1982). *Projecte Faraday. Física i química per al batxillerat*. Barcelona: ICE Universidad Autónoma Barcelona

GUITIÁN, C. y REPETTO, E. (Eds.) (1993). Galileo. *II Congreso de alumnos de la E.U. de Profesorado*. Departamento Didácticas Especiales. U.L.P.G.C.

HOLTON, G. y ROLLER, D. (1963). *Fundamentos de la Física Moderna*. Reverté. Barcelona.

HOLTON, G. Y BRUSH, S.G. (1976). *Introducción a los conceptos y teoría de las ciencias físicas*. Reverté. Barcelona.

IZQUIERDO, M. (1996). Relación entre la historia y la filosofía de la ciencia y la enseñanza de las ciencias. *Alambique, 18* ,7-21.

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.

MARCO, B. (1985). *Evocación de Niehls Bohr en su centenario*. Madrid: Material didáctico. Documentos I.E.P.S.

MARCO, B.; GONZÁLEZ, A y SIMO, A (1986). *La perspectiva histórica en el aprendizaje de las Ciencias*. Madrid: Narcea.

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.; DELGADO, M.; CASILLAS, M.C.; CATALÁN, O.; DE SANTA ANA, E. y NAVARRO, P. (1988). La Física y Química en 2º de BUP: un enfoque histórico, conceptual y experimental. (Proyecto Hiscoex). *III Congreso de la ACEC Viera y Clavijo*, 333-383.

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. 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.

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

MATO, Mº.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.

MOLES, E. *Discurso leído el 28 de marzo de 1934*. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Madrid.

PICKERING, A. (1989). *Livin in the material world. En D. Gooding. et al. The uses of Experiment*, 275-297, Cambridge ed. Cambridge University Press.

POZO, J.I. y GÓMEZ, 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 Didácticas Especiales de la ULPGC.

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 de Educación para la Salud*. Las Palmas de Gran Canaria: Departamento Didácticas Especiales de la ULPGC.

RIX, C. y MCSORLEY, J. (1999). An investigation into de 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.

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. (1996). La utilización de la historia de las ciencias en la enseñanza de la física y la química. *Enseñanza de las Ciencias, 14 (1)*, 103-112.

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.

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

TAMIR, P. (1990). *Factors associated with the relationship between formal, informal and nonformal science learning*. *Journal of Environmental Education*, *22 (1)*, 34-42.

USABIAGA, C. et al. (1981). *Historia de la ciencia en el aula*. Madrid: Narcea.

USABIAGA, C. et al. (1982) *Científicos en el aula*. Madrid: Narcea.