

ESCALA. 1:100

FRENTE PRINCIPAL

FACHADA.

Arqts. Manuel Sánchez Arcas y Luis Lacort

cabrera moles reypastor

la europeización de la ciencia

un proyecto truncado

ana romero de pablos

prólogo de félix ynduráin

DE
m

11

novatores

iv
o
i



blascabrera (1878–1945)

Durante la segunda mitad del siglo XIX, la física en España sufrió un proceso de lenta revalorización. Gracias a la *ley Moyano* (1857), se creó la Facultad de Ciencias de Madrid, convirtiendo a la física en un verdadero objeto de estudio y no en una materia para acceder a otras facultades como había sido hasta ese momento. Apenas existió investigación en física durante esta época, si exceptuamos algunos trabajos astronómicos y meteorológicos, por lo que los investigadores españoles se dedicaron principalmente a la docencia, dejándonos un buen número de libros de texto. Además, el desastre de 1898 desencadenó una profunda crisis en la conciencia nacional que provocó un cierto auge de las asociaciones científicas y la búsqueda de soluciones para la universidad y la enseñanza en general. En este marco de acontecimientos podemos situar la vida de Blas Cabrera.

Blas Cabrera y Felipe nació en Arrecife de Lanzarote el 2 de mayo de 1878. Estudió el bachillerato en el instituto de La Laguna (Tenerife), el único que había en las islas en aquella época. Después, siguiendo la tradición familiar, se trasladó a Madrid en 1894 para iniciar la carrera de derecho. Su padre era notario en Santa Cruz de Tenerife, y a él, siendo el mayor de los ocho hermanos, le correspondía seguir los pasos de su padre. Estudió los dos primeros cursos de derecho pero pronto entró en contacto con el ambiente científico madrileño, a través de su asistencia a la tertulia que Santiago Ramón y Cajal tenía en el Café Suizo, y cambió la tradición por la vocación. Aunque la influencia de Cajal fue, como veremos, determinante a lo largo de su vida, concretamente en estos años supuso un cambio importante de orientación. Se matriculó en la Facultad de Ciencias, de la entonces Universidad Central, donde inició la carrera de ciencias físico-matemáticas, licenciándose

santiagoramónycajal

Nació en Petilla de Aragón en 1852. Durante su niñez adquirió una gran destreza como dibujante pero estudió medicina en Zaragoza por deseo de su padre, acabando su licenciatura en 1873. Fue médico militar y viajó a Cuba con las tropas coloniales. Cuando regresó a España, en 1875, fue nombrado ayudante interino de anatomía de la Escuela de Medicina de Zaragoza. Dos años más tarde, se doctoró por la Universidad Central de Madrid.

A partir de 1888, Ramón y Cajal se dedicó al estudio de las conexiones de las células nerviosas, demostrando, con mucho ingenio y pocos medios, que la neurona es el constituyente fundamental del tejido nervioso. Estudió también la estructura del cerebro y del cerebelo, la médula espinal, el bulbo raquídeo y diversos centros sensoriales del organismo, como la retina. Sus esfuerzos investigadores se vieron recompensados con la concesión, en 1906, del premio Nobel de fisiología y medicina por sus descubrimientos acerca de la estructura del sistema nervioso y el papel de la neurona.



Retrato de Cajal, por Ricardo Madrazo

Ramón y Cajal fue el creador de una importante escuela, a la que se deben contribuciones esenciales en diversos campos de la histología y de la patología del sistema nervioso. Además, jugó un importante papel en el desarrollo de la ciencia española durante el primer tercio del siglo XX. Murió en Madrid en 1934.

Más información en el libro Nobeles españoles. De la neurona al ADN, de A. Baratas y M. J. Santesmases. NIVOLA, Madrid, 2001.

en 1898. Se doctoró en 1901 con una tesis sobre *La variación diurna de la componente horizontal del viento*. El tema elegido nos sitúa ante un estudio ajeno, por un lado, a los estudios punteros en el campo de la física de entonces y, por otro, al trabajo experimental. La ausencia de laboratorios en los centros docentes de principios de siglo le llevó a presentar una investigación donde sus principales instrumentos de trabajo fueron los libros. En el mismo año fue nombrado profesor ayudante de electricidad en la Facultad de Ciencias.

El año 1905 ha sido considerado clave para la física, ya que Einstein publicó en esa fecha varios artículos, que cambiarían radicalmente esta ciencia, sobre la determinación de nuevas dimensiones moleculares, el movimiento browniano, la teoría de la relatividad y la hipótesis cuántica. En España, en ese mismo año, Cabrera ganaría la cátedra de electricidad y magnetismo de la Universidad Central de Madrid (oposición en la que compitió con Ramón Jardí y Josep María Plans) y algunos de sus más brillantes alumnos, como Pedro Carrasco y Esteban Terradas, acabarían sus estudios de licenciatura y prepararían sus tesis doctorales.



En 1906, Cabrera volvió a La Laguna para casarse con María Sánchez Real, a quien había conocido en sus años de bachillerato. De este matrimonio nacieron tres hijos: Blas, que optó por la carrera de medicina y que tras la Guerra Civil española se instalaría en México, Luis, que estudió arquitectura, carrera que desempeñó posteriormente en Santa Cruz de Tenerife, y Nicolás, el único que siguió los



Arriba, Blas Cabrera, a los 27 años de edad. Abajo, Blas Cabrera (en el centro) junto a sus hermanos José (a la derecha) y Guillermo (a la izquierda).



pasos de su padre, que eligió la carrera de ciencias físicas. Este último llegó a ser catedrático y decano de la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de Madrid. Merece destacarse también la figura de su hermano, Juan Cabrera, veinte años más joven que él y que, tras realizar en Madrid los estudios de físicas, se incorporó al Laboratorio de Investigaciones Físicas, donde, bajo la dirección de Blas Cabrera, terminó su tesis doctoral. En 1920, cuando aún no había cumplido veintidós años, obtuvo la cátedra de acústica y óptica de la Universidad de Zaragoza, universidad de la que llegó a ser rector en los años sesenta.

María Sánchez Real, esposa de Blas Cabrera, y sus tres hijos: Blas (el mayor), Luis y Nicolás.



Ya hemos visto el lento proceso de la ciencia española durante el siglo XIX. Fueron numerosos los intentos de renovación, mejora pedagógica e iniciación a la ciencia de gobiernos e instituciones. La culminación de todos estos esfuerzos fue la fundación de la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas, más conocida como la JAE, en 1907.

La JAE fue una institución de gran envergadura con un sentido de la autonomía insólito en la administración española. Presidida por Ramón y Cajal, su política de becas hizo posible la salida de numerosos científicos españoles a laboratorios extranjeros, así como la posibilidad de que visitasen nuestro país científicos de prestigio.

La JAE creó y mantuvo desde 1910 el Laboratorio de Investigaciones Físicas, convertido después en el Instituto de Física y Química, donde se realizaría la mayor parte de las investigaciones sobre física en España hasta la Guerra Civil.



El Instituto Nacional de Física y Química en 1932.

Blas Cabrera fue nombrado el 17 de abril de 1910 miembro de la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, institución que presidiría entre 1934 y 1937. Su discurso de entrada versó sobre “El éter y sus relaciones con la materia en reposo”. Este tema era importante en la física de entonces, ya que de él había surgido, en 1905, la teoría de la relatividad especial, directamente relacionada con el abandono del concepto de éter.

Cuando la Junta para Ampliación de Estudios (JAE) le nombró director del Laboratorio de Investigaciones Físicas, el 18 de agosto de 1910, Cabrera tenía treinta y dos años. Era catedrático de electricidad y magnetismo de la Facultad de Ciencias de la Universidad Central, secretario del Instituto Nacional de Ciencias Físico-Naturales de la JAE y miembro de número de la Academia de Ciencias. La creación de este laboratorio resultó crucial en la vida científica de Cabrera, ya que le permitió iniciar investigaciones hasta entonces desconocidas en España. Los instrumentos y las instalaciones con los que contó resultaban entonces poco comunes. Sin duda eran muy superiores a los existentes en los laboratorios de la Facultad de Ciencias de la Universidad Central, a pesar del importante esfuerzo que el estado hizo por dotar a sus centros de enseñanza e investigación de la instrumentación necesaria.

El Laboratorio de Investigaciones Físicas

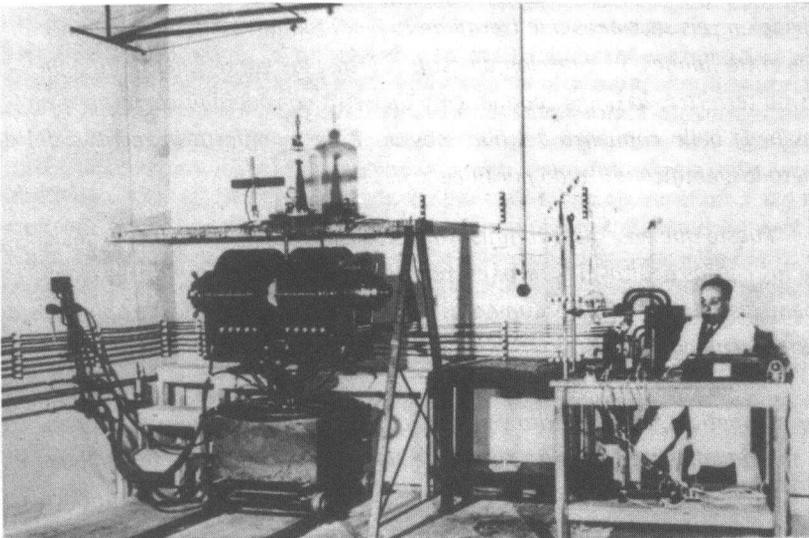
En 1910 se constituyó oficialmente el Laboratorio de Investigaciones Físicas, integrando el Instituto Nacional de Ciencias Físico-Naturales, con el objetivo de facilitar a los pensionados un lugar donde poder continuar las investigaciones iniciadas en el extranjero. Blas Cabrera fue nombrado director el 18 de agosto de 1910. El Laboratorio quedó instalado en el Palacio de la Industria y las Bellas Artes (hoy éste edificio lo comparten el Museo Nacional de Ciencias Naturales y la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales), junto al Museo de Ciencias Naturales y el Laboratorio de Automática que puso en marcha y dirigió el ingeniero Leonardo Torres Quevedo. Tal vecindad resultó recíprocamente provechosa. El Laboratorio de Investigaciones Físicas, además de contar con un taller propio, contó además con otro especializado en la construcción de instrumentos científicos y el Laboratorio de Automática pudo emplear unas instalaciones dedicadas a la experimentación donde contrastar y probar los aparatos que se construían.

El laboratorio se estructuró, durante los primeros años, en torno a cuatro secciones: metrología, electricidad, espectrometría y espectrografía, y química-física. A partir de los años veinte, las investigaciones se agruparon alrededor de las secciones de magnetoquímica, obtención de pesos atómicos por métodos físico-químicos y espectroscopía. Blas Cabrera se encargó de la sección de magnetoquímica, mientras que Enrique Moles y

Miguel Catalán fueron los responsables de las secciones de química-física y de espectroscopía respectivamente.

También trabajaron en este laboratorio los físicos Jerónimo Vecino y Manuel Martínez-Risco, y los químicos Julio Guzmán, Santiago Piña de Rubiés, Ángel del Campo y León Gómez, casi todos ellos profesores ayudantes de la Universidad de Madrid. Las salidas de Vecino (al que Cabrera le había asignado los trabajos de metrología) a la cátedra de Santiago de Compostela y la de Martínez-Risco (dedicado a las investigaciones de espectrografía y espectrometría) a la de Zaragoza, llevaron a una reorganización interna del centro. Se establecieron cinco líneas principales de investigación: física, dirigida por Cabrera; química-física a cargo de Moles; magnetoquímica, también llevada por Cabrera; electroquímica y electroanálisis, dirigida por Julio Guzmán; y espectroscopía a cargo de Ángel del Campo.

Junto a estas líneas principales, que prácticamente no se interrumpieron hasta mediados de los años veinte, hubo otros intereses y otros investigadores que también utilizaron sus instalaciones. Julio Palacios, que a partir de 1922 pasó a ocuparse de las investigaciones sobre rayos X, dirigió un grupo de trabajo dedicado a estudios de termología entre 1916 y 1917. Y entre 1918 y 1919 se pusieron en marcha estudios sobre óptica bajo la responsabilidad de Manuel Martínez-Risco.



Blas Cabrera en el Laboratorio de Investigaciones Físicas de la JAE.



el magnetismo

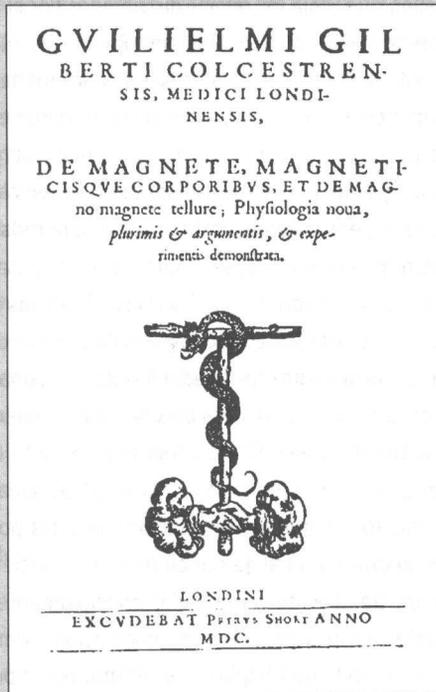
El estudio del magnetismo nace con la observación del poder de atracción de un mineral de hierro, la magnetita o piedra imán. Aunque las referencias a esta ciencia se remontan a la antigüedad, la propiedad de orientación de un imán, según la cual tiende a orientarse aproximadamente en dirección norte-sur, no fue conocida hasta el siglo XIII cuando los chinos descubrieron cómo imantar trozos pequeños de hierro y usarlos para construir brújulas para navegación.

En el año 1269, Pierre de Maricourt escribió De Magnet, un pequeño tratado donde habla sobre la brújula con pivotes y sobre sus investigaciones sobre los polos del imán. Durante el largo período en que esta ciencia era ignorada por Europa y mantenida viva por los árabes, el único nombre que aparece vinculado a ella hasta el Renacimiento fue el de Maricourt. Él fue el que evidenció que todo imán tenía dos polos, a los que llamó polo norte y polo sur. Pero el nacimiento del magnetismo como ciencia tuvo que esperar hasta 1600, cuando William Gilbert escribió De Magnete, un magnífico compendio de experimentos y observaciones relacionados con los imanes naturales (el planeta Tierra entre ellos). El libro se divide en seis secciones que tratan de la piedra imán, las fuerzas magnéticas entre imanes, la dirección de estas fuerzas, las variaciones del magnetismo terrestre, la aguja magnética y la Tierra considerada como un gran imán. El bello comienzo del libro nos pone de manifiesto la rectitud del método científico utilizado por Gilbert:

“Puesto que en el descubrimiento de cosas secretas y en la investigación de las causas ocultas, las razones más poderosas se obtienen de los experimentos seguros y de los argumentos demostrados más que de las opiniones de especuladores filosóficos, hemos decidido comenzar el estudio de ese gran imán, nuestra madre común, la Tierra, con el estudio de los materiales magnéticos, la magnetita y piedras que gozan de similares propiedades, y con aquellas partes de la superficie terrestre que pueden manipularse, percibirse con los sentidos, para después planear experimentos magnéticos y así penetrar en las partes íntimas de la Tierra”.

A lo largo del siglo XIX, se descubrió que los fenómenos de electricidad y magnetismo estaban íntimamente relacionados. En 1820, Oersted demostró que una corriente eléctrica producía un campo magnético. En 1831, Faraday demostró que lo opuesto también era cierto: un campo magnético variable creaba un campo eléctrico. Basándose en semejantes hallazgos, James Clerk Maxwell desarrolló una formulación teórica en la que electricidad y magnetismo aparecían unificadas en términos de un campo magnético. A comienzos del siglo XX Pierre Weiss fue quien aportó la base del conocimiento de la composición de la materia desde el punto de vista del campo magnético. A la importante escuela creada por Weiss en Zúrich y Estrasburgo se unió después la de Blas Cabrera en Madrid.

Hoy en día, el magnetismo se ha convertido en algo indispensable para nuestras vidas. Por un lado, hace posible convertir cualquier tipo de energía en energía eléctrica gracias a los materiales magnéticos que forman los núcleos de los generadores, transformadores y motores. Por otro, ha hecho posible el que podamos almacenar energía e información gracias a imanes y memorias magnéticas.



Portada de la obra *De magnete*, de Gilbert.

Debe mencionarse también que del Laboratorio de Investigaciones Físicas dependieron otros laboratorios: el de química orgánica, dirigido desde 1910 por el químico José Casares Gil y el médico Antonio Madinaveitia, y el de química biológica, dirigido desde ese mismo año por el también químico y farmacéutico José Rodríguez Carracido. Tales laboratorios fueron utilizados principalmente para labores didácticas y estuvieron ubicados en la Facultad de Farmacia de la Universidad Central de Madrid hasta el curso 1931-1932, en el que fueron trasladados al Instituto Nacional de Física y Química. Hubo un tercer laboratorio, situado fuera de las dependencias del Laboratorio de Investigaciones Físicas, el de química general (desde 1912 dirigido por José Ranedo), que estuvo situado en los locales de la Residencia de Estudiantes.

Los instrumentos del Laboratorio de Investigaciones Físicas

La sección de metrología contó con tres salas, donde se instalaron las balanzas y los comparadores destinados al estudio de las pesas y patrones de longitud, el barómetro normal y el péndulo Riefler, que regía los relojes distribuidos por el laboratorio. Las balanzas de las que dispuso inicialmente fueron cuatro. Una tipo Bunge, de platillos intercambiables, a la que se habían incorporado los mecanismos necesarios para manejarla a distancia y con la que se estudiaron pesas superiores a un gramo; estos arreglos fueron estudiados y construidos en el Laboratorio de Automática bajo la dirección conjunta de Blas Cabrera y Torres Quevedo. Otra, para pesas inferiores a un gramo, era de la casa Sauter. Una tercera, ésta del constructor Ruprecht de 200 gramos de carga, era utilizada normalmente para todas las pesadas físicas. Y la cuarta, del mismo constructor que la anterior, se empleaba en las pesadas hidrostáticas, con una carga de un kilogramo. La comparación de reglas y el estudio de las dilataciones se realizaba con un comparador de dilataciones de la Société Genovaise. Para el estudio de las divisiones se trabajaba con un comparador de corrimientos longitudinales de la misma casa. El barómetro normal era de los construidos en serie por Fuess y era observado bien directamente o bien de forma indirecta a través de un catetómetro de doble anteojos de la Société Genovaise. También contó esta sección con patrones de primer orden contrastados en la Oficina Internacional de Pesos y Medidas: tres piezas de 100, 10 y 1 gramos de cuarzo fabricadas por Ruprecht, y un metro y un decímetro de aleación acero-níquel al 42 por ciento, de la Société Genovaise. En este laboratorio también se hicieron trabajos de termología, principalmente centrados en el estudio de termómetros; importante en este sentido fue una instalación montada para el estudio de la dilatación de líquidos por el método de Chapius. Por último, otro tipo de estudios realizados en esta sección de metrología en estrecha relación con la sección de electricidad fueron las comparaciones de patrones eléctricos de resistencia, intensidad y fuerza electromotriz.

La sección de electricidad estuvo dedicada a estudios de magnetoquímica y a trabajos sobre la resistencia del níquel en el campo magnético. De gran interés fueron los instrumentos con que contó la sección de espectrometría y espectrografía. Un espectrógrafo construido por la casa inglesa Hilger, los interferómetros de Michelson y Fabry y Perot, así como un electroimán Du Bois para estudiar el efecto Zeeman, nos sitúan ante unas investigaciones muy acordes con lo que en esos momentos se estaba realizando en Europa.

Formación en el extranjero

A pesar de ser catedrático, académico y de dirigir el Laboratorio de Investigaciones Físicas, Cabrera no dejó de ser consciente de las limitaciones a que se sometía si no salía al extranjero. Así, solicitó a la JAE en 1912 una pensión de cinco meses para realizar estudios sobre las propiedades magnéticas de la materia en Francia, Suiza y Alemania. Se dirigió a Zúrich para trabajar en el laboratorio de Pierre Weiss, el gran especialista en temas de magnetismo de la época. En este laboratorio coincidió, como veremos más adelante, con el segundo de nuestros biografiados, Enrique Moles, que se encontraba allí desde el 1 de mayo de ese mismo año también pensionado por la JAE. Tras un comienzo un poco accidentado, pues Cabrera no había solicitado su matrícula en el centro con anterioridad al 31 de marzo de 1912, lo que dificultaba su incorporación, un mes después estaba perfectamente integrado en el laboratorio, resolviendo y dando soluciones a los problemas e investigaciones que Weiss le planteaba. Junto con Moles, comenzó a trabajar en la obtención de nuevas medidas del momento magnético de las sales del hierro y del níquel, ya que las que habían resultado de trabajos anteriores realizados por Weiss y sus colaboradores no parecían muy convincentes. Pronto la pareja de investigadores españoles obtuvo sus frutos. Cabrera y Moles publicaron “La teoría de los magnetones y la magnetoquímica de los compuestos férricos” en 1912 en los *Anales de la Sociedad Española de Física y Química*. Un año después y con ligeras modificaciones, volvieron a publicar el trabajo en los *Archives des Sciences physiques et naturelles*. Con este artículo, Cabrera inició sus publicaciones en el extranjero.

La pensión fue también aprovechada por Cabrera para conocer los laboratorios de física de las universidades de Ginebra y Heidelberg y la Oficina Internacional de Pesas y Medidas de París. A su vuelta a España y al Laboratorio de Investigaciones Físicas, hizo del estudio del magnetismo el objeto principal de sus investigaciones. La influencia de su maestro en Zúrich le llevó a defender, prácticamente hasta el final de su carrera, al *magnetón de Weiss* como unidad natural del magnetismo molecular frente al *magnetón de Bohr* (unas cinco veces mayor que el de Weiss), que finalmente prevaleció.

Cabrera y el desarrollo del magnetismo

Fueron diversos los asuntos que Cabrera abordó como investigador, pero en la práctica totalidad de sus trabajos estuvo presente el magnetón de Weiss y el intento de demostrar empíricamente su existencia real. Cuando Cabrera y Moles llegaron a Zúrich, pensionados por la JAE, Weiss acababa de postular la existencia del magnetón como unidad elemental de medida de los momentos magnéticos. Por entonces, las ideas atomísticas o corpusculares comenzaban a ser aceptadas de forma bastante generalizada. Por ello, no resultaba disparatado que, al igual que se había encontrado una unidad de carga eléctrica, el electrón, se pudiera dar con una unidad elemental del magnetismo, el magnetón. La opción de Cabrera puede entenderse por la estrecha relación que estableció con Weiss.

Cabrera fue uno de los fundadores de la Sociedad Española de Física y Química, llegando a ser su presidente en 1916. Sin embargo, no sólo fue importante su papel como fundador y presidente. Cabrera fue uno de los científicos españoles que más vida dio a la revista de la sociedad, los *Anales de la Sociedad Española de Física y Química*. Valera Candel y López Fernández han demostrado que los artículos de Cabrera no sólo destacan por su número, sino por estar realizados en colaboración con otros científicos, situándonos en una nueva forma de abordar la investigación científica experimental.

pierreweiss

Nació en Mulhouse (Francia) en 1865. Se graduó en el Politécnico de Zúrich en ingeniería mecánica en 1887. Con la idea de dedicarse a la investigación básica se matriculó en el Liceo San Luis de París para prepararse para entrar en la Escuela Normal Superior de esta ciudad, donde fue admitido en 1888. Agregado en ciencia física en 1893, permaneció en la Escuela hasta 1895. Allí coincidió entre otros con Langevin. En 1895, fue nombrado Maître de Conférences en la Universidad de Reims y, en 1899, en la de Lyon. Mientras, había presentado su tesis doctoral en 1896 sobre la imantación de la magnetita cristalizada y algunas aleaciones de hierro y antimonio.

Fue en 1902 cuando volvió al Politécnico de Zúrich, donde, además de enseñar, dirigió el Laboratorio de Física hasta 1918. Su estancia aquí fue interrumpida durante dos años al inicio de la Primera Guerra Mundial: se trasladó a París para trabajar

En los primeros trabajos realizados en el laboratorio, el método operativo empleado por Cabrera para medir las susceptibilidades magnéticas fue el método Quincke. Con este procedimiento, el compuesto químico que se deseaba medir debía diluirse para obtener una disolución poco concentrada. Pero a partir de 1915, y siguiendo las indicaciones de Weiss, Cabrera utilizó el llamado *método de cilindro*, empleando disoluciones concentradas. El uso de esta nueva técnica obligaba a utilizar una sustancia patrón cuya susceptibilidad estuviese bien determinada para poder utilizarla como comparación. Los patrones que Cabrera empleó con mayor frecuencia fueron el agua –para la medida de sustancias diamagnéticas, las que tienen un momento magnético de sentido opuesto al del campo aplicado, y para las paramagnéticas débiles– y el sulfato manganoso –para las fuertemente paramagnéticas, o sustancias que se orientan bajo la acción de un campo magnético en su dirección y sentido–. Otro requisito fundamental que exigía el nuevo método de trabajar fue conseguir que las instalaciones de las balanzas con las que medir las susceptibilidades magnéticas fueran las óptimas. Con todo ello, Cabrera perseguía comprobar de forma empírica la existencia del magnetón de Weiss.

La susceptibilidad magnética es un parámetro que nos expresa cómo reacciona un cuerpo cuando lo sometemos a un campo magnético externo; por ejemplo, cuando lo colocamos cerca un potente imán. Los materiales que presentan susceptibilidad magnética son, por lo tanto, los que se sienten afectados cuando se les aplica un campo magnético. A nivel

en la oficina de inventos ayudando a crear un método acústico para localizar emplazamientos de armas enemigas (método Cotton-Weiss). En Zúrich, Weiss desarrolló un gran laboratorio para la investigación magnética y lo equipó con un importante conjunto de instrumentos e instalaciones que atrajeron a distinguidos físicos.

En 1919, y tras la devolución de Alsacia a Francia al acabar la I Guerra Mundial (en 1870, tras la guerra franco-prusiana, había sido incorporada a Alemania), Weiss regresó para crear y dirigir un instituto de física en la Universidad de Estrasburgo. Bajo su guía y con la ayuda de varios investigadores, este laboratorio pronto superaría al de Zúrich. Se retiró en 1936. Al comienzo de la Segunda Guerra Mundial, y tras la invasión de Estrasburgo, se refugió en Lyon junto a su amigo Jean Perrin, muriendo en 1940.



Pierre Weiss

En general, la investigación en magnetoquímica durante la época de Cabrera tenía como objetivo medir experimentalmente momentos magnéticos de átomos aislados. Vamos a intentar explicar qué es un momento magnético de forma simplificada. Imaginemos una partícula que tiene una carga eléctrica q , masa m y que se mueve realizando una trayectoria circular de radio r . Podemos definir el momento magnético de esa partícula como

$$M = \frac{1}{2} q \omega r^2$$

donde ω es la frecuencia angular del movimiento. Si conocemos el momento angular L de la partícula, también podemos conocer M mediante la relación

$$M = \frac{q}{2m} L$$

Aquí tenemos la relación entre M y L . Si esta partícula de la que estamos hablando tiene un momento angular interno (que se llama spin), tendremos un momento magnético asociado a él. Esto es lo que Cabrera intentaba medir con sus experimentos en magnetoquímica.

Magnetón de Weiss

Pierre Weiss propuso en 1911 que el momento magnético debía ser un múltiplo entero de un momento elemental:

$$M = n \cdot M_{\text{Weiss}}$$

A este momento elemental (M_{Weiss}) se le llamó magnetón de Weiss. Cabrera determinó con sus medidas que su valor era 1125 u.e.m. Los enteros n que encontró Cabrera se situaban entre 10 y 60. Si estos valores de n hubiesen sido menores de 10, la propuesta de Weiss hubiera tenido mucho más peso.

Magnetón de Bohr

Los momentos magnéticos de los átomos deben ser interpretados por la teoría cuántica de las capas de electrones de los átomos. En 1925, Hund desarrolló una teoría en la que el momento magnético vale

$$M = M_{\text{Bohr}} g \sqrt{J(J+1)}$$

donde g es una constante, J un número cuántico y M_{Bohr} es el llamado magnetón de Bohr. Estas ideas fueron confirmadas y ampliadas con el asentamiento de la mecánica cuántica.

microscópico, este fenómeno puede asociarse a la orientación de todos los pequeños campos magnéticos que presentan los átomos y las moléculas, que normalmente están distribuidos al azar, de forma que todos ellos quedan colocados en paralelo al citado campo. Éste era, pues, uno de los parámetros que Cabrera medía en laboratorio. Además, la medida de la susceptibilidad magnética tiene varias aplicaciones científicas y técnicas en el mundo actual. Una de las más conocidas es la resonancia magnética nuclear, utilizada por los médicos como método de diagnóstico. Consiste en aplicar un campo magnético a un paciente y estudiar la respuesta de los campos magnéticos microscópicos de los átomos y moléculas que componen sus diferentes tejidos. Esta técnica se utiliza de forma complementaria a las radiografías de rayos X, ya que puede ser aplicada también a tejidos blandos.

Ya hemos mencionado que Hund había establecido de modo teórico el valor del magnetón. Sin embargo, el valor obtenido no coincidía con el establecido experimentalmente por Weiss. La falta de coincidencia entre los resultados teóricos y experimentales se achacó a la falta de fiabilidad de estos últimos. Cabrera quería aclarar el dilema, por lo que, a comienzos de los años veinte, inició dos nuevas líneas de investigación.



Blas Cabrera en 1920.

Por un lado, empezó a estudiar el paramagnetismo de los elementos químicos denominados *tierras raras*, en los que no se apreciaban modificaciones tan sensibles de la susceptibilidad como las mostradas por la familia del hierro. Por otra parte, necesitaba obtener una medida exacta de la susceptibilidad del cuerpo patrón (el agua, generalmente). Por eso comenzó a estudiar cómo varía la susceptibilidad del agua a medida que cambia su temperatura. Era lógico pensar que si hacía una medida a una temperatura y después la repetía a otra temperatura diferente, los resultados iban a ser distintos. En los trabajos sobre paramagnetismo de sales disueltas, la falta de seguridad en los valores utilizados de la susceptibilidad magnética del agua fue lo que llevó a Cabrera a la determinación cuidadosa de dicha susceptibilidad y al estudio de su variación en función de la temperatura. Estas investigaciones fueron realizadas por Cabrera en colaboración con Duperier. De 1924 data el primer trabajo publicado sobre la variación de la constante diamagnética del agua en función de la temperatura. Pero la falta de coincidencia de estos resultados con medidas anteriores obtenidas por Auguste Piccard, que en 1912 había estado colaborando con Weiss, dio lugar a un trabajo conjunto realizado de forma

paralela en Bruselas y en Madrid, coordinado por Piccard y Cabrera. Años después, en 1934, estos experimentos fueron repetidos con mejores medios instrumentales, los del Instituto Nacional de Física y Química, por el propio Cabrera, esta vez en compañía de H. Fahlenbrach, quien había sido pensionado por el gobierno alemán para completar sus estudios junto al físico español. Estas investigaciones dieron como resultado que la acción de un campo magnético sobre los átomos producía un doble efecto deformador, que no dependía de la temperatura, y que debía obedecer a la ley de aditividad. Estos trabajos permitieron también ampliar el conocimiento sobre la estructura del agua.

Aunque Cabrera siempre pensó que los resultados experimentales justificaban el uso del magnetón de Weiss como unidad elemental de momentos magnéticos, siguiendo sus trabajos vemos que también fue consciente de las limitaciones que la propia investigación podía plantear: “Es indudable que los elementos de la familia del hierro no son los más apropiados para resolver definitivamente el problema de su realidad. Precisamente, ha sido esta una de las razones que me han movido a emprender el estudio de las tierras escasas pues en ellas el piso en formación que debe engendrar el momento, es probable se halle bastante profundo para que las influencias químicas sobre él sean débiles al contrario de



Blas Cabrera (en el centro) en la Universidad Internacional de Verano de Santander, en 1936, entre Piccard (a la izquierda de la foto) y Emilio Herrera (a la derecha), gran amigo de Cabrera.

Más información sobre el general Emilio Herrera en el libro *La aventura aeronáutica*, de Carlos Lázaro Ávila, en esta misma colección. NIVOLA, 2001.

lo que sucede con los elementos de la familia del hierro". Esto fue el inicio de estudios sistemáticos de diferentes compuestos de tierras raras (o escasas, como dice Cabrera) preparados por prestigiosos especialistas europeos (Urbain, Aüer, Prandtl...), además de las sustancias preparadas en el propio Laboratorio de Investigaciones Físicas: las orgánicas por Madinaveitia y las sales de las familias del hierro por Moles. En estos trabajos, Cabrera utilizó un nuevo método llamado *de Faraday*. Cabrera trabajaría con Arturo Duperier en esta línea de investigación y, a partir de los años treinta, con Salvador Velayos, Antonio Espurz y con su propio hijo Nicolás Cabrera.

En un trabajo publicado en 1930, Cabrera concluía que el *momento magnético-unidad* tenía un valor de 1125,0 unidades electromagnéticas absolutas, utilizando cationes paramagnéticos de la familia del hierro. Sin embargo, las medidas sobre las tierras raras daban otros resultados, estableciendo para este caso un valor probable de 1133,1 superior al de la familia del hierro. Con todo, y aunque la hipótesis de Weiss estaba en contradicción con la mecánica cuántica, los trabajos de Cabrera fueron una importante y original contribución internacionalmente reconocida a la física de la época. En este trabajo de 1930, Cabrera decía que "la estrecha coincidencia de estos números [los resultados que con cierta garantía de precisión se habían obtenido hasta entonces en el Laboratorio de Investigaciones Físicas], cuya diferencia máxima no llega al uno por mil, establece la realidad del magnetón de Weiss con una seguridad que excede de la precisión máxima que hoy puede lograrse en medidas de este tipo. Y este resultado constituye el problema más importante que hoy ofrece a la nueva física, pues contradice palmariamente las predicciones de la teoría de los cuanta en su estado actual".

Los trabajos sobre magnetismo y estructura de la materia de Cabrera nos sitúan ante la *nueva física* que paulatinamente se fue introduciendo en España. Con ellos se abrió el camino a una novedosa e interesante línea de investigación que posibilitó, además, la creación de una importante escuela experimental. Como integrantes de ella hay que destacar a Julio Guzmán, también colaborador de Moles, Marquina, Gimeno y Baltá. En los años veinte, los que trabajaron con Cabrera fueron fundamentalmente Santiago Piña de Rubiés y Arturo Duperier, pero con la creación en los treinta del Instituto Nacional de Física y Química la nómina se vio ampliamente incrementada con la incorporación de nuevos investigadores: H. Fahlenbrach, Salvador Velayos, Antonio Espurz y Nicolás Cabrera, su hijo, entre otros. En todo este proceso sin duda tuvo mucho que ver la JAE. Las investigaciones experimentales que favoreció y las relaciones internacionales que propició, permitieron a Cabrera no sólo superar el aislamiento que hasta entonces había prevalecido en la física española, sino también incorporarse, como actor importante, a la comunidad científica internacional.

Nació en Ávila en 1896 y falleció en Madrid en 1959. En 1920 obtuvo en Madrid la licenciatura en ciencias físicas e ingresó en el Servicio Meteorológico. Orientado en sus primeros años hacia la magnetoquímica (realizó su tesis doctoral bajo la dirección de Blas Cabrera), en 1934 introdujo en España los estudios sobre rayos cósmicos. A partir de 1930, año en que había estado pensionado en París para estudiar electricidad atmosférica en el Institut de Physique du Globe, fue encargado de la sección de investigaciones especiales en el Observatorio Astronómico de Madrid. Simultaneó entonces sus investigaciones magnetoquímicas con una serie de trabajos sobre termodinámica de la atmósfera, electricidad atmosférica y aerología, e instaló en Madrid una cámara de ionización para la observación de la radiación cósmica. En 1933, accedió a la cátedra de geofísica de la Universidad de Madrid.

En 1938, Duperier está en Barcelona, ya que a esta ciudad se había trasladado el observatorio del Servicio Meteorológico Nacional como consecuencia de la Guerra Civil, y en mayo de ese año viajó a Inglaterra porque “el Ministerio de Estado consideró la necesidad de que, con anterioridad a la celebración de la 101 sesión del Consejo de la Sociedad de Naciones, se intensificara la propaganda a favor de España en los medios científicos e intelectuales ingleses...” Después, en 1939, un concurso puesto en marcha por el departamento de física de la Universidad de Manchester, entonces dirigido por el que luego fue premio Nobel de física P. M. S. Blackett, le permitió permanecer en este país. El objetivo era el

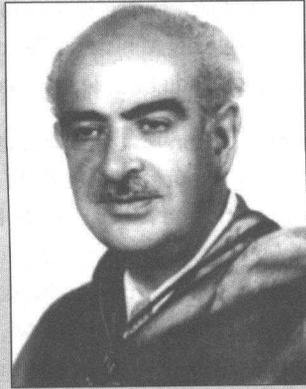
El Laboratorio de Automática

El empeño, y como hemos visto la necesidad, que Cabrera tuvo siempre por contar con los mejores instrumentos e instalaciones científicas para poder realizar su trabajo de laboratorio explica la estrecha relación que estableció con el Laboratorio de Automática. Aparte de la modificación y adaptación de diversos instrumentos, encargó a este laboratorio-taller la construcción de aparatos e instalaciones que le resultaban indispensables para poder trabajar en su ocupación central: el magnetismo. La inexistencia de estos aparatos de forma estandarizada, su carestía o bien el hecho de tener que importarlos, llevó a Cabrera a tener que diseñarlos en función de sus propias necesidades. Esta situación la veremos repetida en el caso de

estudio de las variaciones de intensidad de los rayos cósmicos al nivel del mar. Desde 1939 hasta 1953 permaneció en la Universidad de Londres, donde fue profesor y jefe del Gabinete y Observatorio de Rayos Cósmicos en el Imperial College of Science and Technology.

En 1953, año de su regreso a España, pidió su incorporación a la Facultad de Ciencias de Madrid, de la que había sido expulsado en 1939, pero no recuperó su cátedra, que había sido desdoblada y concedida a otros profesores. Se le prometió a cambio de la creación de una cátedra de rayos cósmicos, pero tampoco se le otorgó.

Aunque tanto la Universidad de Londres como el Observatorio le donaron las instalaciones que allí había montado, distintas trabas impidieron montarlas en España, lo que dio lugar a una penosa situación que le destrozaría anímicamente: el material quedó retenido durante varios años en la aduana de Bilbao. En 1957 le fue enviado un nuevo grupo de aparatos, que tampoco llegaría a utilizar, que aún hoy conservan su embalaje original. En la actualidad, este segundo equipo forma parte de las colecciones del Museo Nacional de Ciencia y Tecnología. En 1959, a título póstumo, le fue concedido el premio de ciencias Juan March.



Arturo Duperier

Moles, que no sólo se construyó sus propias instalaciones, sino que dio un paso más al crear un cursillo universitario donde los estudiantes pudieron aprender a soplar vidrio.

El Laboratorio de Mecánica Aplicada nació en el seno del Centro de Ensayos de Aeronáutica, creado el 4 de enero de 1904. La dirección de este centro y del laboratorio-taller anejo, creados para el “estudio técnico experimental del problema de la navegación aérea y la dirección de la maniobra de motores a distancia”, se le encargó a Leonardo Torres Quevedo. Fueron muchos y diversos los motivos por los que este centro no sólo no evolucionó en la forma que más le hubiera gustado a Torres Quevedo, sino que la situación de deterioro en que fue cayendo debido al abandono económico que sufrió por parte del esta-

do hizo que el presupuesto, exiguo para los proyectos aeronáuticos del inventor, se dedicase a ir equipando poco a poco el laboratorio-taller de mecánica que se había ido montando parejo al centro. Este fue el núcleo de lo que primero se llamó Laboratorio de Mecánica Aplicada, y después pasó a ser Laboratorio de Automática.

En la real orden de creación del laboratorio en 1907, ya están explicados los objetivos que buscaba el estado con esta institución: “Se considera de la mayor conveniencia, el que dicho laboratorio se amplíe en sus funciones, dedicándolo además al estudio y construcción de máquinas y aparatos científicos para diversas aplicaciones industriales, para la fabricación de aparatos para la enseñanza y otros, de suerte que no sea necesario acudir al extranjero para construir o modificar los aparatos de Laboratorio para las ciencias especiales”.

Este laboratorio se instaló en 1910 junto al Laboratorio de Investigaciones Físicas. Esta proximidad física favoreció en gran medida las relaciones que, aunque con dependencia administrativa del Ministerio de Fomento, pronto estableció con los centros y laboratorios de la JAE, dependientes de Instrucción Pública.

Junto al Laboratorio de Automática y con el mismo objeto de fomentar el desarrollo de la práctica científica a través de la mejora de la instrumentación, hay que mencionar otros dos organismos: la Asociación de Laboratorios (1910) y el Instituto del Material Científico (1911). Creados, el primero, para fundar una asociación de talleres y laboratorios del estado con el fin de construir material científico y facilitar los medios para realizar estudios que, por su carácter experimental, se consideraran de interés para el progreso de la ciencia, y el segundo, para unificar y ordenar en una sola partida económica las cantidades destinadas a la compra de material científico para los centros docentes del estado. Ambos fueron creación de Instrucción Pública a propuesta de Leonardo Torres Quevedo.

A la relación establecida entre el Laboratorio de Investigaciones Físicas y el Laboratorio de Automática se refería, en 1920, el periodista Moreno Caracciolo en un artículo publicado en el periódico *El Sol*: “Creía Weiss que los momentos magnéticos debían venir representados por múltiplos enteros del magnetón; así lo decían las numerosas mediciones comparadas, y esta concordancia era una garantía de exactitud de las medidas. Pero aquella teoría... caía por tierra ante experimentos más precisos... Cabrera... auxiliado por Moles, Jimeno, Guzmán y Marquina, fue rectificando una por una las medidas en que había fundamentado su hipótesis el profesor de Zúrich. Y en todas ellas encontró un error que compensaba el cometido al computar equivocadamente la constante magnética del agua. La teoría adivinada por la maravillosa intuición de Weiss era cierta; los números eran erróneos; pero del Laboratorio de Madrid, y gracias a los aparatos construidos al efecto por Torres Quevedo, salieron los verdaderos valores de aquellas cantidades...”

El primero de los aparatos diseñados por Cabrera que fue construido en el Laboratorio de Automática, fue un depósito de altura variable micrométricamente diseñado con la ayuda de Juan Costa, jefe del taller del Laboratorio de Automática. Este depósito, resultaba más que necesario, pues para conseguir medidas de constantes magnéticas por el método Quincke era indispensable determinar con la mayor precisión posible los movimientos verticales de un depósito. A este aparato se le dotó para ello de un movimiento rápido y otro lento, y además estaba contrapesado para evitar todo esfuerzo en los cambios de posición. El segundo de los instrumentos fue un electroimán tipo Weiss. Basándose en los modelos que había conocido durante su estancia como becado por la JAE en el laboratorio de Pierre Weiss en Zúrich, Cabrera dispuso un original montaje de forma que pudiera funcionar libremente, sin las dificultades que ocasionaban normalmente los hilos de conexión.

Junto a los trabajos prácticos, Cabrera también publicó artículos teóricos referidos a la relación entre los resultados experimentales, obtenidos por él y sus colaboradores, con las entonces nuevas teorías sobre estructura de los átomos y moléculas que, aparentemente, no resultaban coincidentes. Por ejemplo las investigaciones con sustancias paramagnéticas permitieron deducir que los momentos magnéticos de los átomos de las series de transición, en concreto de las tierras raras, se comportaban como si pudiesen girar libremente. Resultaba interesante buscar una explicación plausible a esta libertad de rotación de los

leonardotorresquevedo

Leonardo Torres Quevedo es uno de las más importantes genialidades del tránsito del siglo XIX al XX en España. Nació en Santa Cruz (Cantabria) en 1852. Su faceta de inventor se derramó por numerosos problemas técnicos, especialmente los dispositivos electro-mecánicos.



Sus invenciones son muy numerosas: barcos teledirigidos, un autómatas jugador de ajedrez, el transbordador funicular aéreo junto a las cataratas del Niágara, dirigibles, máquinas calculadoras, etc. Se le considera un pionero en diversas ramas del saber, como la informática. Fue condecorado por la Academia Francesa de Ciencias y fue nombrado presidente de honor vitalicio de la Academia de Ciencias de Madrid. Murió en Madrid en 1936.

iones paramagnéticos, libertad que era la base de los razonamientos que llevaron a la *ley de Curie*. Estos estudios condujeron a Blas Cabrera y a Julio Palacios a desarrollar una teoría en la que admitían que los átomos estaban fijos y que el eje magnético no podía adoptar en el interior del átomo más que un cierto número de posiciones que dependía tanto de la propia configuración del propio átomo como de los átomos que le rodeaban y que estaban en combinación con él. En este trabajo fue la primera vez que se introdujo la presencia de la acción orientadora de un campo cristalino.

Los inicios del patrocinio privado en España: El Instituto Nacional de Física y Química

La creación de este instituto nos sirve para detenernos en lo que fue el primer ejemplo de gran patrocinio privado dedicado a la ciencia en España. Gracias a la importante donación que hizo la Fundación Rockefeller al estado español, el Laboratorio de Investigaciones Físicas abandonó las instalaciones que desde 1910 había ocupado en el Palacio de la Industria y las Bellas Artes pasando a un nuevo edificio construido expresamente, también en los Altos del Hipódromo. Este nuevo emplazamiento fue inaugurado por el ministro de Instrucción Pública, Fernando de los Ríos, el 6 de febrero de 1932. El antiguo laboratorio se

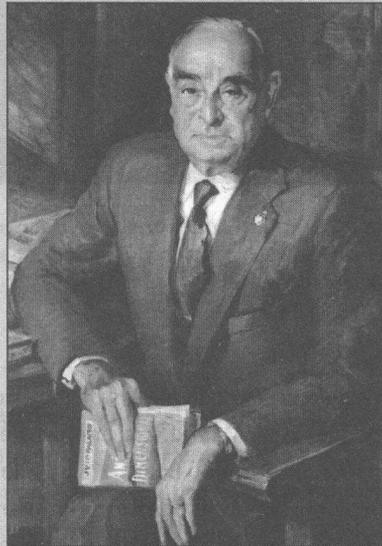
juliopalaciosmartínez

Nació en Zaragoza en 1891. Obtuvo su licenciatura en ciencias exactas y físicas en la Universidad de Barcelona donde tuvo como profesor a Estaban Terradas. Siendo ya doctor en ciencias físicas solicitó, por consejo de Blas Cabrera, una pensión a la JAE que le permitió permanecer en Leiden entre 1916 y 1918 trabajando sobre isoterma de neón y otros gases nobles a bajas temperaturas con Heike Kamerlingh Onnes, un físico de reconocido prestigio. A su regreso a España, se incorporó al Laboratorio de Investigaciones Físicas donde trabajó sobre meniscos de mercurio y su aplicación a la corrección de la lectura de columnas barométricas. Se interesó también sobre el flujo de gases en tubos capilares y, colaboró con Cabrera en los estudios de éste sobre las sustancias diamagnéticas y paramagnéticas. En 1926, accedió a la cátedra de termología de la Universidad de Madrid. Tres años después montó, en el Laboratorio de Investigaciones Físicas, las primeras instalaciones para trabajar sobre estructuras cristalinas por medio de la difracción de

convirtió en un flamante centro de investigación, ahora llamado oficialmente Instituto Nacional de Física y Química, pero conocido por todos como *el Rockefeller*. En el acto de inauguración estuvieron presentes los profesores Arnold Sommerfeld (uno de los mayores expertos internacionales en física cuántica), el químico y premio Nobel Richard Willstätter, el físico Pierre Weiss, Otto Hönigschmidt y el también físico Paul Scherrer. Tiene interés detenernos en ver quiénes fueron los protagonistas de esta historia y conocer la situación, los factores y las circunstancias que llevaron a que, en 1923, una institución americana como la Fundación Rockefeller optara por apoyar un centro de estas características en España.

La Fundación Rockefeller, a través de su programa de educación, había estado interesada desde su creación en fomentar y favorecer estudios sobre temas de salud pública y educación médica. En 1922, Wycliffe Rose (con quien José Castillejo, secretario de la JAE, había ya entrado en contacto en 1919 en el viaje que realizó a Nueva York interesado por conocer el programa que éste dirigía en la International Education Board –Consejo de Educación Internacional– de la Fundación) vino a España, donde tuvo un primer contacto con la situación de nuestro país. Rose fue nombrado en 1923 director del General Education Board (Consejo de Educación General), lo que abrió la posibilidad de que los programas de ayuda que habían puesto en marcha para los americanos se extendieran también a algu-

rayos X. Posteriormente, en el Instituto Nacional de Física y Química, Palacios fue el responsable de la sección de rayos X. Tras la Guerra Civil, abandonó las investigaciones que hasta entonces había realizado y comenzó a interesarse por temas biológicos desde la perspectiva de la física. Compatibilizó su docencia en la Universidad de Madrid con cargos de responsabilidad en el Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Murió en Madrid en 1970.



nos países extranjeros. En ese mismo año, Rose realizó un viaje por Europa para conocer las instituciones y los programas de investigación que podían tener interés para la Fundación y Madrid fue uno de los lugares visitados. La mayor parte de los contactos que estableció, con la excepción del médico Juan Negrín, fue con investigadores vinculados al mundo de la física y la química. De nuestros biografiados se entrevistó con dos, con Blas Cabrera y con Enrique Moles. También lo hizo con José Casares Gil, Miguel Catalán, E. Hauser, Antonio Madinaveitia y Juan López Soler, un bioquímico que había disfrutado de una beca del Instituto Rockefeller entre 1916 y 1919. La correspondencia entre Castillejo y Rose está conservada en el archivo de la Fundación Rockefeller y ha sido estudiada por Thomas F. Glick.



El siguiente episodio de las negociaciones se sitúa en abril de 1925, cuando Augustus Trowbridge visitó Madrid. Era entonces el responsable de las operaciones en Europa del International Education Board. Había sido profesor de física en la Universidad de Princeton y era reconocido por todos como un gran especialista en instrumentación. Fruto de este viaje fue la firma de un acuerdo entre la JAE y el International Education Board en septiembre del mismo año. Pero cuando se dinamizó el proyecto fue al año siguiente. Entonces

Trowbridge volvió a nuestro país y, tras mantener diversas conversaciones con los investigadores más directamente ligados al proyecto, encargó a los arquitectos que prepararan unos planos preliminares donde se incluyeran las ideas y las necesidades que le habían sido planteadas, sobre todo, por Cabrera y Moles.

El informe de Trowbridge propició que la Fundación Rockefeller aprobara un gasto de 420.000 dólares para la construcción del edificio. Para resolver las cuestiones generadas por la puesta en marcha del proyecto, se formó un comité que presidió el duque de Alba, y donde también estuvieron José Castillejo, Blas Cabrera y Ángel del Campo. La solicitud for-



Blas Cabrera y Fernando de los Ríos, a sazón ministro de Instrucción Pública, en el acto de inauguración del Instituto Nacional de Física y Química. En el grupo también están Sommerfeld, Weiss y Enrique Moles.

mal, firmada por Cajal como presidente de la JAE, fue enviada al International Education Board en febrero de 1926. Por último, un terreno próximo a la Residencia de Estudiantes fue puesto a la venta a finales de ese mismo año y Castillejo obtuvo el compromiso del general Primo de Rivera de que el gobierno lo adquiriría para cederlo posteriormente a la JAE. Esta sería la aportación española al proyecto.

nos países extranjeros. En ese mismo año, Rose realizó un viaje por Europa para conocer las instituciones y los programas de investigación que podían tener interés para la Fundación y Madrid fue uno de los lugares visitados. La mayor parte de los contactos que estableció, con la excepción del médico Juan Negrín, fue con investigadores vinculados al mundo de la física y la química. De nuestros biografiados se entrevistó con dos, con Blas Cabrera y con Enrique Moles. También lo hizo con José Casares Gil, Miguel Catalán, E. Hauser, Antonio Madinaveitia y Juan López Soler, un bioquímico que había disfrutado de una beca del Instituto Rockefeller entre 1916 y 1919. La correspondencia entre Castillejo y Rose está conservada en el archivo de la Fundación Rockefeller y ha sido estudiada por Thomas F. Glick.



El siguiente episodio de las negociaciones se sitúa en abril de 1925, cuando Augustus Trowbridge visitó Madrid. Era entonces el responsable de las operaciones en Europa del International Education Board. Había sido profesor de física en la Universidad de Princeton y era reconocido por todos como un gran especialista en instrumentación. Fruto de este viaje fue la firma de un acuerdo entre la JAE y el International Education Board en septiembre del mismo año. Pero cuando se dinamizó el proyecto fue al año siguiente. Entonces

Trowbridge volvió a nuestro país y, tras mantener diversas conversaciones con los investigadores más directamente ligados al proyecto, encargó a los arquitectos que prepararan unos planos preliminares donde se incluyeran las ideas y las necesidades que le habían sido planteadas, sobre todo, por Cabrera y Moles.

El informe de Trowbridge propició que la Fundación Rockefeller aprobara un gasto de 420.000 dólares para la construcción del edificio. Para resolver las cuestiones generadas por la puesta en marcha del proyecto, se formó un comité que presidió el duque de Alba, y donde también estuvieron José Castillejo, Blas Cabrera y Ángel del Campo. La solicitud for-



Blas Cabrera y Fernando de los Ríos, a la sazón ministro de Instrucción Pública, en el acto de inauguración del Instituto Nacional de Física y Química. En el grupo también están Sommerfeld, Weiss y Enrique Moles.

mal, firmada por Cajal como presidente de la JAE, fue enviada al International Education Board en febrero de 1926. Por último, un terreno próximo a la Residencia de Estudiantes fue puesto a la venta a finales de ese mismo año y Castillejo obtuvo el compromiso del general Primo de Rivera de que el gobierno lo adquiriría para cederlo posteriormente a la JAE. Esta sería la aportación española al proyecto.

Una real orden de 20 de octubre de 1927 hizo posible que durante dos meses Enrique Moles y Miguel Catalán, entonces catedrático del Instituto Escuela, en calidad de pensionados, viajaran a Francia, Alemania, Dinamarca y Holanda. En este recorrido estuvieron acompañados por los arquitectos que habían ganado el concurso de la dirección de las obras de construcción del Instituto, Luis Lacasa y Manuel Sánchez Arcas. El objetivo era ver y estudiar, en los laboratorios de física y química de estos países, la mejor forma de equipar y organizar estos nuevos espacios de experimentación españoles.

La construcción del nuevo edificio se inició en enero de 1929 y prácticamente se terminó en agosto de 1931. Se organizó en tres áreas: un sótano, donde se instaló todo lo preciso para trabajos de física moderna, y dos plantas. Una de ellas estaría dedicada a trabajos de química-física y la otra a los de química pura. Además, el edificio contaba con salas de máquinas y de acumuladores, un taller, una biblioteca y una moderna sala de conferencias. Otras características técnicas nos sitúan ante lo que significó un edificio como éste en la

Personal del Instituto Nacional de Física y Química (1931-1932)

Director: Blas Cabrera

Secretario: Julio Guzmán

Jefe Técnico: J. María Torroja

| Investigadores | Sección | Cargo | Nº de colaboradores |
|-------------------------|------------------|-----------------|---------------------|
| Blas Cabrera | Electricidad | Jefe de sección | cinco |
| J. María Torroja | Electricidad | Ayudante | |
| Arturo Duperier | Electricidad | Ayudante | |
| Julio Palacios | Rayos X | Jefe de sección | siete |
| Rafael Salvia | Rayos X | Ayudante | |
| Miguel Á. Catalán | Espectroscopía | Jefe de sección | cuatro |
| Enrique Moles | Química-Física | Jefe de sección | once |
| Miguel Crespí | Química-Física | Ayudante | |
| Antonio Madinaveitia | Química orgánica | Jefe de sección | ocho |
| Adolfo González | Química orgánica | Ayudante | |
| Julio Guzmán | Electroquímica | Jefe de sección | nueve |
| Adolfo Rascaño | Electroquímica | Ayudante | |
| Tomás Batuecas | Agregado | | |
| Santiago Piña de Rubies | Agregado | | uno |

España de comienzos de los treinta: contaba con calefacción y agua caliente central. En los laboratorios de química se instaló un sistema de extracción del aire enrarecido y para el resto de edificio se montaron unos ventiladores generales que renovaban el aire filtrando el paso del exterior. El edificio se considera un hito de la arquitectura española del primer tercio del siglo XX.

Los laboratorios que en este centro se montaron tenían más que ver con lo que habían visto en el extranjero Moles, Catalán, Cabrera y todos los investigadores que habían viajado gracias a las pensiones de la JAE que con los laboratorios de las facultades de ciencias españolas. Aunque también hay que decir que el esfuerzo que el estado dedicó durante el primer tercio de siglo a fomentar las enseñanzas prácticas de la ciencia fue importante. Sólo hay que mencionar la puesta en marcha de tres instituciones tendentes a favorecer el uso de instrumentación, en los laboratorios de los centros de enseñanza e investigación científica: el Laboratorio de Automática, la Asociación de Laboratorios y el Instituto del Material Científico.

Es en este contexto en el que hay que entender el énfasis que puso José Castillejo, por medio de la publicación de diversos artículos en 1925 en *El Sol*, en contar y divulgar el buen hacer y proceder de la Fundación Rockefeller. Los auxilios prestados a Francia en 1917 con la campaña contra la tuberculosis o el envío de personal técnico especializado para la organización de servicios sanitarios a países como Brasil, Checoslovaquia o Filipinas, son ejemplo de ello. Castillejo defendía en sus artículos que la ciencia y la sanidad españolas saldrían muy beneficiadas si se actuaba y se procedía siguiendo los modelos empleados por esa institución. Visto bajo la perspectiva actual, resulta curioso el título general que dio a la serie: *Riqueza y caridad*.

Los artículos de Castillejo sirvieron por un lado para presentar en España la realidad de la filantropía estadounidense, pero fueron útiles también para defenderse de los ataques de los sectores más retrógrados. Sin duda son un excelente retrato de la realidad y de las expectativas en las que se movían los reformadores españoles del primer tercio del siglo.

¿Cómo eran los laboratorios de física de la Universidad de Madrid?

Los laboratorios de física de la Universidad de Madrid estuvieron ubicados, hasta finales de los años veinte, en un pabellón levantado en los jardines que la universidad tenía en la calle San Bernardo. Cuando hablemos de Enrique Moles, veremos cómo una de sus preocupaciones fue el mejorar estas instalaciones, objetivo que consiguió en 1929 con la inauguración de un nuevo edificio dedicado en su totalidad a la investigación y la docencia

experimental. Hasta entonces, el laboratorio de física general fue el más grande de todos –ocupaba un espacio de 100 m²– y estaba dividido en dos partes: una donde los alumnos realizaban las prácticas y otra destinada a trabajos de investigación. Así, en el laboratorio había tanto instrumentos de demostración para las prácticas de los estudiantes como otros de mayor precisión para ser usados en trabajos de investigación por el personal investigador: balanzas, una máquina de dividir, un catetómetro de precisión media, o un cronógrafo con movimiento regular eléctrico por poner algunos ejemplos. Contaba también este laboratorio con los medios para alcanzar distintos grados de vacío, con trompa de agua, máquina neumática de aceite y trompa de mercurio automática. El laboratorio de termología, aunque era más pequeño que el anterior, contaba también con servicio de vacío producido mediante bomba de agua, con un catetómetro de dos anteojos de gran precisión y cuatro balanzas de distintas capacidades y sensibilidades. Similar al anterior era el laboratorio de electricidad y magnetismo. Tenía material de medidas eléctricas y magnéticas; además contaba con un cuadro regulador de las corrientes eléctricas procedentes del circuito industrial, dos baterías de acumuladores, y un conmutador suizo para la distribución de las diferentes corrientes al resto de los laboratorios. El laboratorio de acústica y óptica estaba también dividido en dos partes, una de ellas dedicada a la cámara oscura. Este laboratorio tuvo entre su instrumental varios goniómetros, espectroscopios y espectrógrafos, un banco de óptica, un polarímetro, cámaras fotográficas y el material de acústica de uso normal en las enseñanzas prácticas.

Los cuatro laboratorios se comunicaban, mediante un pasillo cubierto, con el gabinete donde se custodiaba el material destinado a los experimentos de cátedra, lugar desde donde se accedía al aula donde se impartía la enseñanza oral de esta asignatura de física general.

Dialéctica entre ciencia y lenguaje

El 26 de enero de 1936, Blas Cabrera tomó posesión como académico de la Real Academia Española de la lengua del sillón que había dejado vacante Ramón y Cajal. Su discurso “Evolución de los conceptos físicos y lenguaje” es un documento con un valor excepcional para valorar el esfuerzo hecho por España en el primer tercio del siglo XX en pro de su modernización científica. Pero también permite reflexionar sobre un tema, hoy día de plena actualidad, como es la interesante relación que se establece entre ciencia y lenguaje. El discurso, como es lógico, contiene un elogio encendido a la labor de la JAE, tanto por parte del propio Cabrera como por parte de Ignacio Bolívar, director del Museo de Ciencias Naturales, que fue el encargado de darle la réplica. El discurso de Cabrera recuerda a los

académicos la relación de mutua dependencia existente entre la ciencia y el lenguaje, así como el liderazgo de la física en el desarrollo de la cultura del primer tercio de siglo XX.

Blas Cabrera comenzó su discurso con el elogio de Santiago Ramón y Cajal. Aprovechó para comparar el estado de la ciencia española a finales del XIX y la que se vivía entonces a comienzos de 1936. Se felicitaba por el avance que se había producido, a la vez que agradecía a la JAE su labor de fomento de la ciencia, que englobaba la labor de todos los implicados en un movimiento general de regeneración nacional.

En el agradecimiento a la JAE se detuvo en varios puntos, como el meticuloso manejo del presupuesto: “No creo que haya otro capítulo en los presupuestos del Estado cuyo rendimiento para el progreso de España sea comparable al obtenido por esta benemérita institución”. También recordó el valor del contacto directo que permitieron las pensiones con los maestros europeos. El papel jugado por Amalio Gimeno en el lanzamiento de la Junta en 1910 le hacía recordar el movimiento reformista de la época de Carlos III que “como tantas otras veces la guerra se interpuso en el camino de la civilización”. Recordaría esta línea con amargura el resto de sus días, ya que apenas unos meses después vino a suceder lo mismo.

A continuación, aprovechó la mención de Juan Valera, antecesor en el sillón a Cajal, para reflexionar sobre la inadecuación de la lengua española a la nueva ciencia del comienzo del siglo XX. Era necesario poner al día el instrumento lingüístico, si no se quería depender completamente del exterior. Su formulación era interesante: “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”. Cabrera era consciente de la necesidad de aceptar términos extranjeros, pero criticaba “la invasión en masa del vocabulario de una técnica”. Para él, el decaimiento científico de España fue una de las causas del decaimiento de su idioma y el florecimiento impulsado por la Junta un estímulo no sólo para la ciencia, sino también para el idioma, en la idea tan querida por el mundo de la JAE de la cultura total. Por último, Cabrera terminaba su preámbulo afirmando que las “ciencias físicas ocupan el



Blas Cabrera en 1930. Desde 1929 era rector de la Universidad Central de Madrid.

primer rango como promotores de la cultura moderna” y que las teorías newtonianas que se daban por indiscutibles a comienzos del siglo, habían sufrido serios embates en el primer tercio del siglo XX.

En ese punto del discurso comenzaba la lección magistral sobre las novedades de la física que le tocaron vivir a Blas Cabrera en primera fila. Se las contaba a sus nuevos colegas académicos con ánimo de alta divulgación, aunque imaginamos que tuvieron que ser difíciles de asimilar para más de uno. A la vez, dejaba un resumen de alto interés sobre cómo se vivía, a principios de 1936, la gran novedad que supuso la aportación de la teoría de la relatividad de Einstein y la de la física cuántica que personificaba en Werner Heisenberg, el entonces reciente premio Nobel.

No es este el lugar para entrar en detalles sobre la parte científica del discurso, pero son interesantes para el lector actual los momentos en que insinúa las posibilidades energéticas de la masa y también aquellos en que explica las peculiaridades de la realidad subatómica y el principio de indeterminación. Entre una cosa y otra, Cabrera se permite sugerentes hipótesis, pertinentes por el auditorio, como la idea de que la teoría relativista evolucionó con mayor rapidez que la cuántica, porque la primera encontró “construido un lenguaje adecuado... mientras la última necesitó elaborar poco a poco su algoritmo propio”.

No creo que sea muy atrevido imaginar que cuando el discurso llegó al principio de indeterminación, el propio orador sintiera la necesidad de tomar aire. “En este punto”, decía, “se plantea el viejo problema de la congruencia del conocimiento con la realidad. ¿Tiene o no sentido aceptar una realidad fuera de nuestro conocimiento?” El propio Cabrera consideraba “explicable” la resistencia a las nuevas ideas y realidades que ponía sobre la mesa la física cuántica, y dejaba un interrogante sobre “su valor epistemológico”.

Al final, resumía, todos esos desarrollos científicos “precisan y perfeccionan el lenguaje enriqueciendo sus posibilidades de expresión” y la labor de la Academia necesita la presencia de esa ciencia física “que desde hace más de un siglo preside el desenvolvimiento cultural”.

Viaje a Buenos Aires en 1920

Blas Cabrera fue invitado a viajar a Argentina por la Institución Cultural Española en 1920. Pero esta no era la primera ocasión en que el físico español cruzaba el Atlántico. En compañía de Fernando de los Ríos, había realizado en 1915 un largo viaje por Iberoamérica. Las conferencias científicas que impartió en diversos foros le valieron el nombramiento de doctor *honoris causa* por varias universidades, profesor especial y honorario de las de México

y Buenos Aires respectivamente, y miembro de las academias de ciencias de Lima y Bogotá. De nuevo cruzó el océano en 1916 para inaugurar en México el Instituto Hispanomexicano como profesor extraordinario. Veremos más adelante cómo finalmente fue esta misma ciudad la que le acogió en los últimos años de su vida hasta su muerte.

Volviendo al viaje que realizó a Argentina, el hecho de que el programa del viaje esté recogido en los *Anales* publicados por la institución anfitriona nos permite seguir de cerca los pasos que dio Cabrera en el nuevo continente así como los temas que planteó en los distintos foros a los que acudió. Cabrera no se limitó sólo a la ciudad de Buenos Aires, pues también viajó a Córdoba y a Rosario, e igualmente no sólo impartió cursos en foros académicos, sino que siguiendo un impulso que le acompañó toda su vida, ofreció conferencias en lugares ajenos a la universidad destinadas a públicos más amplios.

Desde la cátedra de esta institución y principalmente en las aulas de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Buenos Aires (algunas clases se impartieron en el Colegio Nacional Central), desarrolló dos cursos paralelos: uno sobre la “Teoría del magnetismo y las propiedades magnéticas de la Tierra” y otro sobre la “Estructura de la materia”.

En el primero de los cursos abordó temas como los diferentes métodos de medida. Otros temas abordados en la universidad bonaerense fueron la teoría Weber-Langevin y la susceptibilidad de los elementos y la estructura del átomo, la teoría del paramagnetismo y los experimentos de Einstein, Haas y Barnett, paramagnetismo y composición química y la hipótesis del magnetón de Weiss, y el ferromagnetismo y la obtención de las diferentes curvas de imantación.

Fue en el seno de la Sociedad Científica Argentina de Buenos Aires y en la Universidad de Córdoba donde disertó sobre “El principio de la relatividad”. En la ciudad de Rosario, sus conferencias versaron sobre el átomo y el electrón, el espectro luminoso y el átomo y, finalmente, la constitución del átomo.

Placa situada a la entrada del Instituto Nacional de Física y Química que recuerda a sus creadores: Blas Cabrera, Miguel Catalán, Antonio Madinaveitia, Enrique Moles, Julio Palacios, Julio Guzmán y Juan M. Torroja; colocada en 1978, en el centenario del nacimiento de Blas Cabrera.



Einstein y Cabrera

Blas Cabrera fue el introductor en España, junto a José María Plans y Esteban Terradas, de las ideas relativistas. La asimilación de las nuevas teorías situó a Cabrera en las mejores condiciones para ser el anfitrión de Einstein en Madrid durante el viaje que el sabio alemán realizó por España en el año 1923.

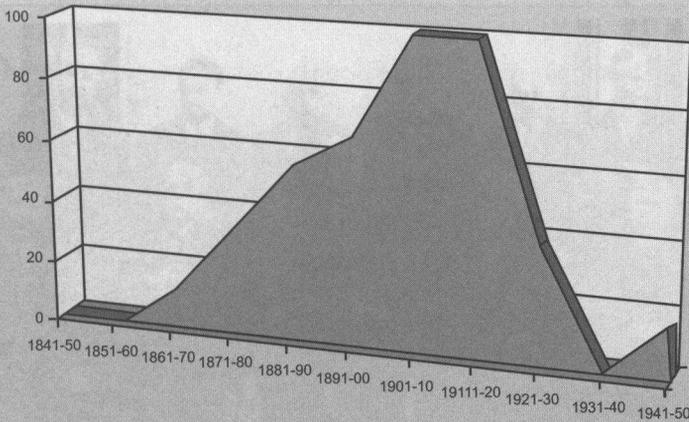
La primera vez que apareció en España la teoría de la relatividad especial fue en los trabajos que, tanto Terradas como Cabrera, presentaron en el primer congreso que organizó la Sociedad Española para el Progreso de las Ciencias que se celebró en Zaragoza en 1908. De Esteban Terradas se puede decir que llegó a ser el mejor germanista entre los físicos españoles de su época. El haber asistido a la escuela elemental en Charlottenburg (barrio a las afueras de Berlín) le facilitó sin duda el acceso a la cultura alemana. En el trabajo mencionado, aludía a la teoría especial sólo como una nueva deducción del principio descubierto por Lorentz y añadía que Einstein y Laub habían hecho una aplicación moderna del mismo para establecer leyes más generales de electrodinámica. Hacia 1910, Terradas ya había incorporado la física cuántica a sus enseñanzas universitarias. En 1912, publicó una amplia reseña del libro de Max von Laue sobre la relatividad especial y, en 1915, dio un curso en el Institut d'Estudis Catalans titulado "Elementos discretos de la materia y de la radiación". La capacidad de Terradas para mantenerse al día de los desarrollos más avan-



Einstein durante su visita al Laboratorio de Investigaciones Físicas en 1923. Destacan en primera fila A. del Campo, Blas Cabrera, Einstein, Julio Palacios y Miguel Catalán.

Existen estudios sobre la importancia que tuvo la idea de éter en la física que se desarrolló en España durante el siglo XIX y la primera mitad del siglo XX. Para ello, se ha estudiado un número importante de libros de texto utilizados para la enseñanza de la física rastreando los pasajes en los que aparecía el éter. Por ejemplo, en la figura se puede comprobar, por décadas, el tanto por ciento de libros que citan al éter en las generalidades de la física desde 1841 hasta 1950.

Como podemos apreciar en la figura, la idea de éter se fue introduciendo paulatinamente en España durante la segunda mitad del siglo XIX. Después, el éter sería muy utilizado durante la primera y la segunda década del siglo XX. A partir de ahí, la entrada de las nuevas ideas relativistas en España favoreció el abandono de la idea de éter, especialmente en la década 1931-40.

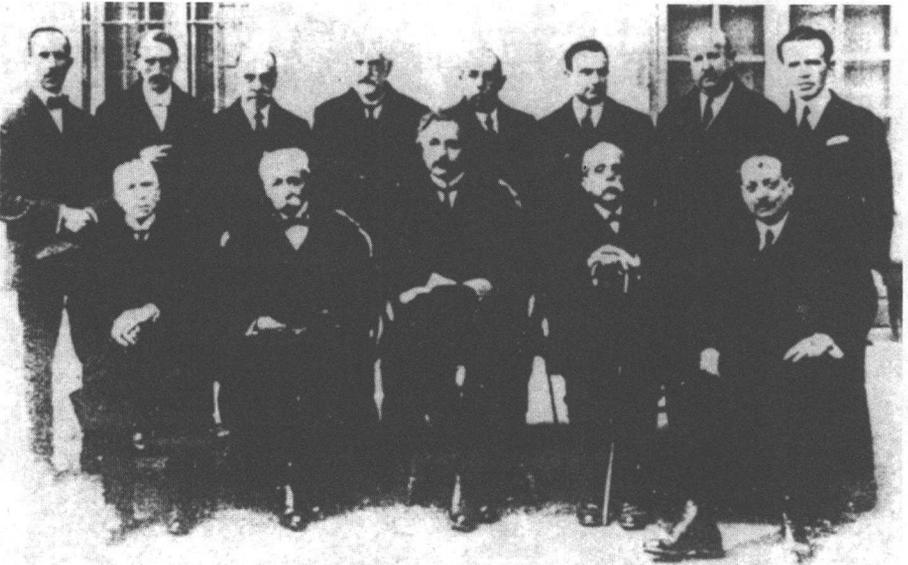


Libros que citan el éter en sus capítulos introductorios (%)

zados en matemáticas y en física de la época hace pensar que, en este primer tercio del siglo XX, la información circulaba y se recibía con bastante rapidez, aunque esto ocurriese sólo en un círculo limitado de personas.

La asimilación de la relatividad por Cabrera siguió unas pautas parecidas. En el texto presentado al congreso de Zaragoza, que trató sobre la teoría de los electrones, todavía partía de la existencia del éter y la teoría de Einstein aparecía, al igual que en el de Terradas, como un refinamiento de la teoría del electrón de Lorentz. No fue hasta 1912 cuando Cabrera dejó esta presunción abandonando el concepto del éter. En 1917, en las conferencias que dictó sobre electricidad en la Residencia de Estudiantes y que dieron como resultado un interesante libro de divulgación, *¿Qué es la electricidad?*, Cabrera puso de manifiesto no sólo su conocimiento sino también su defensa de lo que ya resultaba ser un cambio revolucionario en la concepción y organización de la ciencia.

De nuevo, en 1921, en el discurso que leyó en la Real Academia de Ciencias sobre el estado de la física y que tituló “Momento actual de la física”, hizo de portavoz de las nuevas teorías. Para él la teoría cuántica y la estructura del átomo eran los temas cruciales de la física. Cabrera no sólo acogió y se identificó con las nuevas investigaciones sobre la estructura del átomo, sino que las consideró el punto central de la física de entonces. La conferencia le decantó como uno de los grandes defensores de la relatividad. Parece que,



Einstein con los profesores de la Facultad de Ciencias de Madrid. Einstein está sentado en el medio y Cabrera en el extremo derecho.

entre los científicos españoles que dieron conferencias sobre este tema, Cabrera fue el que tuvo una mayor audiencia. Es probable que este éxito haya que buscarlo no sólo en su capacidad para interpretar las teorías de Einstein sino también en su convencimiento del interés por dirigirse a públicos diferentes.

Los méritos de Cabrera como *divulgador* hay que verlos a la luz de su habilidad para vincular la teoría de la relatividad a otros campos del conocimiento. Ejemplo de esto fue una conferencia que dictó en 1921 ante un grupo de filósofos, donde mostró su interés por las ramificaciones filosóficas de la nueva teoría esforzándose por situarla en el contexto de la teoría del conocimiento.



Einstein en Barcelona, 1923.

pedrocarrascogarrorena

Pedro Carrasco Garrorena nació en Badajoz en 1883 en el seno de una familia humilde. Tras estudiar el bachillerato en su ciudad natal, marchó a Madrid para estudiar física pagándose sus estudios como dibujante gracias a las habilidades artísticas heredadas de su familia. En 1905, obtuvo el título de doctor en ciencias físicas e ingresó en el Observatorio Astronómico de Madrid. Obtuvo la cátedra de física-matemática de la Universidad Central en 1917. Fue un gran experimentador. Observó los eclipses de Sol de los años 1912 y 1914. En este último, consiguió fotografiar el espectro de la corona solar, descubriendo una intensa línea en la región del rojo que fue atribuida a un hipotético átomo llamado coronio. Publicó un gran número de trabajos científicos. En 1939, tuvo que abandonar España y se exilió a México, como otros muchos intelectuales españoles. Allí desarrolló una importante labor educativa, muriendo en 1966.

También dio un curso de doce conferencias en la Universidad de Madrid en otoño de ese mismo año, donde puso particular énfasis en las pruebas experimentales de la teoría de la relatividad, y una conferencia de divulgación que tituló “La teoría de la relatividad” dada en la Sociedad Oceanográfica de Guipúzcoa.

Einstein visitó las ciudades de Barcelona y Zaragoza durante su viaje a España en 1923. Allí fue recibido por Esteban Terradas y Jerónimo Vecino respectivamente. En Madrid, Blas Cabrera ejerció de anfitrión. La estancia de Einstein despertó gran interés y quedó ampliamente reflejada en la prensa de la época. A través de páginas de *El Sol*, *El Debate*, *ABC* o *El Liberal* podemos seguir las distintas recepciones en que fue agasajado por científicos e intelectuales madrileños, las excursiones que realizó a lugares próximos a Madrid e, incluso, las conferencias que impartió, pues de ellas se publicaron concienzudos resúmenes. Tomás Rodríguez Bachiller, entonces todavía licenciado en matemáticas, fue el encargado de hacer este trabajo para *El Debate* mientras que el matemático extremeño Francisco Vera se encargó de hacer lo mismo para *El Liberal*.

En la capital, el sabio alemán permaneció diez días. Al igual que había hecho en Barcelona, dio primero una serie de tres conferencias a un público restringido y con formación científica –la primera sobre la teoría especial, la segunda sobre la general y la tercera la dedicó a exponer sus investigaciones recientes–, para después disertar ante audiencias menos especializadas. Las dos primeras las impartió en la Universidad y la tercera en el Ateneo. Einstein recibió la cantidad de 3.500 pesetas por las tres conferencias, suma que equivalía al salario anual de un profesor universitario español. En la primera de ellas fue presentado por Pedro Carrasco, profesor de física matemática de la Facultad de Ciencias. Junto a hombres de ciencia, matemáticos, físicos y filósofos, también acudieron políticos: el presidente del gobierno Antonio Maura, Joaquín Savatella, ministro de Instrucción Pública y Bellas Artes, y el médico y también político Amalio Gimeno.

En una solemne sesión en la Academia de Ciencias, presidida por Alfonso XIII, Einstein fue nombrado miembro correspondiente. En este acto estuvieron presentes personalidades como Leonardo Torres Quevedo, Cecilio Jiménez Rueda y Eduardo Torroja (matemáticos), Eduardo Hernández Pacheco (geólogo) e Ignacio Bolívar (zoólogo), entre otros. La sesión se inició con el discurso del entonces presidente de la Academia, José Rodríguez Carracido. Atendiendo a los comentarios de la prensa, los discursos que se intercambiaron Cabrera y el sabio alemán despertaron un vivo interés.

Hubo también una reunión especial en la Sociedad Matemática. Allí, junto al Laboratorio Matemático que creó y dirigió Rey Pastor, fue donde se concentró el pensa-



*Der Akademie der Wissenschaften in Madrid
in dankbarer Erinnerung an den März 1923
Albert Einstein.*

Fotografía dedicada por Einstein a la Academia de Ciencias como recuerdo de su visita.
A la Academia de Ciencias de Madrid, en recuerdo agradecido de [la visita de] marzo de 1923.
Albert Einstein.

Blas Cabrera fue internacionalmente reconocido por sus contribuciones en el campo de magnetoquímica. Sin embargo, también dedicó parte de su actividad científica a otros problemas. La siguiente tabla intenta resumir y agrupar el resto de las tareas investigadoras de Cabrera.

Disociación electrolítica

A este problema están dedicados varios trabajos de Cabrera desde 1903 hasta 1918. Sus ideas se desarrollaron más tarde por Debye y Huckel.

Resistencia eléctrica de los metales de transición

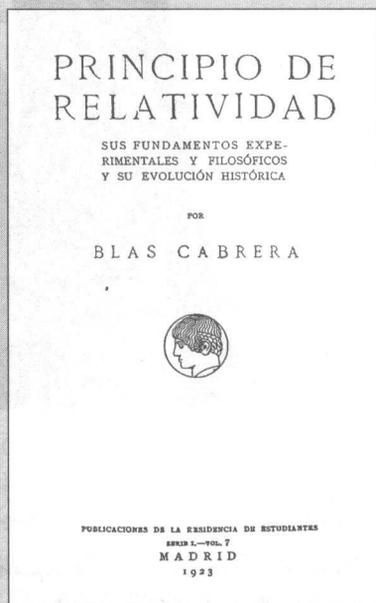
Cabrera estudió experimentalmente la resistencia de la manganina en 1909. Después, en colaboración de J. Torroja, estudió la resistencia de metales ferromagnéticos en presencia de un campo magnético.

Génesis de elementos químicos.

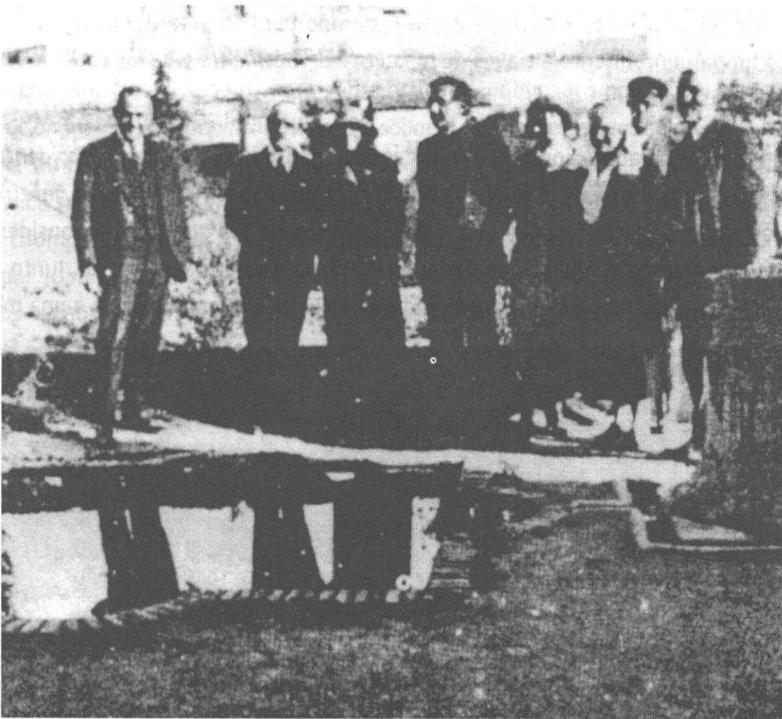
Cabrera estuvo interesado en el análisis de los datos sobre masas atómicas de los elementos químicos. Intentó explicar algunos resultados suponiendo que el núcleo atómico estaba formado por protones electrones y partículas α . Posteriormente, se descubriría el neutrón.

Otras contribuciones

Cabrera también participó en actividades intelectuales y docentes. Podemos citar sus libros ¿Qué es la electricidad?, Principio de relatividad y El átomo y sus propiedades electromagnéticas.



Portada del libro de Blas Cabrera *Principio de relatividad*. Publicaciones de la Residencia de Estudiantes, Madrid, 1923.



Albert Einstein (cuarto por la izquierda), acompañado, entre otros, de José Ortega y Gasset (segundo por la izquierda), durante su visita a Toledo.

Cabrera, hombre fuerte de la JAE en lo que se refiere a los estudios de física, no fue ajeno al amplio programa de visitas de científicos europeos a la Residencia de Estudiantes. No sólo vino Einstein a España. Las visitas de Arthur Eddington o Marie Curie y la reproducción de las conferencias que dictaron en la revista *Residencia* y en otros medios de comunicación, formaron parte de un amplio y nada casual programa de difusión de la nueva ciencia que, por parte de la Junta y para el caso de los estudios de física, sin duda vino de la mano de Blas Cabrera.

La apuesta de Cabrera por la nueva física

Resulta verdaderamente sorprendente que la figura de Blas Cabrera, que en el campo de las ciencias experimentales jugó un papel análogo al de Ramón Menéndez Pidal en el de los estudios históricos y filológicos, haya desarrollado tan poca literatura sobre su vida. Su papel investigador como director de los mejores laboratorios que tuvo España en su época, sus conexiones internacionales al máximo nivel y su trabajo como promotor de la institucionalización de la ciencia, todavía le dejaron tiempo para su veta de divulgador que se manifestó fundamentalmente a través de la *Revista de Occidente* y de las actividades de la Residencia de Estudiantes.

Fueron diez las colaboraciones que Blas Cabrera realizó para *Revista de Occidente*. Esta revista, dirigida por Ortega y Gasset, comenzó a publicarse en 1923. No se interrumpió hasta el estallido de la guerra. En ella colaboraron todos los que Ortega consideró que podían aportar algo para difundir en España la cultura europea y universal. Junto con la revista, y con el mismo objetivo de educar y formar intelectualmente siquiera a una minoría,



Blas Cabrera, derecha, con Julio Palacios. Madrid, 1929.

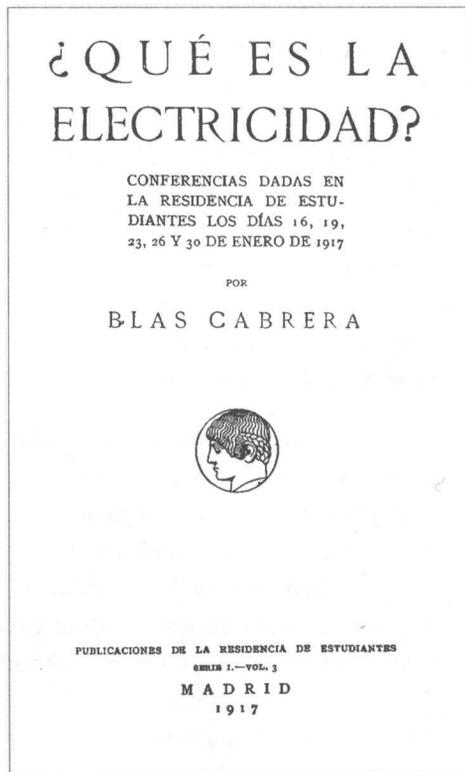
Ortega creó un sello editorial donde se publicaron señalados textos de la vida intelectual europea de la época. La participación de Cabrera en la revista fue importante no sólo por su continuidad (el primer artículo suyo apareció en 1925 y el último en 1933), sino también por su variedad en cuanto a los formatos. Hay artículos de divulgación y ensayos científicos junto a reseñas críticas y bibliográficas de lo que estaba publicándose entonces en Europa. Ejemplo de los primeros fueron “El éter, la relatividad y los resultados experimentales de Miller” (1926, XI, 253), donde presentó estudios científicos sobre estas materias inspirados en las teorías y experimentos de Michelson, Einstein y Eddington; “Cosmogonía” (1926, XIII, 225), en el que partiendo de los estudios cosmogónicos de Kant y Laplace expuso las teorías contemporáneas basadas en los trabajos de Jeans; o el ensayo titulado “Proceso de extensión del conocimiento” (1927, XVI, 303), donde repasa los problemas como el de la física cuántica, la mecánica ondulatoria, o las teorías sobre el campo electromagnético. Por último, otros dos artículos que pueden incluirse en este primer grupo son “La imagen actual del Universo según la relatividad” (1931, XXXIII, 36) y “Cómo ve el mundo la física actual” (1933, XXXIX, 280), donde hace un estudio de la física de su época destacando la aportación de la teoría de la relatividad de Einstein. En cuanto a las reseñas y notas bibliográficas, conviene destacar la del libro de H. A. Kramers y H. Holst *El átomo y su estructura* (1925, X, 117), nota sobre artículos publicados por N. Bohr en 1913 en la publicación inglesa *Philosophical Magazine* sobre el átomo, su estructura y evolución de la noción de átomo y molécula desde Demócrito hasta Ostwald; una breve reseña crítica y biográfica sobre H. A. Lorentz tras su fallecimiento (1928, XIX, 271), y la reseña titulada “A. S. Eddington: Estrellas y átomos” (1926, XXI, 237) sobre el libro del físico inglés, traducido por Juan Cabrera y publicado en la editorial Revista de Occidente en la colección *Nuevos hechos, nuevas ideas*. Esta colaboración de Blas Cabrera en los proyectos de Ortega pone de manifiesto unas ideas comunes y una actitud compartida de lo que ellos entendían que debía ser la cultura española.

Gran amigo del director de la Residencia de Estudiantes, Alberto Jiménez Fraud, Cabrera fue el encargado de seleccionar los físicos que por este lugar pasaron para impartir sus conferencias y cuyos resúmenes publicó la revista *Residencia*. También, como ya hemos mencionado, el propio Cabrera dictó cursos y conferencias que después tomaron la forma de libros. El segundo número de la revista se abre con dos fotos suyas, acompañando al artículo “Evolución inorgánica”. De nuevo Cabrera insistía en sus convicciones cuando afirmaba que el objeto de la física había cambiado pues ya no se trata de investigar el origen de la tierra o del sistema planetario “sino que también se investiga el origen de la materia: comprender cómo y por qué existen los diferentes cuerpos simples”. Este artículo corresponde a las conferencias que pronunció en la Sociedad de Cursos y Conferencias los días 10 y 11 de mayo de 1926.

El siguiente gran artículo sobre física en la revista lo firma R. A. Millikan, director del Laboratorio Norman Bridge de Pasadena, California. Su título era “La física en los últimos 15 años”. Es muy probable que, al menos, su traducción fuera revisada por Cabrera. Es un artículo de alta divulgación donde se reúnen las grandes novedades que van desde el descubrimiento del electrón, los rayos X, el principio de la relatividad, la radioactividad y así hasta quince elementos en lo que supone esa reivindicación, tan querida por Cabrera, de que la física estaba a la cabeza de la cultura contemporánea.

En el número de diciembre de 1931 se encadenan tres artículos de enorme interés. Por una parte se traduce “Actual imagen científica del mundo”, discurso del general J. C. Smits en su toma de posesión de la presidencia de la Asociación Británica para el Progreso de la Ciencia. En él, la física es de nuevo el eje del discurso. A continuación se incluye la conferencia dada por Maurice de Broglie en la Sociedad de Cursos y Conferencias el día 27 de noviembre de 1930 sobre “La Luz”. Por último, se reproduce un artículo de Rutherford sobre Clark Maxwell, lo que hace bastante verosímil la hipótesis de que la influencia de Cabrera, cuyas visitas a la Residencia eran continuadas, estuviera detrás de este persistente hilo de la física en la revista *Residencia*.

El siguiente número, de febrero de 1932, se inicia con el resumen de la conferencia dada por Arthur S. Eddington en la Residencia de Estudiantes titulada “El Universo Estelar”. Entre las fotos que acompañan el texto aparece una en la que Cabrera acompaña al gran sabio inglés. El número de abril del mismo año publica la conferencia que dio Marie Curie sobre “La Radioactividad y la evolución de la ciencia” el 23 de abril de 1931. En el primer número de 1933 de la revista *Residencia*, se recoge la inauguración del Instituto Nacional de Física y Química con acompañamiento de numerosas fotografías.



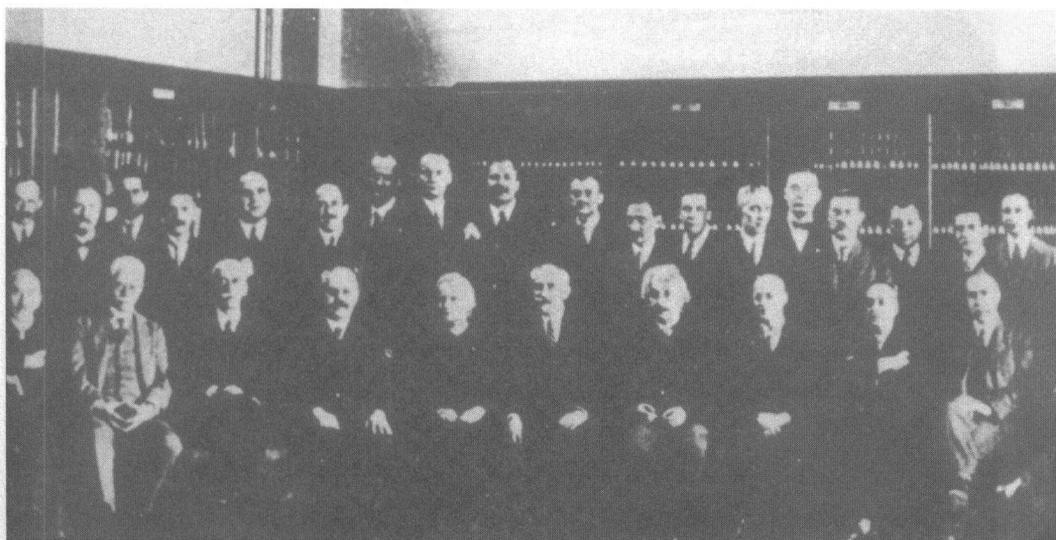
Portada de *¿Qué es la electricidad?* de Blas Cabrera.

Por último hay que hacer constar los dos libros que Cabrera escribió para el sello editorial Publicaciones de la Residencia de Estudiantes: *Qué es la electricidad* y *Principio de relatividad*.

Las conferencias Solvay

El año 1928 marca un hito importante en la vida científica de Cabrera. A los muchos reconocimientos internacionales que había recibido su trayectoria como científico, hay que añadir el nombramiento que tuvo mayor trascendencia a lo largo de toda su carrera. Pasó a formar parte del consejo científico del Instituto Internacional de Física Solvay a propuesta de Marie Curie y Albert Einstein. Estas reuniones, que se celebraban cada tres años, reunían a los mejores físicos del mundo. Había doce premios Nobel en un grupo de veintiséis científicos, por lo que no es de extrañar que fueran consideradas las de mayor nivel científico.

El origen de este Instituto, creado en 1912, data de 1910. Por entonces, los físicos Walther Nernst y Max Planck buscaban la forma de organizar un congreso donde exponer y discutir la teoría cuántica, que el propio Planck había iniciado en 1900. El químico belga Ernest Solvay, que había hecho una fortuna al desarrollar un procedimiento de fabricación de bicarbonato sódico, se ofreció para subvencionar una reunión que se celebró entre el 30 de octubre y el 3 de noviembre de 1911. Este primer encuentro en Bruselas, o I Conferencia Solvay, estuvo dedicado a "La teoría de la radiación y los quanta". En él no sólo estuvo pre-



Fotografía de los asistentes a la VI Conferencia Solvay en 1930. Son fácilmente distinguibles Marie Curie y Albert Einstein.

sente la élite de los físicos de entonces, sino que por primera vez se pudo hablar de una reunión realmente internacional dedicada a un tema crucial en la física del momento. Se acordó nombrar un comité internacional compuesto por nueve científicos que permanecieran como miembros por un período de seis años cada uno. Este comité era el encargado de seleccionar los temas de las conferencias y de elegir los quince o veinte invitados que, junto a los miembros del comité, discutirían y aportarían luz sobre el tema planteado.

Un repaso a las conferencias Solvay pone de manifiesto la voluntad expresa de plantear problemas específicos de gran dificultad con el fin de resolverlos a través de interesantes discusiones. Éstas ejercieron sobre el posterior desarrollo de la física moderna una gran influencia.

Las siguientes conferencias tuvieron lugar en 1913, 1921 y 1924. La V Conferencia se reunió en 1927 para tratar sobre el tema “Los electrones y los fotones”. Esta conferencia tuvo importancia ya que las bases de la mecánica cuántica se acababan de establecer, y en ella se reunieron todos los que de alguna forma habían contribuido a su creación. Fue esta la primera ocasión en que la interpretación física de la mecánica cuántica fue discutida a fondo por Einstein y Bohr desde puntos de vista contrapuestos.

Blas Cabrera fue también elegido miembro de la Academia de Ciencias de París en 1928, a propuesta de los físicos Paul Langevin y Maurice de Broglie.



VII Conferencia Solvay, 1933.

En la VI Conferencia Solvay, de 1930, el tema tratado fue las “Propiedades magnéticas de la materia”. Cabrera tuvo importantes aportaciones. La mecánica cuántica había enriquecido el conocimiento teórico de las propiedades magnéticas de la materia y él contribuyó con un detallado análisis sobre los resultados experimentales que había obtenido relativos a los momentos magnéticos de los átomos de las distintas series de transición.

Blas Cabrera siguió perteneciendo al comité durante la preparación de la VII Conferencia, que se reunió en 1933 para trabajar sobre la “Estructura y propiedades de los núcleos atómicos”, y de la VIII, que bajo el tema “Partículas elementales y sus interacciones” se iba a celebrar en 1939 pero fue suspendida a causa de la Segunda Guerra Mundial.

nielsbohr

Niels Bohr nació en Copenhague en 1885. Ingresó en la Universidad de Copenhague en 1903 para estudiar físicas. Su primer trabajo experimental, sobre el análisis de las vibraciones de chorros de agua con el fin de determinar la tensión de superficie, lo realizó en el laboratorio de fisiología de su padre y por él recibió en 1906 la medalla de oro de la Academia de Ciencias danesa. Se doctoró en 1911 con una tesis sobre la teoría del electrón en los metales. El mismo año viajó a Inglaterra para estudiar con J. J. Thomson en Cambridge y, al año siguiente, se trasladó a la Universidad de Manchester, donde trabajó sobre la estructura del átomo con Ernest Rutherford y su grupo. En julio de 1912, Bohr volvió a Copenhague, donde continuó trabajando sobre su nueva teoría de la estructura del átomo, investigación que hizo pública por primera vez en 1913. Sus trabajos sobre estructura atómica y sus estudios sobre radiaciones le proporcionaron el premio Nobel de física en 1922. Además de la contribución de Bohr a la teoría cuántica, hay que destacar también su descripción teórica de la tabla periódica de los elementos, su teoría sobre los núcleos atómicos como estructuras compuestas y su comprensión de la fisión del uranio. En 1943, los orígenes judíos de su madre le llevaron a viajar a Inglaterra, donde comenzó a trabajar en un proyecto de fisión nuclear. Tras un corto periodo de tiempo viajó a Estados Unidos, a Los Álamos, donde continuó con el mismo objetivo: la creación de la bomba atómica. En 1957, y tras sus manifestaciones públicas tendentes a conseguir el compromiso de los políticos hacia un control del armamento nuclear, recibió el primer premio Átomos para la Paz. Murió en Copenhague en 1962.

La Guerra Civil y el exilio

La rebelión militar del 18 de julio de 1936 sorprendió a Blas Cabrera en Santander, donde estaba desempeñando su trabajo como rector de la Universidad Internacional de Verano (este cargo lo había ejercido Ramón Menéndez Pidal hasta 1934). Apenas llevaba en esta ciudad cuatro días, pues hasta el día 14 había estado en Ginebra en las reuniones de la comisión de expertos del Comité de Cooperación Intelectual de la Sociedad de las Naciones.

La vuelta de Santander a Madrid fue bastante complicada. Las comunicaciones con el norte de Castilla se habían interrumpido y la ciudad de Irún había caído en manos de los sublevados, lo que bloqueaba la salida natural de los invitados europeos. Cabrera, como rector de la universidad, tuvo que responsabilizarse de la vuelta de los alumnos y profesores que en el momento de la rebelión militar allí se encontraban. Por ello solicitó ayuda a Francia, que envió un barco a San Sebastián. Este barco les trasladó a Barcelona donde llegaron el 11 de septiembre. Parece que dos días después ya estaban en Madrid. Pero Cabrera permaneció poco tiempo en la capital: el 9 de octubre de 1936 se encontraba ya alojado, acompañado de su mujer, en el Colegio de España en París. Dejaba atrás su casa, un chalet situado en El Viso muy próximo a su lugar de trabajo y que durante buena parte de la Guerra Civil fue el lugar de residencia de Luis Bru, otro investigador formado en el Rockefeller. Dejaba, sobre todo, un centro de investigación con unas instalaciones y un equipo de trabajo que le había costado mucho esfuerzo conseguir. El Colegio de España sería su lugar de residencia, al igual que la de otros exiliados españoles, durante toda su permanencia en la capital francesa. La posición de Cabrera ante la guerra, como la de tantos otros vinculados al mundo de la Junta, fue indecisa, porque si bien eran leales al gobierno de la República y antifranquistas por convicción, las autoridades republicanas fueron incapaces de garantizar su seguridad en el Madrid de la guerra. Quedaban expuestos así a las amenazas y los crímenes de los sectores más exaltados.

En los siguientes términos transmitía, en una carta que escribió a Ortega y Gasset el 23 de octubre de 1936, cómo ocupaba su tiempo en París y sus inquietudes y sentimientos ante como se iban desarrollando los hechos (Sánchez Ron 1999, 314-315):

“Ahora, como otras veces, me ha salvado de dificultades, claro que pequeñas como corresponde a mi insignificancia política, los Pesos y Medidas. Con la serenidad de la Física, mientras la lucha es cruel y cruenta en Madrid y España, yo tengo que inventariar los fondos del Bureau International, llegando hasta visitar las Cajas del Banco de Francia, para hacer la entrega al nuevo Director de dicha institución...

Salí de Madrid optimista y dispuesto a retornar inmediatamente; pero la rapidez de la evolución de las cosas, junto con el insistente consejo y ruego de los amigos me ha hecho



Blas Cabrera y su esposa, María Sánchez del Real, durante su exilio en París.



Blas Cabrera, durante su exilio en París, 1940.

desistir del retorno, ya sin remordimiento puesto que el Gobierno ha dado la pauta. En este París se encuentra hoy medio Madrid en idéntica situación...”

Cabrera había sido nombrado en 1931 miembro del Comité Internacional de Pesas y Medidas en sustitución de Leonardo Torres Quevedo que, por motivos de salud, había presentado su dimisión. En esta institución, que tenía su sede en París, desempeñó el cargo de secretario general desde 1937 y hasta 1941, año en que se exilió definitivamente a México.

Cabrera compaginó sus trabajos en este organismo con la asistencia a numerosas reuniones de alto nivel científico, en un momento también difícil para Europa. En la Universidad de Estrasburgo

manuel sandoval vallarta

Manuel Sandoval Vallarta (México D. F., 1899-1977) se licenció en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) en 1921 y se doctoró en ciencias en la especialidad de física teórica en 1924. En 1927 y 1928 una beca de la Fundación Guggenheim le permitió asistir a cursos, en Berlín y Leipzig, con Einstein, Planck, Schrödinger, Heisenberg y Debye. De 1923 a 1946 ocupó los cargos de profesor asociado, adjunto y titular en el MIT y de profesor visitante en la Universidad de Lovaina. A partir de 1943 repartió su tiempo entre el MIT y la Facultad de Ciencias y el Instituto de Física de la Universidad Nacional Autónoma de México. Tras 1946, año en que se radicó definitivamente en la capital mexicana, impulsó el desarrollo de la investigación científica mexicana. Trabajó sobre métodos matemáticos, mecánica cuántica, relatividad general y, a partir de 1932, rayos cósmicos. En esta última especialidad fue donde hizo sus más valiosas aportaciones.

tuvo lugar el congreso que se celebró en 1939 sobre magnetismo. De igual modo, tampoco abandonó el trabajo experimental: en compañía de la científica Mme. Cotton comenzó la instalación de un Laboratorio de Investigaciones Magnéticas, tarea que se vio interrumpida por su salida hacia México.

En octubre de 1941, el ministro plenipotenciario de España en París comunicó a Cabrera el deseo del gobierno español de que dimitiera de su puesto en el Comité Internacional de Pesas y Medidas. Fue entonces cuando, si todavía guardaba alguna esperanza de poder regresar a España tras la guerra, no tuvo otra salida que reconocer que eso se hacía imposible. Decidió entonces trasladarse a México. Fue en noviembre de 1941 cuando él y su mujer iniciaron un largo viaje sin retorno que les llevaría desde París a México D. F.

A partir de entonces la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México fue su nuevo lugar de trabajo. En ella impartió clases de física atómica y de historia de la física. Colaboró con un grupo de jóvenes científicos mexicanos que trabajaban con el profesor Manuel Sandoval Vallarta, conocido por sus importantes trabajos sobre radiación cósmica.



Blas Cabrera e Ignacio Bolívar en su exilio en México.
Más información sobre Ignacio Bolívar en el libro *La ciencia en el campo*, de Santos Casado de Otaola, en esta misma colección. NIVOLA, 2001.

Uno de los últimos cargos que asumió Blas Cabrera como científico e intelectual fue la dirección de la revista *Ciencia* tras la muerte del naturalista Ignacio Bolívar en 1944. Esta revista, editada por los científicos españoles en el exilio, se convirtió en un importante referente de la ciencia en México. Cabrera no sería el director por mucho tiempo. Falleció el 1 de agosto de 1945.

CIENCIA

*Revista hispano-americana de
Ciencias puras y aplicadas*



DIRECTOR FUNDADOR:
PROF. IGNACIO BOLIVAR URRUTIA
DIRECTOR:
PROF. BLAS CABRERA

Portada de uno de los números de la revista *Ciencia* que dirigió Blas Cabrera.