ACADEMIA DE
CIENCIAS, INGENIERÍAS Y HUMANIDADES DE LANZAROTE

‘CINCUENTA AÑOS DE LA EVOLUCIÓN DEL CONCEPTO DE MATERIA. AVENTURA DEL PENSAMIENTO’

(Artículo de Blas Cabrera y Felipe, Cuadernos Americanos 1943)

UNA LECTURA COMENTADA

Discurso leído en el acto de su recepción como
Académico Correspondiente en Tenerife por

D. **Antonio Leandro Trujillo Casañas**

el día 12 de noviembre de 2025

‘CINCUENTA AÑOS DE LA EVOLUCIÓN DEL CONCEPTO DE MATERIA. AVENTURA DEL PENSAMIENTO’

(Artículo de Blas Cabrera y Felipe, Cuadernos Americanos 1943)

UNA LECTURA COMENTADA

‘CINCUENTA AÑOS DE LA EVOLUCIÓN DEL CONCEPTO DE MATERIA. AVENTURA DEL PENSAMIENTO’

(Artículo de Blas Cabrera y Felipe, Cuadernos Americanos 1943)

UNA LECTURA COMENTADA

Discurso leído en el acto de su recepción como
Académico Correspondiente en Tenerife por
D. **Antonio Leandro Trujillo Casañas**
el día 12 de noviembre de 2025

Arrecife (Lanzarote), Hotel Lancelot Playa

Excmo. Sr. Presidente de la Academia de Ciencias, Ingenierías y Humanidades de Lanzarote.
Ilmos. Sras. y Sres. Académicos,
Señoras y Señores.

I. PRELIMINARES

La lectura comentada de este texto se relaciona en seguida con mi dedicación—desde 1978– al estudio y reflexión sobre la vida de Blas Cabrera y Felipe y también con la necesidad de comprender y compartir su legado intelectual; también obedece al afán de ocuparnos de la persona, en primer lugar, y converger en su actividad social y científica. En este caso nos situamos en el exilio mexicano que el Profesor Cabrera comparte durante cuatro años (1941–1945) con el grupo de intelectuales españoles y mexicanos que tenían el deseo firme de establecer un puente entre la vida anterior y las nuevas circunstancias.

La actividad investigadora sobre la historia y filosofía de la ciencia española ha sido crucial para la recuperación de la memoria y presencia de Blas Cabrera y Felipe —como figura central— del resurgir de la ciencia española durante el primer tercio del siglo

XX; se ha escrito mucho y bien sobre su importancia como organizador y científico en el contexto de lo que podemos llamar el despegue de la investigación científica en España y su aproximación a los cánones de la ciencia -y en particular de la física- europeas; sin embargo, su faceta humana ha quedado algo velada siempre por la escasez de documentos familiares. Por lo demás, hemos querido acentuar -en lo posible- la íntima relación de la persona y su obra científica.

La llegada de Cabrera a México y su pronta integración apoyado por las gestiones de un grupo de intelectuales mexicanos –con antiguos lazos académicos con España[1]–y españoles del exilio, al crear la *Casa de España* en 1938, seguramente inspirada en el modelo de la la *Residencia de Estudiantes* de Madrid. Por lo demás, Cabrera recibió ayudas de la JARE en asistencias médicas, auxilios económicos y facilidades de alojamiento en la *Plaza de Río Janeiro — Colonia Roma* de la Ciudad de México—.

Consciente de su importancia, emprendí la lectura de «Cincuenta años de la evolución del concepto de materia» (1943) con el propósito de resaltar no solo los argumentos explícitos del texto, sino también las resonancias filosóficas y las condiciones sociopolíticas que lo atraviesan. El itinerario hermenéutico seguido descansa en tres pilares: (I) la lectura **filológica crítica** del artículo —realizada con respeto escrupuloso a pasajes, interpolaciones y variantes—, y sustentada además en la **comparación y cotejo con**

---

[1] *Alfonso Reyes Ochoa (1889-1959)*, escritor, ensayista, poeta, diplomático, filósofo y humanista, una de las personalidades más brillantes de la cultura mexicana en la primera mitad del siglo XX. Desde su llegada a Madrid en 1914 se incorporó a la vida intelectual española y se vinculó al Instituto de Estudios Históricos de la JAE cuyo director era Ramón Menéndez Pidal (1869-1968). mexicana en la primera mitad del siglo XX. Desde su llegada a Madrid en 1914 se incorporó a la vida intelectual española y se vinculó al Instituto de Estudios Históricos de la JAE cuyo director era *Ramón Menéndez Pidal (1869-1968).*

otros textos divulgativos de Cabrera, a fin de esclarecer la evolución de su lenguaje conceptual y de su pensamiento científico; (II) la contrastación de sus tesis con las corrientes físico-filosóficas que dominaban entre 1890 y 1945; y (III) la integración de fuentes hemerográficas y epistolares. que dan cuenta de la recepción de Cabrera tanto en Europa como en América. El resultado —es de esperar— muestra que aquel «último texto impreso en México» no fue un ejercicio nostálgico, sino un balance programático destinado a la comunidad universitaria mexicana, depositaria de su experiencia europea y, a la vez, interlocutora privilegiada para repensar la relación entre ciencia, cultura y modernidad.

Este somero análisis no aspira a clausurar el debate; antes bien, pretende abrir líneas de investigación que, partiendo de Cabrera, exploren la circulación transatlántica de los conocimientos fisicoquímicos y la atención especial a la divulgación para ampliar la cultura científica. Pensamos que pueden ser de interés —asimismo— general las notas a pie de página —en las que se manejan nombres propios, pasajes intertextuales y coyunturas históricas— que podrían facilitar posteriores indagaciones filológicas y prosopografías. Es nuestro deseo que nuestra aportación resulte de interés para una aproximación a la persona y al contexto de Blas Cabrera en los últimos pasos de su vida, al mismo tiempo se dirige a la consideración general con la esperanza de que estimule nuevas lecturas sobre la "aventura del pensamiento" que marcó el tránsito de la física clásica a la moderna.

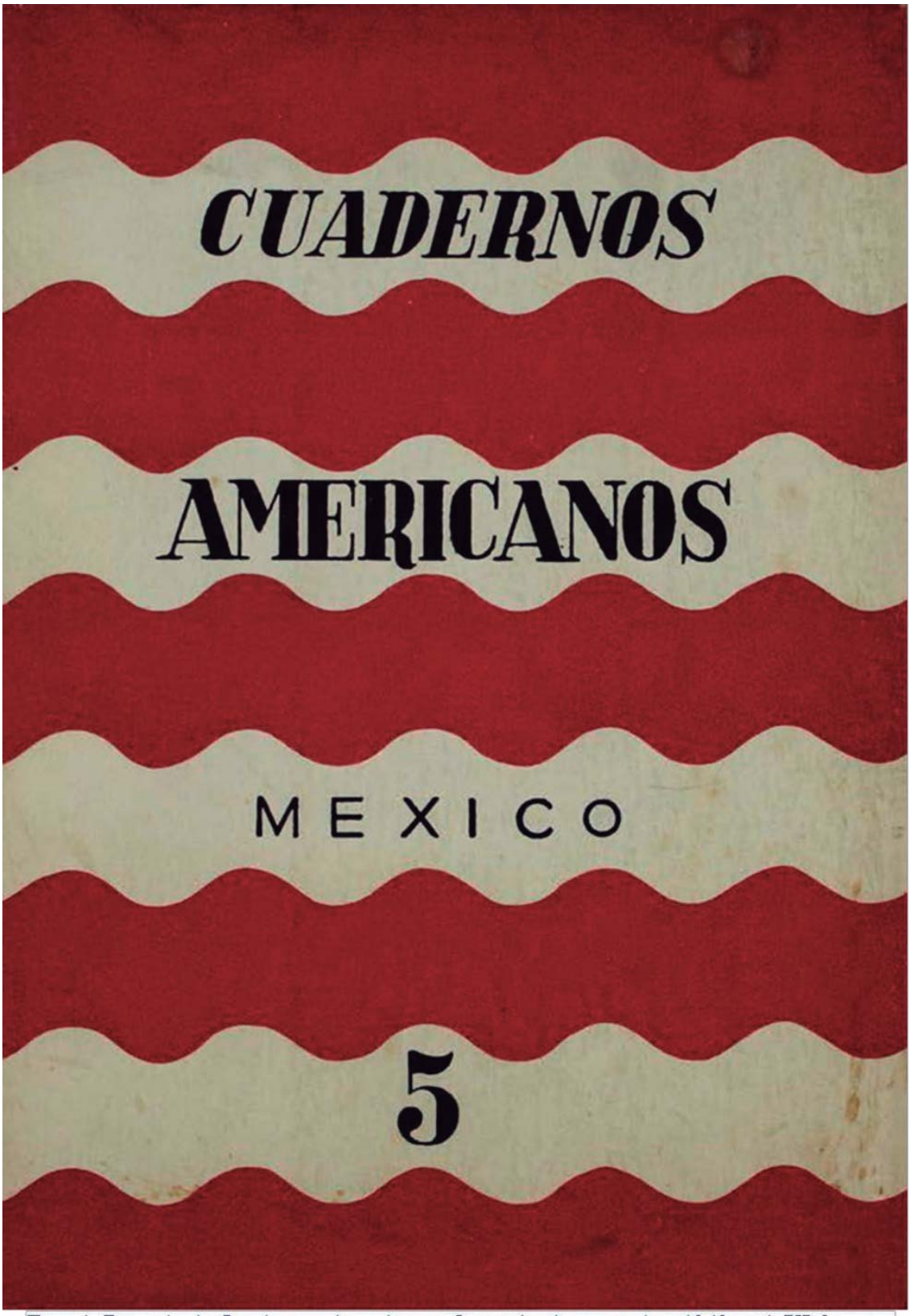


Foto 1. Portada de Cuadernos Americanos 5, septiembre–octubre 1943, vol. XI 2

... No pretendo aquí hacer la historia de un período de la ciencia limitado por estados concretos de las concepciones sobre lo que llamamos materia» [Blas Cabrera y Felipe, «Cincuenta años de la evolución del concepto de materia»]

... Nada viable brotará de lo presente que no tenga raíces en el pasado» [José Rodríguez Carracido, Discurso de Ingreso en la Real Academia Española, 1908]

... Las tardes apacibles, la transparencia del éter, el perfume de las flores, el canto de los pájaros, contribuyen a la pintura de un cuadro [Manuel Picar Morales. Tiempos mejores -Recuerdos laguneros- Tip. de A. J. Benítez, S/C de Tenerife, 1899]

II. ¿CÓMO CONCEBÍAMOS LA MATERIA EN LAS AULAS UNIVERSITARIAS CUANDO NOS SENTÁBAMOS EN SUS BANCAS?

Este artículo[2] es el último de su autor que pasó por la imprenta[3]. Como en otras ocasiones, vuelve el profesor Cabrera a repasar la evolución de la física haciendo gala de un amplio conocimiento, de su buena pluma y sentido pedagógico.

> *«… sólo pretendo hacer vivir en una hora cómo mi generación ha vivido la evolución de las ideas que nuestros maestros consideraban el más justo reflejo de la realidad hasta las concepciones que hoy ofrecemos a nuestros discípulos como la más justa del mundo que atrae al observador …»* [p. 73]

No es nueva nuestra dedicación a la vida y obra del físico canario que iniciamos desde 1978 y sin pausa; la continuidad de la investigación nos inclina a leer con mucha atención —y desde diferentes puntos de vista— sus escritos, tratando de buscar en ellos el genio y la voz de su autor. También nos parece que la atención que ponemos nos permite entrever huellas de sus anhelos y de su carácter abierto y bondadoso y –por supuesto– su modo de pensar y sentir la física.

El texto nos proporciona detalles de su visión teórica del mundo físico; al escribir para un público heterogéneo desciende a

---

[2] CABRERA FELIPE, Blas. *Cincuenta años en la evolución del concepto de materia*. Cuadernos Americanos 5, septiembre-octubre 1943.

[3] *Ciencia*, la revista editada en el exilio desde 1/3/1940 con la presidencia del consejo editorial de *Ignacio Bolívar y Urrutia* —científico de reconocimiento internacional, director del Museo de Ciencias Naturales de Madrid— hasta su fallecimiento en México el 19 de noviembre de 1944. Blas Cabrera fue elegido para sustituirle en la dirección, se supone que con el propósito de dar a la revista un aval de internacionalidad.

detalles significativos mediante analogías y metáforas —paso a paso— desde las leyes esquemáticas y operacionales de los gases perfectos hasta el nacimiento de los paradigmas atómicos y cuánticos. En este texto se evidencia –además– su deseo de hacer historia de la evolución de su propio pensamiento, de sus ansias por saber y acercarse a la realidad, tal como acertadamente diría Xavier Zubiri [ZUBIRI, 1980][4]; todo parece indicar que la voluntad y el pundonor le impulsan a mantener una actividad constante en diferentes ámbitos de sus vivencias; en círculos familiares hemos oído –no hace tanto tiempo– que 'no paraba de leer', siempre estaba leyendo algo con curiosidad innata, quería mantenerse al tanto y actualizado en los últimos avances de las investigaciones científicas de cada momento de su trayectoria.

Como otros científicos de fuste: J.J. Thomson, Ernest Mach, Santiago Ramón y Cajal, Max Planck, Louis De Broglie, A. Einstein, N. Bohr, M. De Broglie, J. Palacios, Schrödinger, P. Dirac –sin que se agote esta enumeración– lee y estudia historia y filosofía de la ciencia que es el tamiz de sus pensamientos, no se puede concebir –diríamos– un mundo físico fraccionado en parcelas del saber y de la actividad investigadora. No descubrimos nada nuevo si decimos que –de acuerdo con Cabrera– todo avance científico tiene continuidad en el tiempo, e incluso insiste en que la evolución de las leyes físicas se comporta como un punto generador de una *'espiral logarítmica'* que se repite avanzando continuamente en el seno de una epistemología que se genera en diferentes campos de la física, extendiéndose y completando un modelo de mundo físico que pertenece a un saber humano general; es todo lo que se ha construido en el pasado histórico y que se proyecta en lo que se espera hacer en el futuro.

---

[4] ZUBIRI, Xavier (1898-1983). *Inteligencia sentiente*. *Vol. I Inteligencia y realidad*. Fund. Zubiri, Alianza Ed., 1980-1983.

Paul Adrien Maurice Dirac (1902–1984) comparte con Cabrera esta línea de pensamiento, ha dejado escrito que la evolución experimentada por la física y la ciencia en general es un proceso de desarrollo[5].

> *«… este proceso de desarrollo continuo puede considerarse como un proceso evolutivo que ha ido aconteciendo durante varios siglos …» [DIRAC, 1963].*

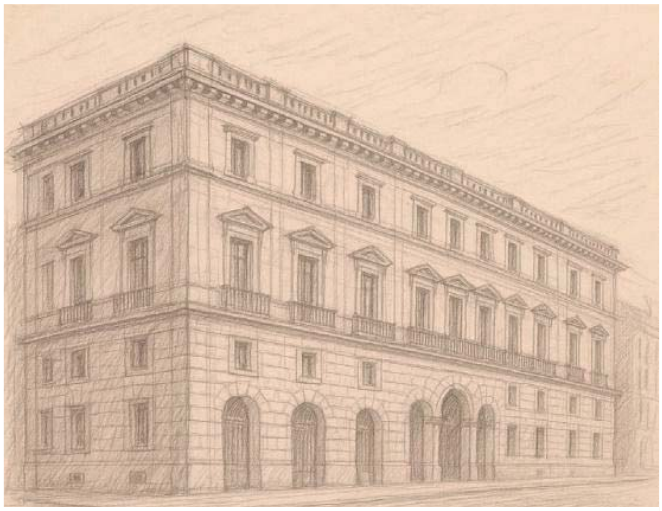
Francisco de Paula y Caballero Infante.

Como hemos dicho en otras ocasiones, Cabrera manifiesta verdadero interés -desde la época de estudiante- en comunicar a los demás la importancia de la historia y filosofía de las ciencias físicas como recurso para entender -o asimilar mejor- de qué forma se ha

---

[5] DIRAC, Paul A. M. '*The Evolution of the Physicist's Picture of Nature*' ['*La evolución de la visión del físico sobre la naturaleza*']. Conferencia pronunciada '*Simposio de Física de Trieste*' – Centro Internacional de Física Teórica (ICTP). '*La concepción física de la naturaleza*'. Investigación y Ciencia (Temas 10), 4º trimestre 1997, pp. 4-12.

llegado al nivel de la ciencia contemporánea. Es riguroso y claro al explicar los conceptos para su mejor comprensión; utiliza las *analogías y comparaciones*, método que conoció -inicialmente- en las lecciones de su profesor *Francisco de Paula Rojas y Caballero Infante (1832-1909)* en la cátedra de *Física Matemática*, justo en el cambio de siglo en las aulas del caserón del Noviciado de la calle San Bernardo de Madrid.



Caserón del Noviciado –Madrid.

No es novedad si decimos que la historia y filosofía de las ciencias físicas constituyen un recurso excelente para subrayar los cambios del pensamiento científico que se producen a medida que se avanza en la frontera del conocimiento; le ayuda su cultura para escribir y hablar de la física en diferentes momentos en los que se le presenta la oportunidad para hacerlo; dedicar tiempo y entusiasmo para enseñar, comunicar y escribir es una constante en su actividad como profesor, maestro y científico de prestigio.

Como científico reflexivo, en toda oportunidad ha dejado constancia de la evolución progresiva del conocimiento científico, así como de las formas de interpretar el mundo físico.

> *... La ciencia procede siempre esquematizando sus objetos de estudio con el fin de precisar cuánto es posible los conceptos sobre los cuales elabora. Notoriamente quedan fuera de consideración muchos detalles y aspectos que no interesan en un primer análisis de la Naturaleza, y*

no es de extrañar que ello acarree disparidades entre la teoría y los resultados de una observación más atenta de la realidad. Cuando estas disparidades alcanzan los límites de la tolerancia de la técnica, no hay otro camino que modificar el esquema sobre el cual la Ciencia trabaja… [Cabrera, 1922][6].

Los recursos didácticos que utiliza evidencian su voluntad de aproximarse a un concepto con ejemplos sencillos y con la amabilidad de su palabra; estos aspectos de su estilo de enseñanza permanecieron de forma consustancial –según nuestro criterio– desde que se publicaron sus primeros artículos en el periódico "El Heraldo" -dirigido por su tío *Patricio Perera Álvarez (1856-1899*- de lo que dimos cuenta en el *Congreso Internacional en Conmemoración del 50º Aniversario de la Muerte de Blas Cabrera* celebrado en Canarias en 1995. También podemos referirnos a un buen número de sus conferencias a nivel divulgativo o académico, en particular las pronunciadas durante su embajada cultural en México y Cuba (1926-1927); en La Habana -con *Fernando de los Ríos Urruti (1879*-1949)- recibió un cálido recibimiento, emociona leer la impresión que le causó al periodista que extractamos brevemente:

El Dr. Blas Cabrera es un hombre recio, más bien bajo, más bien grueso. Carece de la facilidad de palabra inherente a los habladores profesionales; pero cuando dice algo, infiltra la seguridad que lo posee. La seguridad matemática de lo científicamente cierto. Tiene ojos grandes, sobresalientes, absortos. Habla y parece ver en la lejanía más allá de las personas y las casas que lo rodean, la

---

[6] CABRERA, Blas. Prólogo a *Metalografía aplicada a los productos siderúrgicos* de Emilio Jimeno Gil, 1922.

materialización de lo que afirma. En los silencios da la sensación de haber vuelto su atención hacia dentro, acaso para seguir la corriente de sus pensamientos. Pero cuando habla, como cuando calla, sus ojos constituyen el punto central y atrayente de su fisonomía [El Mundo, viernes 7/enero/1927].

Como autor del prefacio[7] al libro *Átomos Radioactividad Trasmutaciones* de *Maurice de Broglie (1875-1960)*[8], Cabrera considera necesario y positivo escribir para divulgar, pero es consciente de que existen «…autores que no tienen la preparación necesaria…» y cometen errores que persisten en la mente de los lectores potenciales los cuales «…adquieren por este camino no pocas nociones equivocadas…». Desde su experiencia personal -como autor de textos para la divulgación- confía en que cualquiera que sea el escritor de memorias, artículos, libros, etc. -dedicados a divulgar- debe tener en cuenta que [CABRERA, 1940][9]:

La tarea del «divulgadizador» [sic.] de una doctrina es dar al profano, con la mayor claridad posible, sus conceptos fundamentales, utilizando imágenes accesibles por pertenecer a un orden de conocimientos que son del dominio del presunto lector; pero tan importante como esta finalidad positiva es la de evitar ciertas confusiones lamentables que son más tarde rémora para el perfeccionamiento de la cultura.

---

[7] CABRERA FELIPE, Blas. Prefacio a *Átomos, radioactividad, tramutaciones*. Lib. Hachette S. A., Buenos Aires, 1940, traducción de *Nicolás Cabrera Sánchez Real* de *Atomes, radioactivité, transmutations*. Bibliothèque de Philosophie Scientifique, Flammarion, Paris, 1939.

[8] DE BROGLIE, Maurice. *Átomos Radioactividad Tramutaciones*. Lib. Hachette S. A. Buenos Aires, 1940.

[9] DE BROGLIE, Maurice. *Átomos, Radiactividad, Transmutaciones*, véase el prefacio. Librería Hachette S. A. Buenos Aires, 1940.

Según nos dice *Thomas S. Kuhn (1922-1996) 'The Structure of Scientific Revolutions (1962)'*[10] una teoría no es un proceso lineal sino más bien una sucesión de modelos - *paradigmas*- que se establecen temporalmente hasta ser reemplazado por un nuevo avance. Cabrera afirma que la rapidez de la evolución de los modelos científicos no puede ser tomada como medida del *'progreso del saber humano'*, en todo caso -dice- sólo en parte ha contribuido; más bien es la aproximación de la cultura universitaria al progreso del saber que se genera en la ciencia positiva, es decir, el despertar del interés por la ciencia moderna. Repasa los conceptos fundamentales sobre el comportamiento de la materia, atendiendo no sólo a una visión macroscópica, sino que va completando -con autoridad y pedagogía- todos los logros conseguidos en los cincuenta años anteriores, es decir, desde finales del siglo XIX, cuando todavía era alumno Facultad de Ciencias facultad hasta la publicación del presente texto -México 1943-.

Desde luego, su propósito declarado es reflexionar sobre la forma en que su generación había contemplado la evolución de las teorías sobre la estructura de la materia durante medio siglo. Considera que los profesores de cada época transmiten el modelo de mundo físico ampliamente aceptado por la comunidad científica, es decir, «… era lo que nuestros maestros consideraban el más justo reflejo de la realidad» [p.73]. De hecho, contribuye decididamente al mejor entendimiento del comportamiento íntimo de la materia con un modelo de mundo que se presenta como la realidad de lo que vemos.

---

[10] KUHN, Thomas S. '*La estructura de las revoluciones científicas*'. *Fondo de Cultura Económica*, México, 1971.

Cada generación tiene su tiempo con diversas etapas y ritmos -incluso con pausas- y aunque a veces parezca que nos acomodamos a lo existente, en realidad lo que ocurre es que siempre estamos buscando la manera de imponernos; se pone en evidencia la voluntad que transforma el devenir según deseos y proyectos propios.

Los textos y lecciones utilizadas en la universidad -nos dice- estaban siempre retrasados a los avances reales de la ciencia; incluso llega a decir que se enseñaban conceptos ya superados que habían quedado obsoletos. No obstante –después de medio siglo– esa distancia entre lo que se explica en las aulas con respecto [p.73] «... al positivo saber de la ciencia continua...» se había reducido bastante con la consiguiente mejora en las enseñanzas recibidas por los egresados de las aulas universitarias.

Refiriéndose al positivismo decimonónico *Julio Palacios Martínez* -brillante discípulo de Blas Cabrera- nos dice en su discurso -no exento de idealismo- de ingreso a la *Real Academia Española*, lo siguiente:[11]

> *[...] En la lógica positivista no hay lugar para conceptos tales como «verdad» y «realidad». Su propósito es lograr una descripción tan económica como sea posible de las percepciones sensoriales. Las mejores teorías son aquellas con las que se consigue mayor economía, por lo que, para los lógicos positivistas, economía es sinónimo de realidad [...].*

[11] PALACIOS MARTÍNEZ, Julio. *El lenguaje de la física y su peculiar filosofía*. RAE, Madrid 1953, p. 42.

III. EL VIEJO PROBLEMA DEL ATOMISMO FRENTE A CONTINUIDAD

La materia se concebía -en efecto- como el soporte de los fenómenos que se perciben sensorialmente. El concepto de masa -como medida de la inercia- y el «desdibujado» recurso de los *fluidos imponderables* como sustrato que posee todas las propiedades que la necesidad exige para establecer ecuaciones de leyes mecanizadas para explicar la luz, el calor y la electricidad; la hipótesis del sólido elástico se convierte en un recurso potente, de tal modo que todo medio soporte o emisor quedó reducido al *éter* y sus supuestos movimientos elásticos como generadores de la propagación de los fenómenos físicos mencionados.

No obstante, las incongruencias y los misterios sin resolver del *éter lumínico* producen el rechazo de esta hipótesis que termina guardado en el 'baúl de los recuerdos'. Tales dificultades desaparecen con la teoría electromagnética de la luz de Maxwell; las ondulaciones mecánicas 'del sutil medio' se sustituyen por las variaciones del campo electromagnético. No hay palabras para que podamos valorar justamente la importancia de las ecuaciones de Maxwell para el nacimiento de la física moderna, puesto que es –sin duda– el estandarte de un momento clave en la física del siglo XIX que hizo posible el desarrollo de la teoría de la relatividad y la mecánica cuántica en años posteriores.

Al preguntarse a sí mismo cómo se concebía la materia al iniciarse el siglo XX, su respuesta [CABRERA] es que este concepto había quedado estancado en la interpretación más clásica, ligada a la herencia newtoniana «…al considerarla como el soporte teórico de los fenómenos que perciben los órganos sensoriales, especificándola por la noción de masa como medida de la inercia, tal como pensó Newton…» [p. 73 y siguientes]; añade Cabrera que

esto permitía incluir en ella la imagen -ya desvaída- de los fluidos imponderables que no eran otra cosa -nos dice- que recursos hipotéticos para explicar la luz, el calor y la electricidad; todos estos fenómenos físicos se estudian y explican con el *éter* y sus hipotéticos movimientos para facilitar una interpretación mecanicista de los fenómenos fundamentales de la física.

Algo más nos dice sobre el *sutil medio* que es el soporte de la llamada agitación térmica la cual «…nos daba razón de las diferencias de temperatura…». Asimismo, la propagación de la energía en el *éter* no es otra cosa que «…sistemas de ondas [transversales] cuasi elásticas …»; en fin –sigue diciendo– un recurso para dar razón del comportamiento de la luz en la propagación de las vibraciones del éter que se deduce - dice- de los experimentos con luz polarizada en la óptica clásica, todo lo cual da consistencia al modelo ondulatorio de la luz y el abandono del corpuscular.

Las propiedades del *éter* es un apoyo para la hipótesis y para el descubrimiento de nuevas relaciones entre *calor, luz y electricidad*. Se adivina en las frases de Cabrera «el estilo» del profesor *Francisco Javier Rojas y Caballero Infante* que fue su elogiado modelo; además, esto se confirma en los libros del profesor Rojas -a los que hemos tenido acceso-. Uno de ellos -que llegó a la quinta edición en 1910- es paradigmático. El primer capítulo está dedicado a «…las cantidades eléctricas y magnéticas y de sus unidades…» [ROJAS, 1910]. El primero de los parágrafos está dedicado al *éter*, precedido por una clasificación de los *estados de la materia*: sólido, líquido, gaseoso y el estado etéreo. El éter tiene una existencia material y es necesario, imprescindible -incluso-. Según nos dice el profesor Rojas, es:

«… una hipótesis, una suposición, una ficción

científica…pero [añade] esta hipótesis es de tan absoluta necesidad hoy en la ciencia, que ésta no se concibe sin aquélla …»[12].

José Baltá Elías (1893-1973) nos dice [BALTÁ, 1945][13]1 que el «*leit motiv*» de Blas Cabrera fue animar y orientar, así como prestar ayuda, a los jóvenes licenciados que le pedían su consejo para iniciarse en la investigación científica; esta forma de ser maestro se puede añadir como herencia de las enseñanzas recibidas en la universidad en cuanto al estilo y formas de sus profesores.

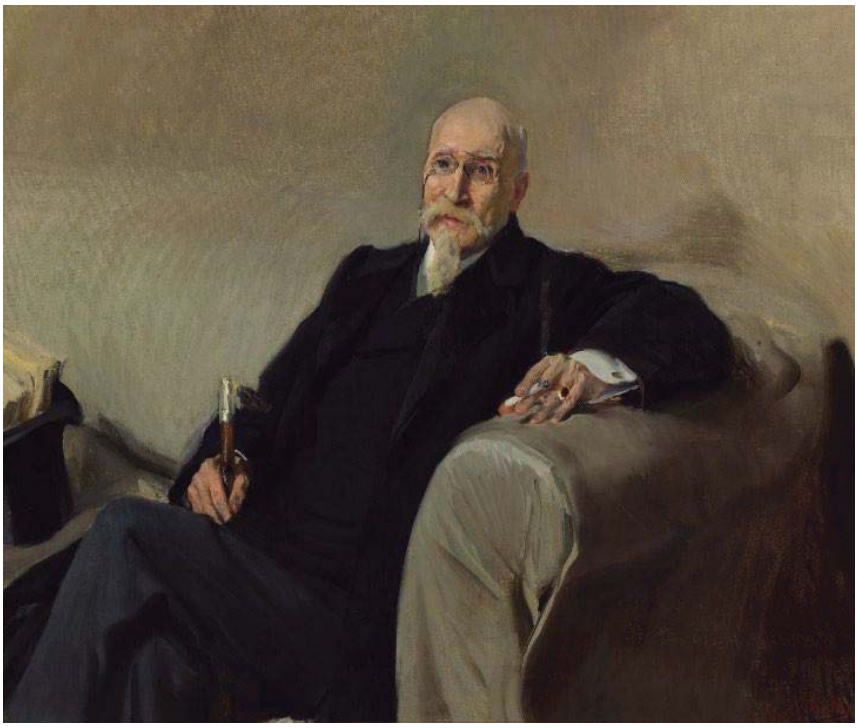
Notemos que la primera década del siglo XX reviste especial importancia para orientar sus pasos en la investigación científica; no olvidemos que 1910 fue el año de su ingreso como miembro de número de la *Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* -su discurso de ingreso lleva el título *«El éter y sus relaciones con la materia en reposo»*-. Cabrera analizó el *concepto del éter* desde el punto de vista de las teorías electromagnéticas de la época y subrayó que había sido considerado necesario hasta ese momento. Sin embargo, como estudioso de la teoría de la *relatividad restringida* de Albert Einstein del *Experimento de Michelson y Morley (1887), Cabrera* dudaba de la existencia del sutil medio cuyo concepto se debilitaba a la luz de las nuevas teorías y -como consecuencia- la evolución de ideas terminaría por desecharlo tal como ocurrió en realidad.

---

[12] ROJAS Y CABALLERO INFANTE, F. J. *Tratado de Electrodinámica Industrial (Quinta Edición)*. Madrid, 1910.

[13] BALTÁ ELÍAS, J. *Noticia Biográfica del Excmo. Sr. D. Blas Cabrera y Felipe*. Anales SFQ 41 (1945), 1261-1273.

En esta ocasión, *José Echegaray e Eizaguirre (1832-1916)* -presidente de la Academia y destacado matemático- fue el encargado de darle la bienvenida y responder a su disertación. Echegaray terminó su discurso -bastante prolífico- con una frase que ha pasado a ser muy repetida *«ojalá lleguen pronto los tiempos del trabajo alegre y de la alegría trabajadora…».* En fecha más próxima*, Ignacio Bolívar y Urrutia* -director del Museo de Ciencias Naturales de Madrid y el más importante naturalista español de la primera mitad del siglo XX -en el discurso de



José Echegaray, Sorolla.

bienvenida y respuesta al de Cabrera titulado *«Evolución de los conceptos físicos y lenguaje»* de ingreso en la Real Academia de la Lengua Española, en enero de 1936- recordó aquella frase con un cambio importante *«… ya han llegado los tiempos del trabajo alegre y de la alegría trabajadora …».* Su discurso, en cierto modo, fue elogioso, pero se percibe en su mensaje algo de

sorpresa e incredulidad. Echegaray representa en 1910 al positivismo tardío muy confiado en la mecánica clásica, la causalidad y el continuo representado por el éter -como soporte de los fenómenos físicos-; es el lenguaje matemático en forma de ecuaciones diferenciales que se aplican a fuerzas y masas, lo que dota al razonamiento de efectividad para disponer de leyes en el campo de la física matemática. Según su cosmovisión el universo no es tan complicado:

> *... Tenemos, pues, los tres puntos de apoyo de toda la física matemática en estos tres conceptos: el átomo, la fuerza y el éter ...toda la materia del universo está formada para la física, y aún para la química moderna, de puntos materiales que se llaman átomos; alrededor de cada punto material hay una atmósfera de éter, como alrededor del núcleo sólido de nuestro globo hay una atmósfera de aire; todos los puntos ponderables, es decir, todos los átomos se atraen y atraen a las atmósferas etéreas; todas las atmósferas de éter, se rechazan; por último, núcleos y atmósferas flotan en el espacio en un verdadero mar de éter que por todas partes se extiende ...*

No debe olvidarse –nos dice Cabrera– que las ideas se forman en la mente del observador para lograr un concepto que sea útil para explicar la realidad subyacente. Los fluidos imponderables son hipótesis que han sido útiles para materializar algunos fenómenos naturales que –en apariencia– se comportan como una sustancia de masa despreciable. El *calórico* es un fluido, lo mismo que la *electricidad*, que pueden pasar de un medio a otro y depositarse en cantidades medibles. Las ecuaciones del campo electromagnético -Maxwell- y la parte experimental realizada por Hertz, abren un período que desafía a los teóricos del último tercio del siglo XIX. La electrodinámica está en desarrollo, para la

propagación de la luz hace falta un medio soporte y transmisor de esas perturbaciones.[14]

El sonido que se propaga en medios elásticos es el ejemplo recurrente como analogía. En la primera década del siglo XX *el éter* se concebía como una realidad y no sólo como una hipótesis; en Madrid era aceptado sin problemas por Blas Cabrera y su generación, es el legado de la generación anterior. *Francisco de Paula Rojas y Caballero Infante* habló y escribió sobre la *materialidad del éter* como el medio en el que se producen y se propagan las ondas luminosas. Lo fundamental consistía en que *«las cosas funcionen a nivel teórico»* [VASCHY, 1890][15]. Recordemos que en 1887 *Henry Hertz* descubrió la propagación de las ondas electromagnéticas y la electrodinámica de Maxwell fue igualmente confirmada por los experimentos [KAISER, 2001][16], no obstante, todavía se especulaba sobre la dispersión de la luz en un dieléctrico y la absorción de la luz por los metales.

La Energética se ocupó de un amplio campo que se puede identificar como el propio de la termodinámica -o termología-. Científicos de gran prestigio por sus logros, habían sentado las bases del origen de lo que ahora conocemos como Química Física. La inercia mental –metáfora- de los químicos de la energética –termodinámica- es la resistencia a los cambios de paradigma; se resisten al atomismo como base de la interpretación, se sienten más cómodos utilizando el concepto de energía; sin embargo las teorías

---

[14] Los libros de consulta, sobre todo de autores franceses, influyen en los lectores -alumnos y profesores- consúltese: VASCHY, A. 1890.

[15] VASCHY, A. 1890. *Traité D' Electricité et Magnetism*. Libraire Politechnique, Baudry et Cie., Editeurs, Paris, 1890, en relación a las ondas electromagnéticas transversales.

[16] KAISER, Walter. *Electron Gas Theory of Metals: Free Electrons in Bulk Matter*. En *Histories of the Electron*. MIT Press, Cambridge (Massacusets) – London, 2001, p. 253.

atómicas -que se iban abriendo paso- produjo un cambio de mentalidad para interpretar el papel del atomismo que, en realidad, es una incógnita todavía en 1900, y que la física moderna despejaría, N. Bohr se refería a esta situación en una de sus conferencias (Bohr, 1958):

> *... Aunque las ideas atómicas han contribuido muy fructíferamente al desarrollo de la física y la química desde el Renacimiento, fueron consideradas como hipótesis hasta principios de este siglo [XX] ...*

Como bien se sabe, las pruebas de la realidad del átomo son tan convincentes, que dan pie al inicio de una nueva etapa de la ciencia, prestando atención a la estructura interna de la materia y los mecanismos que en ella se generan. Cabrera insiste –de todas formas– en la herencia teórica que él y sus coetáneos recibieron de sus maestros en las aulas de la universidad española en el marco del paradigma newtoniano. Todo fenómeno físico se reduce a movimientos de la 'evasiva sustancia' que permeaba todo, tanto en el interior de la materia como en su exterior. Es del todo evidente que sus revisiones de la evolución del conocimiento científico acerca del átomo partió de la poca creencia en su existencia que imperaba todavía en las lecciones de sus profesores de la licenciatura en torno a 1900 y años siguientes de principios del siglo.

> *La generación a que pertenezco fue educada en un ambiente hostil hacia la teoría atómica, que, des de Leucipo y Demócrito, venía pugnando por adueñarse de la filosofía natural…La justificación plena del atomismo estaba reservada al siglo actual, y, ciertamente, no se alcanzó siguiendo las tendencias que privaban entre los físicos que educaron a mi generación. La investigación experimental,*

un poco libre de prejuicios, y hasta con cierto desprecio de las críticas dictadas por un rigorismo lógico un tanto exagerado, ha sido el método que ha resuelto este problema milenario. [CABRERA, 1926][17].

En otras ocasiones nos hemos ocupado de la *sustancia etérea* y las propiedades de elasticidad y baja densidad, entre otras, que se aplicaban *ad hoc* por no pocos investigadores y teóricos de las ciencias físicas. En este texto de Cabrera encontramos principios, leyes e hipótesis que habían sido corregidas debido a incongruencias; esto es, porque la *ciencia normal* adopta un *paradigma aceptado* que se utiliza para la investigación y la resolución de problemas físicos; con el tiempo pueden aparecer anomalías que obligan a los cambios de paradigma.

Se puede pensar que los apuntes, borradores y notas de Cabrera le acompañaron en su viaje París-México en el otoño de 1941 y fueron -de nuevo- utilizados para las lecciones impartidas en la *Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM);* nuestro punto de vista es que son los mismos apuntes que -más tarde- *Blas Cabrera Sánchez Real* entregó a su hermano *Nicolás* para estudiar la posibilidad de incluirlos en una *Historia de la Física*; se comprende este compromiso si se tiene en cuenta que el hijo mayor de Blas Cabrera era médico y su hermano -como físico- tendría mejores condiciones para llevarlo a cabo.

Hemos comparado el texto de México con otros sobre la misma temática, como por ejemplo las conferencias dictadas en La Habana (enero 1927) en los actos de inauguración de la *Institución Hispano Cubana de Cultura*. Sabemos algo de esas conferencias gracias a las reseñas de los periódicos *Diario de la Marina y El*

---

[17] CABRERA, Blas. 1926. *El problema del átomo*. Rev. Las Españas. Madrid, agosto de 1926, 2ª época, número 2, páginas 87-94.

Mundo, a pesar de la obligada síntesis, reseñemos unas frases de uno de los periodistas:

> *... el doctor Cabrera cautivó la atención del auditorio por la claridad de sus explicaciones. En las partes de su conferencia que estimaba obscuras insistía en las explicaciones, hasta hacerse comprender diáfanamente por sus oyentes…el atomismo no ha sido una realidad indiscutible hasta los comienzos del siglo actual…cuando se considera la "masa material" que corresponde a [partículas] positivas [H^+] y negativas [e^-] ... [la masa de] los primeros es 1830 veces mayor que la de los segundos [la atribuida al átomo más ligero]… …esta masa [del e^-] tiene un origen totalmente eléctrico y significa que el radio del primero es 1830 veces mayor que el del segundo … [EL MUNDO, 9/enero/1927, p. 24].*

Se advierte la dificultad que tiene el reportero y -lo que es importante- la semejanza entre dos textos distanciados dieciséis años en el tiempo, lo que puede entenderse que Cabrera utiliza el mismo contenido de sus apuntes, que venía utilizando -corregidos y ampliados- para sus conferencias. Es frecuente -se puede decir- que cuando un científico coge la pluma para concretar el contenido de lo que va a explicar, se percata de que mucho de lo que escribe ahora es repetición de textos anteriores, pocas cosas nuevas se añaden cada vez, por decirlo en sintonía con[18] *Arthur Eddington (1882-1944);* sobre esto nos parece razonable mencionar también a *Marceau Pivert (1895–1958);* destacado profesor, sindicalista y político socialista francés, activista en el período de entreguerras y de la posguerra en Francia, secretario del *Instituto Francés de América Latina*- autor de un interesante artículo titulado

[18] EDDINGTON, Arthur. *Nuevos senderos de la ciencia*. Montaner y Simón, S. A., Barcelona 1945, Prefacio, p. LXXVII.

«Concepciones Fundamentales de la Física Moderna» en *Cuadernos Americanos*[19] en el que anuncia que la física es el *saber primordial del conocimiento humano*, extractamos un párrafo que nos parece de interés para relacionarlo con la epistemología de Blas Cabrera:

> *... La Física Moderna, considerada como el conjunto de las disciplinas experimentales aplicadas a la materia, a la energía, dicho de otra manera, a los corpúsculos y radiaciones, es decir al universo físico, ha ocupado hoy un lugar tal en el conjunto de los conocimientos humanos que parece dominar la encrucijada que abre los caminos hacia todas las demás ciencias, y, sin duda, hacia la filosofía misma ...*

Los libros de texto incluyen referencias a la historia y filosofía de la ciencia; ciertamente -como recurso didáctico- en el aula se establece un diálogo entre el presente y el pasado, es decir, se ilustra con detalles la evolución de los conceptos y leyes en el tiempo histórico. No es difícil encontrar ejemplos, basta con hojear algunos manuales de cierto nivel utilizados por alumnos y profesores de la universidad y de los niveles superiores del bachillerato. A modo de ejemplo podemos citar algunos de ellos: I*ntroducción a la Física Teórica* (Juan Cabrera y Felipe, 1967); *The Feynman Lectures on Physics*[20] (R. Feynmann, 1960-1963); *Física* (R. Resnick y D. Halliday); Berkely Pysics Course (5 vols.); *Química General Moderna* (J. A. Babors – J. Ibars, 1963); *University Physics* (F. W. Sears y M. W. Zemansky, 1964).

---

[19] La iniciativa de publicar esta revista obedece a la necesidad -imperiosa- de los exiliados para crear la base de su nueva actividad intelectual.

[20] La obra *The Feynman Lectures on Physics* son las lecciones del físico Richard Feynman, originalmente impartidas entre 1961–1963 como parte de un curso introductorio de física de dos años en el *Instituto de Tecnología de California (Caltech)*.

Es cierto que un científico -en su inicio e incluso en su madurez- acude a recursos históricos y filosóficos para dar apoyo a sus textos y discursos; nos permitimos mencionar a *Bertrand Russell (1872-1970)* que argumentaba muy bien la relación entre ciencia y filosofía: estas deben basarse en el aporte epistemológico, el realismo empírico y la lógica, al tiempo que aconsejaba rechazar las especulaciones sin fundamentos.

Juan Cabrera y Felipe (1898-1976), el hermano más joven de Blas Cabrera -veinte años de diferencia- comienza de la forma siguiente el capítulo primero de la electricidad en su famoso libro *Introducción a la Física Teórica*, uno de los libros de mayor difusión para estudiantes de las escuelas de ingenieros y las facultades de ciencias, medicina y farmacia desde los años 1930 hasta alcanzar muchas ediciones -la VI edición es de 1967-.

> *... Desde que se hacen los estudios más elementales de física, se conoce que algunos cuerpos, como el ámbar, la ebonita, el vidrio y otros, al ser frotados, por ejemplo, con un paño, adquieren la propiedad de atraer los cuerpos ligeros, como pedazos de papel. El descubrimiento de esta propiedad en el ámbar se atribuye a Tales de Mileto -unos seis siglos antes de la era cristiana- de modo que su conocimiento data de la más remota antigüedad. Para expresar la propiedad que ha adquirido el cuerpo así frotado, se dice que tiene un cierto estado de electrización, o de otro modo más conciso que está electrizado ...*[21].

The Feynman Lectures on Physics es el ejemplo más genuino de los que decimos, contiene las lecciones impartidas en Caltech por el Premio Nobel de Física (1965) *Richard Phillips*

---

[21] CABRERA Y FELIPE, Juan. *Introducción a la física teórica*, vol. II, p. 1. Zaragoza, 1967.

Feynman (1918-1988); estas lecciones son influyentes en la enseñanza de la física en la universidad española a partir de la edición en inglés y -más tarde- la versión en español del *Fondo Educativo Interamericano*. Los apartados dedicados al origen de las teorías de la física son de antonomasia, puesto que utiliza con frecuencia -en sus exposiciones- la historia del origen de los conceptos y las teorías que conforman un determinado capítulo de sus enseñanzas. Veamos un párrafo transcrito del capítulo introductorio al electromagnetismo:

> *... Desde una perspectiva de al menos diez mil años, existen pocas dudas de que el más significativo acontecimiento es el descubrimiento de las leyes del electromagnetismo de Maxwel l...*[22]

Wilhelm Ostwald dirigió un curso en el *Departamento de Química de la Universidad de Columbia -Nueva York-* en 1906 titulado *The Historical Devolopment of General Chemistry;* el eminente químico alemán no fue el único que viajó al otro lado del Atlántico para dar a conocer el estado de la ciencia europea, pero, sin duda, el echo nos da idea del interés general por la ciencia que existía en el inicio del siglo XX. Los propósitos de los científicos invitados para ofrecer una información panorámica de la ciencia -en este caso la Química- de su competencia; encontramos analogías entre todos estos viajeros que participaban -como el mismo Cabrera- en la difusión y la colaboración de las diferentes universidades y laboratorios a escala mundial. Wilhelm Ostwald -ocasión de la primera sesión de las conferencias previstas- dijo [Ostwald, 1906]:

> *... la tarea que me he propuesto para hoy y los siguientes días es dar a ustedes un resumen del desarrollo*

[22] FEYNMAN, Richard. The Feynman lectures on Physics, vol. II, p. 1-II.

científico de la química y de la historia de las principales ideas de su amplia generalización ...

En cuanto al engorro de la teoría del éter, nos indica cómo la imaginación del científico abre camino mediante hipótesis, a pesar de la conocida afirmación «*Hypotheses non fingo*» de Isaac Newton (1642-1727) en relación con la acción a distancia [Cohen, 1987]. La necesidad de un medio exigió el uso de una teoría heredera de los modelos de los *fluidos imponderables*, esto es, concebir hipotéticamente la existencia del *sutil éter* como medio de transmisión de las interacciones electromagnéticas y la aplicación de las leyes de la mecánica clásica para deducir las teorías afianzadas en el movimiento de vibración del medio, para lo que se le atribuían propiedades supuestamente reales de mínima densidad y dotado de una gran elasticidad. En lo que se adivina el modelo mecánico de la propagación del calor y el sonido en el aire. En los últimos años del siglo XIX está bien situada la mecanización de los fenómenos físicos; el movimiento de las partículas elementales -átomos y moléculas- es el origen del calor, las diferencias de temperatura y la luz.

William Thomson (Lord Kelvin) [1824-1907] era una celebridad mundial en 1900; sus conferencias en la universidad *Johns Hopkins en Baltimore, Maryland, 1884*; son interesantes para la historia y epistemología de la ciencia. Se editaron en 1904 y, desde entonces, se han hecho numerosas reimpresiones. Las teorías sobre fenómenos físicos se contemplan en el marco del modelo mecanicista que regía en los centros de investigación y para la mayoría de los investigadores en los diferentes campos de las ciencias físicas.

«... nunca estoy satisfecho conmigo mismo hasta que puedo hacer un modelo mecánico... mi objetivo es mostrar

cómo hacer un modelo mecánico que cumpla con las condiciones requeridas en los fenómenos físicos que estemos considerando, cualesquiera que estos sean ...» (Kelvin, 1884)[23].

William Thomson -no obstante- advirtió en 1900 la existencia de dos nubes que oscurecían la brillantez de las teorías electromagnéticas: ¿La imposibilidad de probar la existencia del *viento del éter* –arrastre- en el movimiento del planeta -siguiendo las medidas interferométricas de *Albert A. Michelson (1852-1931)* - premio nobel de física en 1907- y *Edward W. Morley (1838-1923)* «... ¿cómo es posible que la Tierra se mueva a través de un sólido elástico como es el éter? ...»[24]. Además, estaban los problemas con los que se encontraba el *Principio de Equipartición* de la energía deMaxwell-Boltzmann para explicar la dependencia de la emisión de la luz con la frecuencia.

Todo ello da lugar a la revolución cuántico relativista a partir de 1900. La presencia de los buenos resultados de la ley de la radiación de M. Planck y el modelo del átomo de Niels Bohr (1885-1962) facilitaron, en principio, la aceptación de los avances teóricos de la mecánica cuántica y poco más tarde, en 1905, la teoría de la relatividad restringida de Albert Einstein (1879-1955). Se puede decir que Cabrera no tuvo problemas para aceptar el nuevo paradigma, no se aferró a los conocimientos adquiridos en su formación inicial sino -por el contrario- aceptó y estudió atinadamente la relatividad y la cuantificación de la energía radiante de M. Planck.

---

[23] THOMSON William [Lord Kelvin, 1884]. *Baltimore lectures and modern theoretical physics: historical and philosophical perspectives.* C. J. Clay and Sons, Cambridge University Press Warehouse, Ave Maria Lane, 1904.
[24] Royal Society of Edinburgh, 16 de julio de 1900.

De todas formas, Cabrera consideraba al éter imprescindible de acuerdo con las enseñanzas recibidas de su maestro *Francisco de Paula Rojas y Caballero Infante (1832-1909),* muy afín a las teorías mecanicistas de la materia y su relación con las radiaciones electromagnéticas que le permitían afirmar que el éter era una entidad real. El profesor Cabrera siguió muy de cerca este canon y utilizó el modelo del éter como soporte mecánico del calor, la electricidad y el medio de propagación de las ondas electromagnéticas. Siguiendo, en este caso, a *James Clerk Maxwell (1831-1879)* y su teoría del electromagnetismo.

La agitación de la materia explica el calor y las diferencias de temperatura, así como la energía que se propaga por ondas elásticas en el éter. No debe parecer extraño su visión científica en los primeros años de su actividad científica 1901-1910, si bien se puede apreciar cómo evolucionan sus ideas si se tienen en cuenta sus escritos al final de la primera década del siglo XX, a medida que los resultados de la aplicación de la física moderna se hacían convincentes. Una prueba de la fidelidad al modelo mecánico aplicado a los fenómenos electromagnéticos se evidencia en el siguiente párrafo que transcribimos de la quinta edición del *Tratado de Electrodinámica Industrial* de F. P. Rojas [ROJAS, 1910].

> *... La existencia de un fluido sutilísimo llamado éter, que llena tanto los espacios interplanetarios como los espacios archimicroscópicos [sic] que existen entre moléculas y entre átomos de todos los cuerpos en cualquier estado [de agregación] que éstos se encuentren, es una hipótesis, una suposición, una ficción científica. Pero esta hipótesis es de tan absoluta necesidad hoy en la ciencia, que ésta no se concibe sin aquella. Todos los*

fenómenos acusan de tal modo la existencia del éter y nos la impone con tal fuerza, que podemos darla como cierta [...][25] 25.

Niels Bohr.

La explicación de cómo se evidenciaron las complicaciones de la teoría mecánica de la luz, resulta muy interesante al analizar despacio las reflexiones del profesor Cabrera. La agitación del éter se relaciona con el cambio de la temperatura y el éter elástico y densidad inapreciable se toma como el medio transmisor de las ondas luminosas, en forma semejante a las perturbaciones periódicas que se propagan en el agua de un estanque.

---

[25] ROJAS Y CABALLERO INFANTE, Francisco de Paula. *Tratado de Electrodinámica Industrial*, 5ª ed., 1910, p. 9.

La mecánica clásica puede explicar bien la propagación de ondas elásticas en el aire como el sonido, por tanto ¿Cómo se propaga la onda luminosa? Se necesita un medio elástico como portador de la perturbación ondulatoria; bien se comprende que idealizar una onda luminosa no es fácil puesto que no es visible a pesar de ser luz. A pesar de todo, se busca —de acuerdo con Lord Kelvin— un modelo mecánico para las ondas luminosas. *Augustin-Jean Fresnel (1788 -1827)* propone que las vibraciones del éter deben ser transversales considerando la polarización de la luz de acuerdo con las investigaciones de *Étienne-Louis Malus (1775–1812)* y su teoría de la polarización de la luz por reflexión, todo lo cual sentó las bases para el desarrollo de la óptica física moderna.

Esta interpretación crea dificultades serias a la teoría mecánica de la luz que se vencen con la ayuda de la teoría electromagnética de *Maxwell y Hertz*, en el período 1867-1888 con el modelo de *onda electromagnética* que se genera en un cuerpo con carga eléctrica vibrante –vibrador electromagnético de acuerdo con Hertz– con una determinada frecuencia; ante las dificultades de conciliar la teoría y la experiencia se hace necesario analizar si realmente existe el éter mediante medidas interferenciales para detectar efectos del supuesto medio sobre la velocidad de la luz debido al movimiento del planeta a través del éter; las medidas más influyentes fueron las realizadas por Michelson y Morley en 1887 dando resultados nulos de la existencia o de sus efectos del supuesto sutil medio que se consideró superfluo por A. Einstein en su teoría de la relatividad restringida dada a conocer en 1905.

La mentalidad del Blas Cabrera en la primera década del siglo XX se enriquece con teorías modernas y no pone obstáculos mentales a las innovaciones que van apareciendo por las que siente interés. Se encuentra entre la mecanización de las perturbaciones del éter y la interpretación basada en la teoría de campos de

Maxwell y Hertz. La ambigüedad se tradujo en la necesidad de que se despejara finalmente qué y cómo se propagan los campos eléctrico y magnético entrelazados para lo que no es necesario recurrir a las supuestas vibraciones del éter, tal como nos dice Cabrera:

> *... la incapacidad para explicar el conjunto de las leyes de los fenómenos electromagnéticos mediante los estados dinámicos del éter [...] los intentos en dicho sentido han sido completamente baldíos ... [p.74].*

J. C. Maxwell tuvo una visión amplia: propuso una teoría electromagnética que habría de ser un avance en las ciencias físicas abriendo nuevos supuestos. Las ondas electromagnéticas coinciden con las que pueden describir la propagación de la luz sin más que hacer coincidir el campo eléctrico con el vector luz y el magnético simultáneo perpendicular al primero, las cuales se pueden propagar sin necesidad de un medio que vibre, tal como se venía practicando con un anclaje férreo en la mecánica de Newton.

Cuando Blas Cabrera se ha referido -en sus conferencias- a la epistemología de las ciencias físicas, se refiere con insistencia al hecho de que su generación había aprendido de sus maestros a considerar el átomo como una entidad útil pero no real; no se creía en su existencia desde el punto de vista macroscópico, sólo era un recurso práctico para adaptar la teoría a los resultados experimentales [CABRERA, 1943][26]. El siglo XIX es rico en propuestas atomísticas; por eso menciona la teoría de atómica de John Dalton (1766-1844) que propuso en 1803 y significó un avance para explicar las relaciones entre proporciones de masa en las reacciones químicas; lo que va a permitir al uso más general del

[26] CABRERA, B. *Cincuenta años de la evolución de la materia*. Cuadernos americanos (5). México, 01/10/1943, pp. 73 y siguientes.

concepto de átomo como «componente elemental de la materia» sin distinguir entre átomos y moléculas; todo está formado por átomos de sustancia. Las leyes de las proporciones definidas y de proporciones múltiples, se completaron con la aceptación de la discontinuidad de la materia. De aquí que la división de la materia no puede ser indefinida porque termina en el átomo de la sustancia -la molécula- caracterizado por la masa -atómica o molecular en su caso-.

Continúa Cabrera haciendo una síntesis de cómo el atomismo se fue afianzando gracias a los avances de la química fundamentalmente. Indiquemos que para el profesor Rojas y Caballero Infante[27] dice que tanto el éter como la materia están constituidos por átomos materiales, razonamientos que Cabrera y demás alumnos de *Física Matemática* oyeron y estudiaron; los átomos del éter no pesan, son imponderables; en cambio los átomos de la materia tienen peso; sin duda una diferencia notable que no podía explicarse para los átomos etéreos; en cambio los átomos de John Dalton[28] -tienen masa definida y permiten dar una explicación sin ambigüedades de las *leyes ponderales* en las reacciones químicas, lo que a la postre son básicas para la estequiometría y el desarrollo de la química moderna-.

Las leyes ponderales descubiertas en el análisis cuantitativo de las sustancias, se descubre que las moléculas están compuestas por átomos que se combinan, guardando una proporcionalidad fija entre las masas de los elementos reaccionantes; los químicos de la primera mitad del siglo XIX se afanaron en medir las cantidades necesarias en cada caso. El uso de la balanza y la medida de las

---

[27] Vid., ROJAS, 1910, pp. 9 y siguientes.

[28] El daltonismo recibe su nombre en honor a John Dalton, químico físico inglés que desde 1794 fue el primero en estudiar y describir este defecto visual que afecta a la percepción de los colores -especialmente el rojo y verde-.

masas fue fundamental; se puede pensar que la generación de químicos posterior a la Revolución Francesa, recogió el testigo de *Lavoisier*, que por desgracia murió prematuramente víctima de la Guillotina.

Las leyes ponderales de Lavoisier, Prout, Dalton y Richter confirman que la materia no es continua y que su división es finita, tiene un límite; fue el fruto de los trabajos en química cuantitativa realizados desde finales del siglo XVIII y la primera parte del XIX; Dalton establece un modelo de átomo que diera explicación del mecanismo de las reacciones químicas, produjo un impacto fundamental para el establecimiento de la química moderna decimonónica. El profesor Cabrera subraya en el texto que estamos analizando la importancia de estos descubrimientos y dice:

> *... Otra circunstancia interesante que conviene analizar cuando se estudia la noción de materia y su evolución, es la suerte que corrió el viejo problema entre atomismo o continuidad que dividió profundamente del mundo griego ... [p. 75].*

Se trata de la superación de la hipótesis de una materia continua frente a una de naturaleza granular ya controvertida desde la antigüedad. Los valores relativos de las masas reaccionantes -siguiendo a Dalton- se funda «…en fijar arbitrariamente la masa de uno de ellos…» [p. 76]. El uso de la balanza de precisión tiene límites y tenemos que renunciar a la medida directa de la masa atómica, pero el profesor indica que existen medios indirectos para hacerlo; se tiene la ley de los gases perfectos $PV = Nk_BT$ donde N es el número preciso de moléculas que compone la masa del gas, k_B es la constante de Boltzman $[k_B = 1.380649 \times 10-23 J/^oK]$ y T la temperatura absoluta, cuyo cero se corresponde con menos -273,19 ºC. En este caso, Cabrera se preocupa en detallar mediante

ejemplos, considerando que es un buen recurso didáctico, de esta forma llega al concepto de $N=6{,}027\cdot 10^{23}$ [número de Avogadro] que es indicativo del tamaño de átomos y moléculas.

Concluye Cabrera este apartado con el siguiente párrafo:

> *... El grado de precisión con el que se conocen las masas atómicas de los diversos cuerpos simples, puede considerarse como el índice del progreso a que se ha llegado en cada momento de la técnica del análisis químico, y su importancia es tan fundamental, que desde hace mucho tiempo se han constituido comisiones internacionales de especialistas que tienen la misión de realizar la crítica de los trabajos que se realizan con el fin de establecer estas constantes, señalando para cada año el valor más probable de cada una ...*

En este punto conviene que abramos un paréntesis: hacia 1900 coexistían el mecanicismo, la energética y la teoría electromagnética; no era fácil para el joven Cabrera y sus coetáneos decidir cuál es la línea que seguir en la descripción definitiva de la *Materia*. Este texto de 1943 -que comentamos- debería interpretarse como un resumen de una posible *Historia de la Física* que se podía publicar de acuerdo con la intención de sus hijos *Blas y Nicolás Cabrera Sánchez Real* que conservaron los papeles de su padre; entre ellos un manuscrito de historia de la física; nos atrevemos indicar que -sin muchas dudas- este «codiciado documento» y el texto de 1943 son coincidentes -al menos en parte- pues provienen de la misma pluma[29].

---

[29] Estos documentos están en depósito en el archivo de la *Facultad de Ciencias Físicas de la Universidad Complutense* desde junio 2023, con la condición de que sean catalogados y digitalizados.

De todas formas, Cabrera decide contar la historia de forma sencilla para que sea comprendida sin dificultades. Los universitarios mexicanos poco sabían entonces de la historia y filosofía de la ciencia y -así- se entiende la recomendación de la UAM para que diera unas lecciones de la historia de la física, repasando las diversas etapas y paradigmas establecidos en el tiempo.

IV. LA TABLA PERIÓDICA Y LA QUÍMICA DEL SIGLO XIX

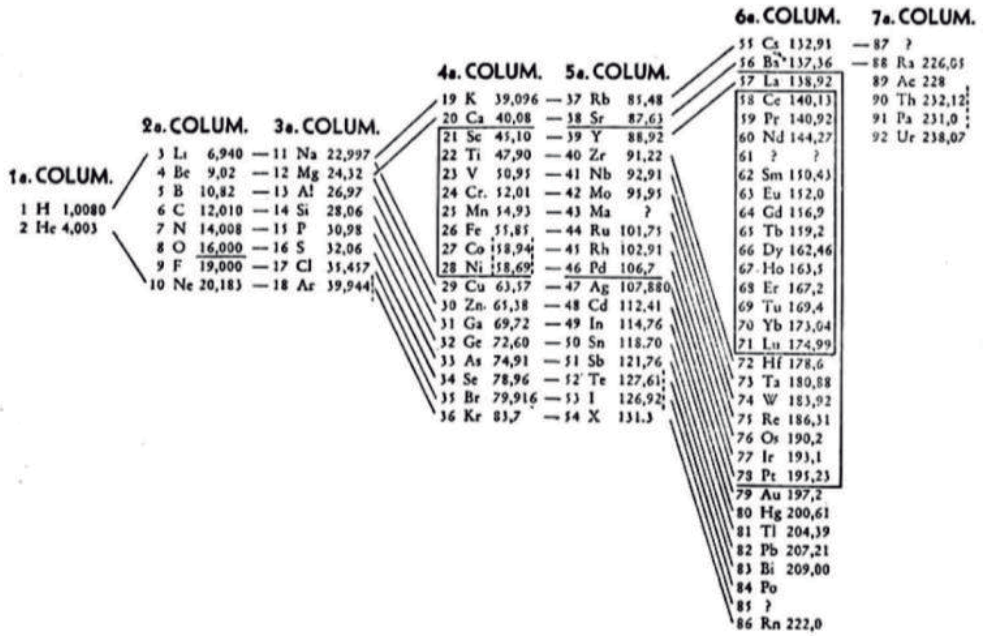


Tabla periódica de Thomsen – Bohr.

El profesor Cabrera ha insistido en decirnos que «… a finalidad última de la Física es formular una teoría lo más completa posible del mundo material …» pero lógicamente el inicio del camino –siempre incompleto– se sitúa en un momento del pasado remoto en el que el hombre se maravilla ante el espectáculo de la Naturaleza y se despierta el deseo de explicar lo que está

contemplando [Zubiri][30].

SINGULARIDADES EN LA TABLA PERIÓDICA DE BOHR SERIES EN LOS RECUADROS DE LA TABLA	
Familia	Elementos
Hierro	Sc^{21}, Ti^{22}, V^{23}, Cr^{24}, Mn^{25}, Fe^{26}, Co^{27}, Ni^{28}
Paladio	Y^{39}, Zr^{40}, Nb^{41}, Mo^{42}, Tc^{43}, Ru^{44}, Rh^{45}, Pd^{46}
Platino	Ru^{44}, Rh^{45}, Pd^{46}, Os^{76}, Ir^{77}, Pt^{78}
Tierras raras	La^{57}, Ce^{58}, Pr^{59}, Nd^{60}, Pm^{61}, Sm^{62}, Eu^{63}, Gd^{64}, Tb^{65}, Dy^{66}, Ho^{67}, Er^{68}, Tm^{69}, Yb^{70}, Lu^{71}
Radiactivos	Ac^{89}, Th^{90}, Po^{91}, U^{92}

Tabla 1. Singularidades.

La química del siglo XIX estableció los cimientos de la interpretación de la naturaleza de la materia con el análisis de los compuestos o –mejor– combinaciones de los cuerpos simples cuyas propiedades permiten la clasificación periódica de *Mendeléyev* que es uno de los logros más importantes e influyentes en el desarrollo de la Química y la Física. La tabla más utilizada por Cabrera es la elaborada por Thomsen[31] y Bohr – conocida como tabla periódica de Bohr– que según Cabrera es más esquemática que la de uso común y es la que siempre utiliza en sus textos. La tabla muestra los números atómicos a la izquierda de cada símbolo en orden creciente que también señalan el aumento de la masa atómica. Los períodos se corresponden con las columnas y las familias en bandas

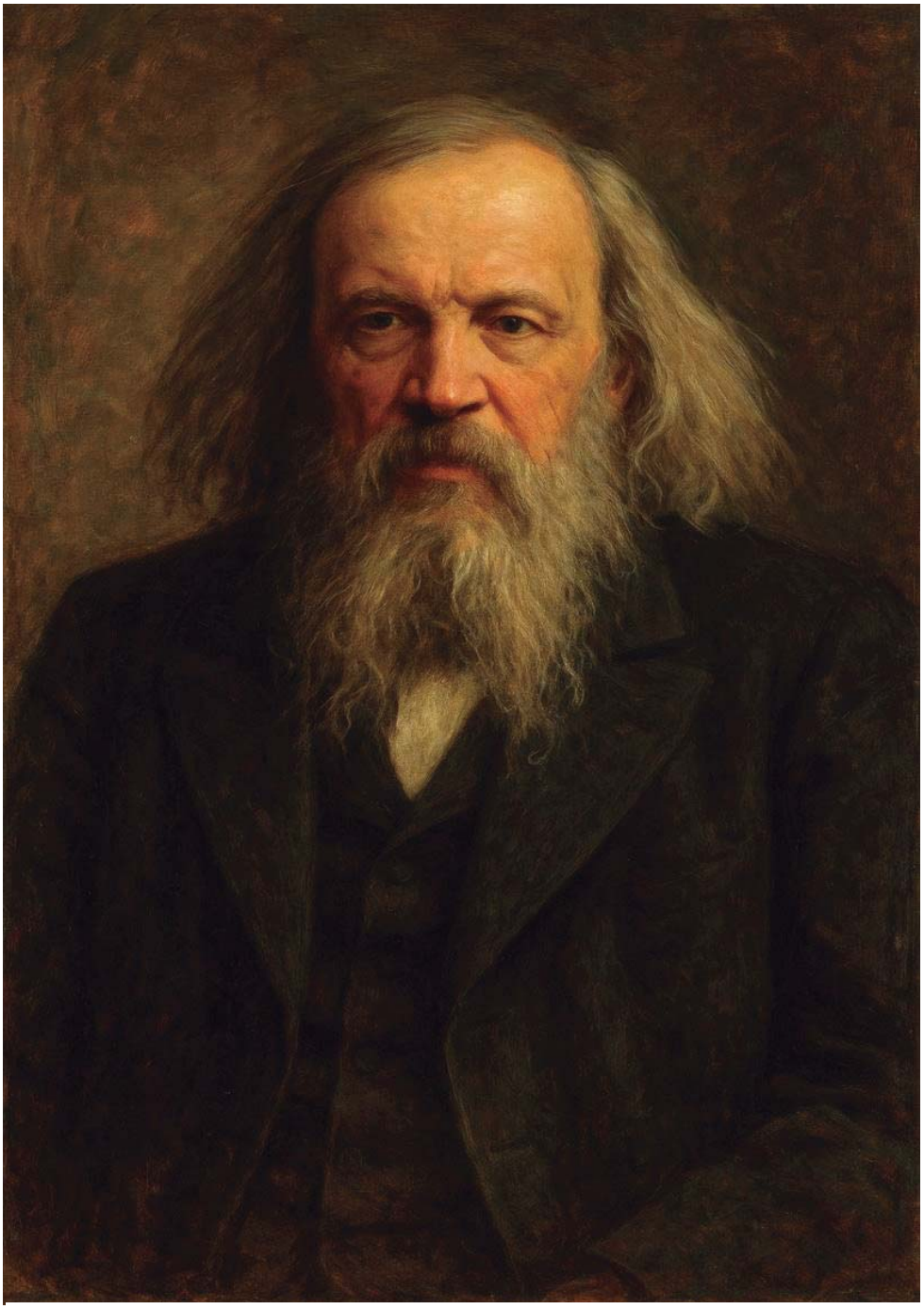
[30] ZUBIRI, Xavier. *Inteligencia sentiente. Inteligencia y realidad*. Alianza Editorial, Madrid 1980.
[31] QUÍLEZ, Juan. *Primeros intentos de explicación del sistema periódico*. Rev. Esp. de Física, 38-4, octubre-diciembre 2024, pp. 24–28.

–de izquierda a derecha– con líneas que unen los elementos análogos; algunas series de elementos singulares aparecen en recuadros [vid. tabla].

Con detallado estilo comienza a explicar la naturaleza y comportamiento químico de las sustancias, el mecanismo de las reacciones y los cambios físicos y químicos. Las moléculas son las partículas -átomos de Dalton- que intervienen en los intercambios químicos; se trata del límite inferior para el tamaño admisible —dice Cabrera— «... con la condición de conservar la identidad de naturaleza con el cuerpo primitivo...». Pero también es cierto que las moléculas pueden dividirse en los átomos que las componen; de esta forma, las sustancias químicas se pueden clasificar en simples y compuestas; las simples se corresponden con los elementos químicos de la tabla periódica de *Mendeléyev*. El propio sabio ruso –afirma Cabrera– «…señaló este poderoso auxilio que el cuadro ofrecía a los investigadores…»; desea que se capte el valor que tiene la tabla de los elementos, formada en orden creciente de los pesos atómicos dada a conocer por su autor en 1869 [Cabrera].

Se dedica con insistencia llegar a detalles concretos: *«… imaginemos escritos en fila los símbolos de todos los cuerpos simples ordenados por su masa atómica creciente …»* se intima con lector –o los asistentes a una de sus lecciones–; digamos que procura subrayar y hacer hincapié en determinadas valoraciones de lo que se está analizando, lo cual es una forma de llegar al ánimo del lector; lo que va indicando tiene que ver la importancia que tiene en el laboratorio el grado de precisión de las medidas de las masas atómicas [CABRERA, p. 76]; es este un aspecto fundamental en la ciencia experimental a la que él ha dedicado toda su actividad. Añade que lo conseguido se puede considerar como el «*índice del progreso*» que han experimentado las técnicas de la *Química Analítica* durante la primera mitad del siglo XX; incluso

funcionan comisiones internacionales de especialistas que se encargan de valorar la calidad de las medidas realizadas y la publicación de la lista de las masas atómicas actualizadas.



Dmitri Ivánovich Mendeléyev.

Enrique Moles Ormella (1883-1953)[32] —destacada figura de la química y colaborador y amigo del profesor Cabrera— realizó medidas de masas atómicas en el *Instituto de Física y Química de Madrid*, siendo su director Blas Cabrera y Felipe —LIF [1910-1932]—; consiguió medidas muy precisas con espectrometría de masas y difracción de rayos X; no se exagera si decimos que Moles es el impulsor de la química moderna en España que podría muy bien haber sido candidato al Nobel de química.

La obra del químico ruso Mendeléyev culmina con la publicación de la tabla periódica en 1869; desde entonces se abre una etapa floreciente de la química. La tabla presenta a los elementos químicos ordenados según los pesos atómicos crecientes y se observa una periodicidad característica en el comportamiento físico y químico de los mismos; quedaban sitios vacíos al quedar agrupados en familias que corresponderían a elementos aún desconocidos pero se adivinan las características que deberían tener; Mendeléyev le daba mayor importancia –Cabrera– a la previsión y la investigación para descubrir los elementos correspondientes a las casillas vacías; no perdamos de vista que la tabla ha tenido muchos ajustes para adaptarse a los avances de la Química desde entonces.

La tabla de Bohr -vid. Figura- es la que *Hans Christian Thomsen (1826-1909)* elaboró en 1895 en la que introdujo el criterio de que los elementos podían organizarse en función de su comportamiento químico; los períodos se disponen en columnas y las familias en horizontal con líneas que enlazan los elementos. Bohr utilizó la tabla de Thomsen para su modelo atómico con los electrones en movimiento en órbitas entorno al núcleo; es

[32] Erique Moles Ormella fue uno de los colaboradores más influyentes en el proyecto científico liderado por Blas Cabrera.

fundamental la relación entre la configuración electrónica de los átomos y la periodicidad de las propiedades químicas; la teoría se perfeccionaba con los datos procedentes de las propiedades químicas y físicas de los elementos, en realidad se modificaban '*ad hoc'*, esto es, se corrigen los resultados teóricos en virtud de la experiencia para empastar teoría y realidad empírica. Habría que decir que las leyes clásicas –deducidas a partir de los experimentos– resultan ser generalizaciones empíricas simplificadas al máximo, como son –por ejemplo– los principios de la termodinámica.

Los electrones en realidad –desde una perspectiva clásica– ocupan los niveles del átomo de menor –más estable– a mayor energía, si bien no ocurre en el orden de los sucesivos valores del número cuántico principal n; se producen escalonamientos que se observan efectivamente por experiencias de análisis químico; los electrones pueden penetrar –más o menos– hacia el núcleo con menos energía y más estabilidad, también se producen pantallas o blindaje electrónico entre subniveles. Por ejemplo el *Litio* debería tener 3 electrones en el mismo nivel, sin embargo tiene dos en capa interna y uno en la externa [$1s^2 2s^1$]; los electrones más cercanos al núcleo –con mayor penetración– son menos energéticos y más estables, al contrario de los situados en capas más externas. Los dos electrones del nivel 1s –internos– ocultan parte de la atracción del núcleo sobre el electrón $2s^1$ que está menos atraído por el núcleo, lo que explica por qué el litio es reactivo: su electrón 2s se pierde fácilmente al ionizarse H^+; por otra parte, el radio y volumen atómicos se hacen relativamente grandes.

Se refiere Cabrera a la tabla periódica que incluye en el texto al decir que si se corta la fila por los intervalos 2-3, 10-11, 18-19, 36-37, 86-87 de la tabla [vid. Figura], queda descompuesta en siete períodos de los cuáles *«el último no se halla más que*

iniciado» [p. 79]. Las primera filas horizontales contienen los elementos de la familia de los metales alcalinos Li, Na, K, Rb y Cs, correspondientes a los lugares 3, 11, 19, 37, 55 que se ha completado -dice- «hace unas semanas por el más reciente de los elementos…»[33] en el *Instituto del Radio (Berna)* por su director *Walter Minder (1905-1992) y Alice Leiger-Smith (1907- 1987)*, pero no fue confirmado su trabajo [nota 26]; otra de las series es la de los gases nobles He, Ne, Ar, Kr, Xe y Rn que ocupan los lugares 2, 10, 18, 36, 54 y 86 y -finalmente- la serie de los halógenos Fl, Cl, Br, I en la que queda desconocido el correspondiente al número 85, el Astato [At], descubierto en 1940 en la Universidad de Berkely por los químicos *Dale R. Corson Kenneth Ross MacKenzie y Emilio Segrè.Kenneth Ross MacKenzie y Emilio Segrè.*

Julius Thomsen (1826-1909) — Copenhague, Dinamarca— fue químico destacado, principalmente conocido por ser uno de los primeros en intentar organizar los elementos químicos de manera sistemática antes de la tabla periódica de Mendeléyev; propuso en 1895 una disposición de los elementos en la que los grupos se

[33] El Francio Fr número 87, en realidad fue descubierto en 1939 por *Marguerite Perey* (1909-1975) —*Instituto Curie*—. En 1940 y 1942, *Walter Minder (1905-1992)* y *Alice Leiger-Smith (1907-1987)* anunciaron el supuesto descubrimiento del número 85 —Astato (At)— y propusieron los nombres 'Helvetium' en 1940 y 'Anglohelvetium' en 1942 pero su trabajo no llegó a ser confirmado. En realidad, el Astato (At) fue descubierto en 1940 por *Dale R. Corson, Kenneth Ross MacKenzie y Emilio Segrè* —Universidad de Berkeley, California—.

presentan en columnas verticales y los períodos en filas horizontales, similar a la disposición moderna. La tabla de los elementos más utilizada es la del Premio Nobel de Química [1913] Alfred Werner (1866-1919)[34] propuesta en 1905 y conocida como media-larga, con períodos largos y grupos o familias; Cabrera utiliza en sus escritos la tabla periódica de Bohr que distribuye a los elementos en siete columnas o períodos, basada en la configuración electrónica de los átomos de los elementos. Con la particularidad de que la casilla 87 perteneciente al Fr queda con un signo de interrogación sin el nombre que ahora se atribuye al Francio. Nos da razón de su ausencia en la tabla porque es un elemento recientemente descubierto en Berna y que fue reconocido años más tarde [1947].

> *... la serie de los metales llamados alcalinos de analogía evidente, completada hace unas semanas por el más reciente de los cuerpos descubiertos en Berna por Walter Minder, director del del Instituto del Radio y el Dr. Alice Leiger-Smith ...*[35].

El lugar correspondiente al elemento 61 —igualmente— lo deja vacío se trata del *Prometio (Pm)* perteneciente a los *Lantánidos (serie de tierras raras)*; es uno de los elementos químicos ausentes del aquel sistema periódico debido a que su existencia no había sido confirmada, es uno de los elemento radiactivos que siguen al *Uranio* en el orden de la clasificación con el nombre de *Transuránidos.* Se obtuvo como resultado de la fisión del Uranio; el nombre elegido procede de Prometeo, el dios griego que robó el fuego del Olimpo según la mitología; los nombres son

---

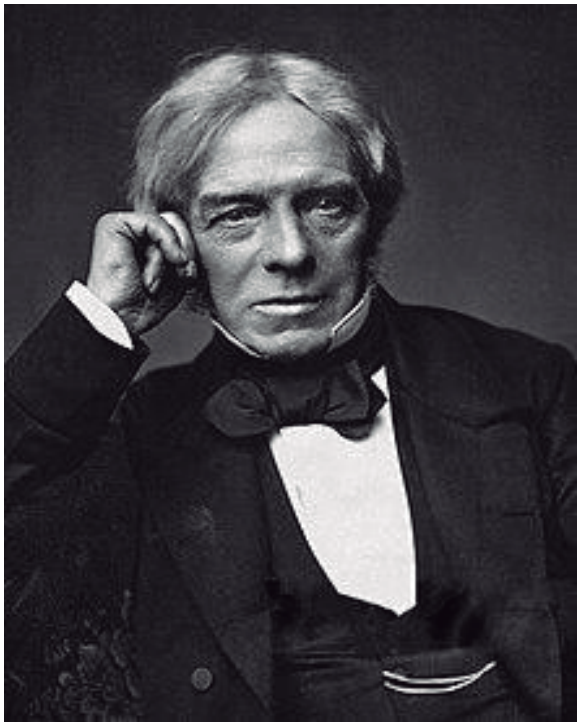
[34] Alfred Werner (1866-1919), químico suizo [Nobel 1913].

[35] CABRERA, 1943, ibid., p. 79., vid., *Tratado de Química Física* de John Eggebert y Lothar Hock. Ed. Labor, S. A., Barcelona, Madrid, Buenos Aires, Río de Janeiro, 1943, p. 91.

propuestos con frecuencia por sus descubridores.

También falta el 85, *Astato (At) ;* es un halógeno radiactivo que se encuentra sólo en trazas en minerales de Uranio y Torio, se le suponen propiedades similares a las del Yodo; su cortísima vida media y escasez hace que su detección sea complicada; su nombre deriva del griego *«astatos» [inestable];* es muy raro fue identificado por un equipo de la Universidad de Berkeley en 1940 —formado por los científicos *Dale R. Corson, Kenneth Ross MacKenzie y Emilio Segrè* —mediante el bombardeo del *Bismuto 209* con partículas alfa [H^+] en un ciclotrón. No dudamos de que el profesor Cabrera estuviera al tanto de estos importantes descubrimientos de la radiactividad artificial, corregir la figura en el texto -quizás- era otra cosa que dificultaba a los impresores todavía con las técnicas tipográficas.

V. EL SILENCIO DE MENDELÉYEV



Michael Farada.

Comenta con cierto pesar el silencio que guardó el eminente científico *Dmitri Ivánovich Mendeléyev (1834-1907)* quien había hecho un trabajo que «… puede ser considerado como uno de los grandes logros de la humanidad…» [Cabrera]. La utilidad de la clasificación natural de los elementos químicos fue determinante para -entre otros- descubrir elementos

para ocupar las casillas vacantes. El mismo *Mendeléyev* hizo previsiones de nuevos elementos aún desconocidos, apuntando algunas de sus características y una aproximación certera de los valores de sus masas atómicas, al tiempo que animó a que se generalizara la búsqueda con la ayuda de esta poderosa clasificación, a partir de su trabajo original con sólo una veintena de cuerpos simples.

No obstante Cabrera comenta el extraño silencio de *Mendeléyev* con relación al *proceso* evolutivo de los átomos que la tabla sugería «a grito herido» [p. 80] y lo atribuye a una especie de prudencia limitadora, de acuerdo con Cabrera —tal actitud— se debe a un supuesto rigor intelectual «...como índice de un espíritu sometido a una disciplina rígida...» [p.80] que no daba paso a hipótesis arriesgadas.

En 1869 cuando *Dmitri Mendeléyev* dio a conocer su cuadro de clasificación, no existía —dice Cabrera— [p. 80] base para pensar en un elemento que represente la unidad natural de la materia. Suponemos que debe haber habido alguna circunstancia que influyó en el ánimo del sabio ruso guardar la mayor prudencia en este sentido. Unas décadas antes -en 1815- el físico inglés *William Prout (1785-1850)* había concebido la idea —*Hipótesis de Prout*— de que todos los cuerpos simples están formados por combinaciones del hidrógeno —el más ligero de los existentes— al observar que el valor obtenido para diferentes masas atómicas se acerca a números enteros con respecto a la del hidrógeno.

Sin embargo, siguiendo el criterio de Prout, los químicos se encontraban con resultados poco convincentes, los cuales se intentaban corregir tomando como unidad natural 1/16 de la masa atómica del isótopo O^{16}; no hubo resultados positivos para explicar la secuencia del orden creciente en la tabla según la sucesión de

números enteros. No obstante, en los primeros compases del siglo XX [p. 81], los resultados obtenidos daban tardíamente la razón a Prout y su hipótesis; esto se explicaba porque se sabía mucho más de la materia. El átomo no es una partícula, ni una esfera dura, en realidad es un sistema con estructura y componentes. Todo ello se debe al átomo como paradigma de Dalton que fue la base de un atomismo racional y que en realidad ha sido la fuente de fiabilidad en el átomo.

Ya lo decía Cabrera que la teoría del éter y el átomo imaginario tenían firme implante en la física de fin del siglo XIX y principios del siglo XX. Las nueva generación de físicos toman el relevo en dar sus aciertos sobre la naturaleza atómica de la materia; se pudo avanzar bastante lo que permitió refinar la caracterización de los átomos hasta llegar a la tabla que se ha venido comentando [p. 81], organizada de acuerdo con la distribución de los electrones en el átomo que se apoya -ya definitivamente- en lo cuántico y relativista propuesto por *Planck y Einstein* en sus teorías que llegaban a cuajar con fundamento. El joven físico danés *Niels Bohr* formuló con estas bases un modelo de átomo organizado según una distribución en capas de los electrones a partir del núcleo de Rutherford.

Sin pausa, en los primeros años del siglo XX se contaba con suficientes evidencias de la existencia de la unidad atómica natural —que Cabrera atribuye a *William Draper Harkins (1873 – 1951)* químico norteamericano— conocido especialmente por sus contribuciones a la Química con sus investigaciones sobre la masa atómica de los elementos «...revalidando en cierto modo la hipótesis de *William Prout*...» [p. 80] al tomar el átomo de hidrógeno como unidad de masa atómica, de modo que las masas atómicas de los demás elementos deben ser múltiplos de ésta.

El texto de Cabrera nos conduce a la relación establecida en la *cuba electrolítica* —por Faraday entre equivalente químico y carga eléctrica, de acuerdo con la ley que lleva su nombre y es básica en electroquímica. Recordemos que el *equivalente químico* de un elemento o compuesto se refiere a la cantidad de sustancia que reacciona o se combina con una cantidad fija de otra, generalmente con un mol de electrones en una reacción redox:

E = M/n [E = equivalente, M = peso atómico, n = nº electrones]

Esta historia está relacionada -desde luego- con el desarrollo de las investigaciones de *J.J. Thomson*; el electrón comienza a configurarse como *'protil'* —unidad natural de la electricidad— [KRAGH, 2001]. Se pone en primer plano la hipótesis proutiana —mencionada por Blas Cabrera en sus escritos— en cuanto a la división finita de la materia. Los experimentos con rayos catódicos realizados por *John J. Thomson* y colaboradores en los últimos años del siglo—*Cavendish Laboratory*— dieron como resultado el descubrimiento del electrón en 1897, que es la unidad natural de la carga eléctrica que pasó a ocupar -desde entonces- un lugar prominente en el desarrollo de la física y la química.

VI. LA HIPÓTESIS DE PROUT Y LA RELACIÓN ELECTRICIDAD Y MATERIA

Michel Faraday (1791-1867) encuentra la ley empírica que lleva su nombre mediante ingeniosos procedimientos, estaba empeñado en saber más sobre el mecanismo interior -imaginado en principio- de los diferentes electrolitos utilizados; con méritos suficientes, Faraday es reconocido como el fundador de la *Electroquímica*. El modelo esférico de Dalton fue la base para proponer hipótesis más completas de la estructura de las sustancias

químicas; es la etapa de la clasificación periódica culminada por *Mendeléyev*

Michel Faraday. Portrait Galery Londres.

La ley de Faraday es básica para la electroquímica porque establece la relación de los átomos con la unidad natural de la carga eléctrica —electrón—; en el siguiente párrafo constata Cabrera la importancia de la electrolisis en el análisis químico de las sustancias.

> *Establece una ligadura firme de los átomos con una unidad natural de cargas eléctricas {sic.}, puesto que la*

aparición de cada nuevo átomo en uno de los electrodos de una cuba electrolítica supone el paso por ella de una cantidad muy definida de electricidad [p. 81].

El átomo o la molécula es la cantidad mínima microscópica posible de las sustancias químicas, se deja atrás la comodidad de la continuidad. Los químicos del XIX descubrieron métodos macroscópicos para poder manejar las cantidades de sustancia que intervienen en las reacciones químicas y en disoluciones; el mol es la unidad química patrón que se emplea sistemáticamente en los cálculos estequiométricos equivalente a la masa atómica o molecular expresada en gramos que está complementado con el *número de Avogadro*, que es el número de partículas elementales por mol, esto es, $N_A = 6.022 \times 10^{23}$ *partículas/mol*; el orden de magnitud de esta cantidad es enorme -la unidad seguida de 23 ceros- y nos permite calcular la masa de las partículas elementales; por ejemplo, la masa de un átomo de hidrógeno es igual a 1.66×10^{-27} *Kg*. Este razonamiento nos conduce de nuevo a dejar atrás el antiguo modelo de la continuidad de la materia, ya que la parte más pequeña de la materia es finita.

Botella de Leiden, MICCP, Sala Blas Cabrera en Museo del Instituto Cabrera Pinto de La Laguna.

Blas Cabrera detalla muy bien los supuestos utilizados en cada caso. Podríamos decir que nos lleva de la mano para acercarnos a la naturaleza de la electricidad que deja de ser el antiguo fluido vítreo o resinoso; la independencia del electrón -corpúsculo de J. J. Thomson- «… ha

permitido el estudio directo de esta partícula …» [CABRERA] para medir con precisión la relación de su carga/masa, cuyo resultado -dice Cabrera- sorprende porque parece que el electrón tuviera una masa muy pequeña si la comparamos con la del átomo de hidrógeno —1830 veces mayor—. En su momento fue que es un resultado sorprendente; pero «… la teoría de la Relatividad ha venido en nuestro auxilio …» [p.82] porque m =E/c2 es aplicable al electrón, que en realidad es una carga en movimiento que genera su propio campo y energía.

Observa Cabrera la notable capacidad interpretativa de *Faraday* en relación a los fenómenos observados en la *cuba electrolítica*, que se expresan muy bien en la ley que lleva su nombre:

$$M = Q/F \cdot E$$

m = masa depositada, Q = carga eléctrica, E = equivalente químico, F ≅ 96.500 C = Constante de Faraday —que es la cantidad de electricidad para que se deposite un equivalente de la sustancia considerada.

En sus orígenes la electricidad como fluido imponderable tomó consistencia en los trabajos pioneros de *Luigi Galvani (1737-1798), Benjamin Franklin (1706-1790), Charles Augustin de Coulomb (1736-1806)*, que son los llamados «electricistas» del siglo XVIII; para ellos es algo que fluye y se almacena en recipientes como la *Botella de Leyden* -condensador- con ello se consideraba la electricidad como un medio continuo; es evidente que esta interpretación está incluida en el viejo debate sobre la naturaleza continua o discontinua de la materia.

El descubrimiento del electrón [J.J. Thomson, 1897], fue sometido a fuerzas eléctricas y magnéticas que lo identificaron como ‘corpúsculo’ –más tarde electrón– que va a ser de crucial

importancia en los futuros avances de la física en los primeros compases del siglo XX. Es la unidad natural de la carga eléctrica, es «el átomo de la electricidad».

Es natural que Cabrera se sintiera muy bien haciendo memoria de su conocimiento directo de los fenómenos ligados a la electrolisis y -de esta manera- a la electroquímica que él cultivó en el laboratorio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Central, en la trasera del edificio del *Noviciado,* lindando con la calle *Amaniel*. El siguiente párrafo refleja su manera de explicarlo como si estuvieran presentes sus alumnos en el aula, sabemos que siempre la imaginación tiene ese poder de trasladarnos en el espacio y el tiempo de nuestra vida.

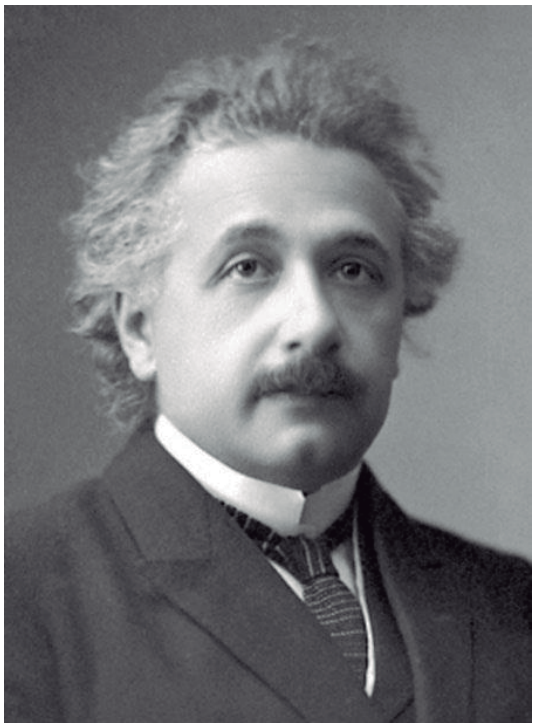
> *... como consecuencia [de la existencia] de un grano o partícula de electricidad negativa que se comporta a modo de un átomo de esta carga igual a 4,805 unidades que tienen existencia real e independiente ... [p. 82].*

La existencia independiente de esta partícula permitió -nos dice Cabrera- la determinación tanto de la carga «como de la masa que la acompaña» sólo aplicando directamente las leyes de la mecánica clásica se halla el valor de la constante e/m = 5,2986 10^{17} llamada *carga específica del electrón*, de donde se deduce $m_e = 9.084\times10^{-28}$-*g*. Si comparamos este valor con la masa del hidrógeno *H* que es el átomo más ligero 1.665×10^{-24} g se tiene que $m_e/m_H \approx 9.109\times10^{-31}$ kg/1.673×10^{-27} kg ≈ 1833 veces más pequeña, es decir, la masa del electrón es mucho más pequeña que la del átomo más ligero.

La gran diferencia entre las dos partículas obliga a pensar que la supuesta masa portadora del electrón «… no está constituida por la materia ordinaria…» sino por la inercia electromagnética si

se tiene en cuenta la ecuación $E = m c^2$. La interacción del campo propio del electrón en movimiento y la energía asociada $E = m c^2$ pueden dar razón de la inercia del electrón -una resistencia- que enlaza con el concepto clásico de la masa como medida de la inercia, es decir, la resistencia a la aceleración $m = F/a$.

La *'masa electromagnética'* del electrón se estudia en electrodinámica relativista y es fundamental para la física de partículas elementales; este concepto fue propuesto por J.J. Thomson en 1881 en un artículo *'On the electric and magnetic effects produced by de motion of electrified bodies'*[36] con la intención de relacionar la inercia de las partículas con la carga debido a un efecto básicamente inductivo que se produce por deformación de los campos propios de la partícula en cuestión. Tal como hemos dicho la masa electromagnética queda [JAMMER, 1997][37] relacionada con la energía por la ecuación $E = m c^2$ que propuso Albert Einstein en 1905. Una aproximación clásica [Cabrera] supone que el electrón es una carga negativa distribuida sobre una esfera de radio r —radio Lorentz o de Thomson— masa $m = E/c^2$ La energía está distribuía sobre una esfera $E= e^2/r$ [p. 82], siendo r el radio del electrón, calculando se obtiene un valor que como aproximación se mantuvo cierto tiempo.



Albert Einstein (1924).

[36] Philosophical Magazine 11, 229-249 (1881).
[37] JAMMER, Max. *Concepts of Mass.* Dover, 1997, Cap. 11, p. 136.

$$r = e^2/m\,c^2 = e/m \cdot e/c^2 = 1.2 \cdot 10^{-13}\ cm$$

Esta hipótesis no se sostiene [CABRERA] si la carga eléctrica se supone distribuida uniformemente sobre la superficie de la esfera porque tendería a dispersarse por las fuerzas de repulsión internas «… este electrón sería inestable y se destruiría …». Sin embargo, nos dice Cabrera que el valor del radio -así calculado- se puede utilizar para establecer un orden de magnitud «… que permite concebir la presencia de los electrones en el seno de los átomos …» cuyo diámetro es $\approx 10^5$ veces mayor. Diferentes experimentos demuestran [Cabrera p. 83] que podemos aceptar que los electrones son parte de los átomos. Se tienen métodos para determinar el número de electrones para cada átomo; este número coincide con el número atómico Z, es decir, con el número de orden en la tabla periódica.

VII. MATERIA CONTINUA O GRANULAR

La continuidad o discontinuidad de la materia ha sido objeto de un largo debate; la continuidad es imprescindible para el cálculo diferencial; fue una de las problemas teóricos que dificultaba al atomismo. Fue muy importante descubrir la unidad natural de la carga eléctrica, gracias a las investigaciones del *laboratorio Cavendish* dirigido por J.J. Thomson en 1897. *J.J. Thomson* analiza en profundidad la naturaleza de los rayos catódicos —descarga eléctrica en tubos de vacío— y anuncia en un artículo publicado en *Philosophical Magazine* titulado «*Cathode Rays*» en donde afirma que los rayos catódicos están compuestos por partículas subatómicas -con carga negativa- que son componentes universales de la materia, cuyas combinaciones causan la formación de los elementos químicos; el *corpúsculo* no tardó en ser el *electrón* y *John J. Thomson* es reconocido como su descubridor.

Max Planck (1858-1947).

A finales del siglo XIX, la energía radiante tampoco parece que sea continua, ante la sorpresa y rechazo de algunos de los científicos de mayor prestigio, la *radiación del cuerpo negro* dejó de ser continua de acuerdo con la teoría —poco comprendida en 1900— de *Max Planck* (1858-1947) con una sorprendente propuesta: la energía no se emite en forma continua, sino en forma de paquetes, tal como había profetizado *Ludwig Boltzmann* (1844-1906).

El cuánto de energía luminosa —fotón— es proporcional a la frecuencia de la luz y cumple con la ecuación $E = h \cdot \upsilon$, donde h es la constante de Planck. Por otro lado, en 1905 —Annus Mirabilis— el joven físico *Albert Einstein* (1879-1955) envió a la revista *Annalen der Physik* una serie de artículos que trastocaban el intocable mundo heredero directo de la mecánica clásica; se abría el paso al período en el que se inicia la revolución científica del

inicio del siglo XX; importante contribución que resuelve las incongruencias que *William Thomson* bautizó como las dos nubes que oscurecen el triunfo del mecanicismo decimonónico; esta observación de Kelvin se ha interpretado - por diversos historiadores de la ciencia- como el anuncio de la llegada de la llamada física moderna con la teoría corpuscular de la luz que sólo puede ser emitida y absorbida en cantidades discretas; el fotón es la partícula de intercambio en la interacción electromagnética, es la partícula que produce el «efecto fotoeléctrico» de los paneles solares y de las aperturas y cierres automáticos de las puertas.

Tengamos en cuenta —además— que el cuanto de energía se transfiere a los electrones del metal que pueden abandonar la superficie en forma de corriente eléctricas. Cada clase de metal presenta una resistencia característica que disipa parte de la energía en forma de trabajo de extracción We, de tal forma que cada electrón sale con una energía cinética igual a la diferencia $E_{cinética} = h\,\upsilon - We$. La experiencia confirma este resultado y la realidad de los cuantos y la vuelta a la teoría corpuscular de la luz. Existe una cierta perplejidad ante este resultado si se tiene en cuenta que la teoría ondulatoria estaba bien implantada [WICHMANN, 1972][38].

Cabrera es un buen didacta cuando describe cómo la medida de un átomo queda fuera del alcance de cualquier balanza de precisión; la balanza —dice— es el aparato más preciso que el físico pueda utilizar en el laboratorio [p. 76]. Pese a la precisión de la balanza, no se puede medir una masa atómica directamente. Se tiene que recurrir a métodos de medida indirecta entre los que

[38] WICKMANN, Eyvind H. Quantum Physics. McGraw-Hill Book Company, New York, 1971. Edición en español Editorial Reverté, S. A., 1972 —Berkely Physics Course—.

destaca el análisis químico cuantitativo para conseguir una medida aproximada de la masa atómica.

Las leyes fenomenológicas en función de los parámetros: presión, temperatura y volumen expresan la interdependencia de estas variables mediante ecuaciones como la ley de los gases perfectos en la forma $PV = N_A\ k\ T$; la constante de proporcionalidad $N_A\ k = R$ es la constante de los gases ideales, donde N_A es el número de Avogadro y k la constante Boltzmann; sobre todo esto estima Cabrera que el recurso de las «leyes macroscópicas» nos brinda una aproximación válida en las técnicas del análisis químico, con la ayuda de la tabla periódica de *Mendeléyev*. Subraya además el hecho —no mencionado por el químico ruso— de que la evidencia de la clasificación periódica sugiere enseguida que debe existir una unidad natural de la materia que explica la generación periódica de las familias de los elementos.

Al aceptar como unidad natural la masa atómica del átomo de hidrógeno H —que es el átomo más ligero— cuya combinación se supone que forma los átomos más complejos, las indagaciones sobre la existencia del componente básico —nos recuerda Cabrera— se retrotrae a los trabajos realizados hacia 1815 por el físico inglés *William Prout (1785-1850);* las evidencias le animan a proponer la hipótesis de que todos los elementos químicos se forman a partir del hidrógeno. La *Hipótesis de Prout* permaneció vigente durante un tiempo, después del cual quedó como una propuesta incierta. Elementos de diferente masa ocupan la misma casilla de la tabla periódica con masas atómicas que no son múltiplos de la masa atómica del hidrógeno; los números que representan esas masas no son enteros sino fraccionarios. La investigación se apoya en nuevos procedimientos y se logra explicar la existencia de los *isótopos* —el nombre significa el

mismo lugar— con igual número atómico y diferente masa. Se opta por tomar como unidad de masa atómica la doceava parte de la masa atómica del isótopo C_{12} [$C_{12}/12 = 1.66 \cdot 10^{-24}$ g].

Destaca al brillante fisicoquímico alemán *Wilhelm Ostwald (1853-1932)* que fue líder de la *energética* en la que se habían sustentado los éxitos de la química de la segunda mitad del siglo XIX. Para esta generación de químicos era una forma definitiva de tratar los fenómenos de la física y la química; los modelos de átomo de Bohr y Sommerfeld se construyen por una combinación de teoría y observación experimental. Hemos tenido a disposición un ejemplar de las lecciones expuestas en la Universidad de Columbia en 1906 precisamente el año de su retiro voluntario. La influencia de Ostwald sobre las nuevas generaciones de especialistas en *Química Física* ha sido fundamental. *Enrique Moles Ormella (1883-1953)* llegó al *Physikalische-chemisches Institut* en 1910 para dar comienzo a su proyecto científico en un área casi desconocida hasta entonces en España.

Mariano Ruiz-Funes García (1889-1953).

… Aún hoy, cuatro años después de su retirada, acuden desde lejanos países los jóvenes atraídos por la fama de Ostwald.

Nosotros mismos creímos tener aún la suerte de poder aprender de él. El Instituto de Leipzig, su Instituto, vive aún de su espíritu, todos los docentes que en él están han sido sus discípulos, y todos, o casi todos los actuales maestros de la química física, han pasado por el Instituto Ostwald …[39]

Wilhelm Ostwald (1853-1932).

La etapa de la mecánica clásica como método se prolonga en el tiempo, los cambios de paradigma no son repentinos sino paulatinos y se revela mientras dura el debate entre lo nuevo y lo antiguo; sin embargo las incongruencias que se adviertan por una minoría de científicos obligan a la investigación en busca de soluciones aceptables. Un caso del que nos hemos ocupado es la prevalencia —durante mucho tiempo— del modelo del *éter* como referencia absoluta para la propagación de las ondas electromagnéticas. Hemos admirado el tratado «*La estructura de las revoluciones científicas»* de Thomas S. Kuhn (1922-1996), desglosemos un párrafo que nos pare que puede ser ilustrativo:

… Max Planck, pasando revista a su propia carrera, escribió con tristeza que «… una nueva verdad científica no triunfa por medio de convencer a sus oponentes, haciéndoles ver la luz, sino más bien porque […] aparece una nueva generación que se

[39] MOLES ORMELLA, Enrique. *Un curso teórico y práctico de Química – Física*. Anales de la JAE, IV, II., 1911, 70 [Anales IV, 1911, 6].

familiariza con ella … [KUHN, 1971][40].

El texto de Cabrera que comentamos fue publicado -como hemos dicho- en México en el año 1943, dos años después de su llegada al Puerto de Veracruz en el otoño de 1941. En la *Universidad Autónoma de México* ocupó una cátedra de honor en la que impartió lecciones de historia de la física. Creemos que la publicación en la revista *Cuadernos Americanos* es la última de sus entregas a la imprenta. Por este motivo, es fácil comprender que tiene un especial interés para completar detalles de su biografía que nos ocupemos de su constancia en escribir —para un público amplio— sobre la evolución del conocimiento científico. Los borradores de sus conferencias, algunos libros y documentos de su interés viajaron con él desde París a México D. F., formando parte de su equipaje[41].

VIII. LA HERENCIA INEXCUSABLE DEL POSITIVISMO

Insistamos en que el *positivismo* es una corriente que influye en la ciencia del siglo XIX: sólo es válido lo que se puede ver y medir, no hay sitio para la metafísica que se aparta de estos principios. La ciencia hipotética es una entelequia para Mach, Berthelot, Ostwald y Duhem [KRAGH, 2007][42], su método se funda en la experiencia y acuden a la historia y filosofía de la ciencia en sus argumentaciones. Tengamos en cuenta que Cabrera

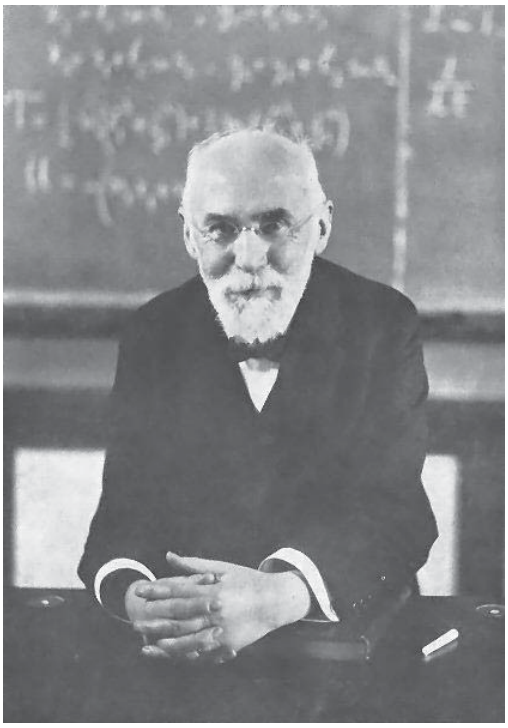
---

[40] KUHN Thomas. *La estructura de las revoluciones científicas*. Fondo de Cultura Económica, México, 1971, p. 234. PLANCK, Max. *Scientific Autobiography and Other Papers*, trad. F. Gaynor (N.Y. 1949).

[41] A su llegada al puerto de Veracruz —otoño 1941— y después de las formalidades legales para la entrada en México, dejaron en consigna la parte voluminosa y pesada del equipaje para su transporte por los servicios de JARE.

[42] KRAGH, Helge. *Introducción a la historia de la ciencia*, p. 19. Ed. Crítica, Madrid, 2007.

había tenido una formación clásica en sus años de alumno, desde el bachillerato hasta su salida de las aulas en 1900.



Hendrik Antoon Lorentz (1853-1928).

Su hijo, el físico *Nicolás Cabrera Sánchez Real (1913-1989),* nos informó de la tenacidad de su padre que creía y practicaba la investigación experimental y el análisis de los resultados siguiendo el método científico. En el preámbulo de sus «*Cincuenta años de la evolución del concepto de materia (1943)*», nos dice que la rapidez de los cambios de modelos en la ciencia es uno de los factores que señalan -en parte- el progreso experimentado en la primera mitad del siglo XX. Conscientemente desea insistir en las diferencias entre los modelos que sus profesores enseñaron hacia 1900 con «… la concepción que hoy ofrecemos a nuestros discípulos …»; no existen dudas de que el progreso del conocimiento de la materia es el campo en el que se centran los esfuerzos de los químicos y físicos desde las primeras décadas del siglo XIX.

Mencionemos, una vez más, a *Ernst Mach (1838-1916)* —que es el representante de mayor relieve de la ciencia positiva del último tercio del siglo XIX— como filósofo de la ciencia es crítico con los principios de espacio y tiempo absolutos de Newton y abrió la posibilidad de hacer física con otros fundamentos. Escribió mucho y su obra fue muy leída por la generación de 1905, que es la de Albert Einstein y Blas Cabrera. Una visión sucinta de la cosmología de Albert Einstein nos permitiría establecer ciertos paralelismos entre sus biografías.

Hemos consultado *The Theory of Electrons [LORENTZ, 1916]* cuyo contenido es el curso impartido por Lorentz en la Universidad de Columbia de Nueva York. Nos viene bien la explicación que el autor ofrece en el prefacio [Haarlem, diciembre 1915]. El párrafo siguiente nos aclara algo de la lentitud con la que se introducían las nuevas teorías de la física moderna.

> [Dice Lorentz] … Solo menciono en una nota el *Tratado en magnetóptica* de Voigt y no incluyo nada de la radiación de Planck ni del principio de la relatividad de Einstein…las bases físicas empleadas son corolario de la gran teoría de la electricidad a la que los nombres de Faraday y Maxwell estarán por siempre relacionados …[43].

Cabrera estudió las teorías electromagnéticas de *Faraday y Maxwell* que se desarrolla en el modelo de la mecánica clásica. En la primera década del siglo XX, cuando Blas Cabrera estaba en los inicios de su carrera, seguía vigente la fórmula –ampliamente aceptada– de que para entender un fenómeno físico hay que

---

[43] LORENTZ, Hendrik Antoon. *The Theory of Electrons and its aplications to the phenomena of light and radiant heat* (IIª ed.). Curso impartido en la Universidad de Columbia, Nueva York, en marzo y abril de 1906. Éditions Jacques Gabay, 1992.

reducirlo a movimientos. En esta línea están las prestigiosas lecciones de física matemática de *Echegaray* en la Universidad Central, con las que deseaba consagrar la continuidad de la materia y el uso del cálculo diferencial. Sin embargo, su modelo –no sin reticencias– mecánico no tardaría en ser modificado por la relatividad y la teoría cuántica. Las ciencias herederas de la física clásica se apoyan en el estudio del movimiento de los componentes, hasta conseguir relaciones entre magnitudes medibles. Por lo demás, los cultivadores de las ciencias físicas y químicas de finales del siglo XIX se 'convertían' –poco a poco– al *«esquema del mundo físico»* en el que se debían desarrollar toda nueva teoría; el éxito de la química y la física aplicadas en el desarrollo industrial y tecnológico había dado lugar a todas aquellas resistencias en admitir el atomismo de la materia.

En todo caso la actividad investigadora se esforzaba en perfeccionar y extender —lo más posible— las teorías cuando aparecían dificultades de encaje, incluso se recurría a realizar ajustes *ad hoc* como hacemos —sirva como ejemplo— al colocar una pieza en el hueco de una casilla de un puzle, es decir, resultaba beneficioso y muy razonable hacer física empírica con aplicación de conocidos axiomas y postulados como herramientas para analizar el mundo real a una escala humana. En todo esto incide Blas Cabrera en sus conferencias y artículos divulgativos tiene como tema preferente para enseñar y divulgar las ciencias físicas; tenía cultura científica y filosófica que ayuda a perfeccionar su epistemología, en la que él como físico experimental tiene su base más sólida.

En el *Laboratorio de Investigaciones Físicas* de Madrid —desde 1912— se lleva a cabo el análisis de muestras de diferentes sustancias para obtener medidas precisas de la *susceptibilidad magnética*; ésta es la constante es característica de cada material

$\sim \chi \vec{H}$ y su medida con una balanza magnética permite profundizar en el estudio de la estructura de la materia para casos especialmente interesantes. En el *Laboratorio de Investigaciones Físicas (LIF)* de la JAE se instaló un sistema que permitía medir con precisión este parámetro y someterlo a otras pruebas como por ejemplo, su variación con la temperatura y su comparación con la *Ley de Curie* montó un dispositivo por su comportamiento —cuando se le somete a un campo magnético externo $\vec{H}$ y que en general se clasifican —según la susceptibilidad— en tres variedades: *paramagnéticos, ferromagnéticos y diamagnéticos.* En nuestros días los nombres de diversas técnicas de exploración médica se expresan en el lenguaje cotidiano y en todos los idiomas del mundo; como, por ejemplo: rayos X, resonancia magnética, escáner, ecografía, rayos laser, y otros.

IX. ALGO DE MÉXICO 1943

Los gobiernos de *Lázaro Cárdenas del Río (1934–1940)* y *Manuel Ávila Camacho (1940–1946)* son los que coinciden con la salida de miles de republicanos españoles desde Francia; señalemos la importancia que tuvo México –en estos años inmediatamente posteriores a la guerra civil española– para la salida de refugiados republicanos hacia el propio México y a otros destinos sudamericanos como fueron Cuba, Buenos Aires, Puerto Rico y otros.

Destaca la actividad de la *JARE —Junta de Auxilio a los Republicanos Españoles*— coordinada por Indalecio Prieto que en todo momento contó con el respaldo del gobierno mexicano en Francia representado por el ministro mexicano Luis I. Rodríguez; y en Marsella la del cónsul Gilberto Robles. Prieto había pactado con el presidente Lázaro Cárdenas y con el ministro mexicano

Lázaro Cárdenas.

prórrogas de internamiento, protección diplomática mexicana y permiso francés para fleta r buques colectivos. Además, JARE se encargó de distribuir ayudas económicas, gestionar becas, asistencia médica, apoyo a ancianos y excombatientes, estos apoyos resultan fundamentales para el inicio de la vida en el exilio, primero en Francia y luego en México; también para la familia Cabrera. No olvidemos que esta dramática situación coincide con la II Guerra Mundial (1939–1945) y la posguerra inmediata llena de zozobras e incertidumbres.

Indalecio Prieto.

Como es sabido, la familia Cabrera —ante una situación insostenible—tuvo que optar por el exilio. La invasión de Francia por el ejército alemán fue determinante. Poco antes de la entrada de las tropas de Hitler en París –mayo de 1940–, Blas Cabrera Sánchez Real –el hijo mayor– con su familia salió hacia el puerto de *Dunquerque* para embarcar en el *S. S. Pennland de la Red Star Line*, que realizó su última salida desde Amberes hacia Nueva York el 26 de abril de 1940; a pesar de la inminente invasión alemana, el barco logró llegar a Nueva York el 16 de mayo de 1940; continuaron viaje por vía férrea y entraron en México por la frontera de Nuevo Laredo el 28 de mayo 1940 con destino final México D.F. con visado de exiliados

Manuel Sandoval Vallarta.

Blas Cabrera y Felipe, nuestro biografiado, permaneció todavía un año más en París con María Sánchez Real –su esposa– y su hijo Nicolás Cabrera Sánchez Real. La salida de París no fue fácil y la familia sintió el acoso de agentes alemanes, franceses y españoles. Con gestiones de su hijo Blas –ya en México– como hemos explicado más arriba, se tramitó el visado para viajar a México, así como los pasajes y ayuda económica de la Junta de Ayuda a los Refugiados Republicanos Españoles (JARE), en todo caso, con el apoyo de la presidencia de México.

Al llegar, no estuvo solo en la Capital Azteca, además del cuidado de su hijo mayor y esposa —Teresa Muedra Benedito— fue bien recibido por académicos españoles exiliados, especialmente por Ignacio Bolívar y Urrutia (1850–1944) – naturalista y entomólogo español — y el colectivo de intelectuales españoles y mexicanos. Su mermada salud le dificultó comprometerse en nuevos proyectos, excepto su labor como profesor invitado por la Universidad Autónoma de México en los primeros años de su estancia en este país, desde finales de 1941 hasta su muerte el 1º de agosto de 1945.

Dos años después —1943— de la llegada de Blas Cabrera y María Sánchez Real –su esposa- a Veracruz en el otoño de 1941, el profesor Cabrera entrega para su publicación un magnífico y completo texto sobre el desarrollo de la física durante los cincuenta años anteriores —desde 1900 a 1943—. No es la primera vez que dedicaba su pluma o sus lecciones a hilvanar en un tejido común los puntos esenciales de la evolución del conocimiento científico, enlazando leyes y principios en el devenir histórico. El concepto de materia es ‘la lente’, diríamos, de que se vale para concentrar en una hora la lección que imparte —según todos los indicios— en la *Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM),* donde impartió sus últimas lecciones como profesor extraordinario —nombrado

por la UAM a su llegada a la capital azteca para lo que contó con el reconocimiento y apoyo de *Manuel Sandoval Vallarta*[44] *-1977)* —físico de prestigio por sus estudios de los *rayos cósmicos y física teórica*— que en 1943 era director del *Instituto de Física* en la *Universidad Nacional Autónoma de México* y que le profesaba gran estima y consideración.

En relación con el artículo que estamos comentando, nos inclinamos a pensar que fue el mismo texto –actualizado en cada ocasión– que utilizaba en la preparación de sus conferencias, basta para justificar lo que decimos, hacer una comparación entre textos en los que el tema se relaciona con la evolución histórica de las ciencias físicas; se puede admitir que el contenido del artículo comentado tiene el mismo origen, es decir, un texto que evoluciona con el tiempo. Sería conveniente con toda lógica que admitamos 'el parentesco' con el borrador de *'una historia de la física'* conservado por su hijo Nicolás; esperamos que la digitalización prometida —por el Archivo Histórico de la Universidad Complutense— nos permita tener ocasión de un buen análisis.

X. EL SIGLO XX DE CABRERA

El siglo XX —el siglo de Blas Cabrera— es pródigo en descubrimientos y teorías de fuerte influencia científica y cultural. Las exposiciones universales de París (1889) y la de Chicago (1893) en donde se abre un escenario de poder económico basado en las nuevas tecnologías que surgen de la ciencia aplicada; la

---

[44] *Manuel Sandoval Vallarta (1899–1977).* Figura de la física en México y América Latina, destacado investigador de los rayos cósmicos y física nuclear. Doctor en física matemática en el MIT (1924) donde fue profesor y tuvo como alumno a Richard Feynman. En Alemania amplió estudios de física moderna –entre otros– con Albert Einstein y Max Planck.

World's Columbian Exposition mostró el poderío industrial que se ha desarrollado vertiginosamente con asombroso vigor, la electricidad abarca todos los adelantos en forma de máquinas, motores y generadores de gran potencia, el propio campo de la exposición resplandecía con la iluminación eléctrica de Tesla y Edison; son acontecimientos cuya proyección es en realidad el inicio del nuevo siglo y genera una enorme confianza en la fuerza de la industria; se puede afirmar que es una época en la que inicia el milagro científico y se vive con renovada mentalidad al ritmo de «… la velocidad nueva del tiempo …» [MOSSE, 1997][45].

La mentalidad de la sociedad europea absorbe los cambios que se van sucediendo. La electricidad ya no es aquel fluido imponderable; se impone el modelo corpuscular de la electricidad cuya unidad natural es el electrón —descubierto por *J.J. Thomson en*

Ernst Mach (1838-1916).

1897—laboratorio Cavendish de la Universidad de Cambridge—. La mecánica de Newton sigue siendo el marco de la física que Blas Cabrera conoció como alumno de la facultad de ciencias de la

[45] George L. Mosse. La cultura europea del siglo XX. Ariel Historia, Barcelona, 1997, p. 4.

Universidad Central y en sus primeros peldaños como profesor; costaba abandonar la creencia de que un fenómeno físico se explica únicamente en términos de movimientos; sin embargo el influyente físico holandés *Hendrik Antoon Lorentz* (1853-1928) elaboró su tratado *The Theory of Electrons* que se consolida al dar cuenta de fenómenos relacionados con la luz y el calor; diríamos que la ciencia está situada en la frontera de lo nuevo que convive con lo anterior; el mismo *Lorentz* opina que en realidad su teoría es «… an offsprings …» [una consecuencia] de la *teoría general del campo electromagnético* —que siempre estará asociada a la obra de J.C. Maxwell y Faraday— y añade, además, que el electrón es la unidad natural de la electricidad.

> *... los electrones que constituyen los rayos β^- y los rayos catódicos son sin duda la más simple partícula cargada, y hay razones para suponer que su carga es la unidad natural de electricidad, esto es, la carga de un ion de hidrógeno H^+ ...*[46].

Las leyes de la física que se proponían en el cambio de siglo se iban haciendo cada vez más complicadas, tanto para los físicos experimentales cuanto para los teóricos. La matemática —en efecto— es el lenguaje del mundo físico y recurso de los teóricos de ambas disciplinas: física y química. No obstante, el mecanicismo que reinó en la segunda parte del siglo XIX, con la labor influyente de *Ernst Mach, Berthelot, Ostwald* —dentro del empirismo extremo— para los que sólo se puede admitir lo real, lo que vemos en la naturaleza. Al tiempo que se apoyan en su interés por la historia y la filosofía de la ciencia que —para los positivistas— se convierte en un recurso continuo en sus

[46] Vid. H.A. Lorentz, op., cit., p. 44.

razonamientos y conclusiones científicas; es decir, en su propia visión del mundo físico. Tengamos en cuenta la declarada influencia que para Einstein produjo la obra de Ernst Mach [FRIEDMAN, 1983][47], especialmente el llamado principio de Mach según el cual la inercia se relaciona con la distribución de masa en el universo; Einstein elogió el pensamiento de Mach y su obra *'Die Mechanik in ihrer Entwicklung historisch-kritisch dargestellt (1883)*[48], Mach criticó el concepto newtoniano de espacio absoluto.

Heinrich Hertz (1857–1894).

La crítica de la mecánica clásica como base de la física que desplegó el científico alemán se debe considerar como un aviso del cambio de modelo que se debía adoptar con respecto a leyes y principios fundamentales de la física. *Heinrich Hertz (1857–1894)* sigue la línea de *Ernst Mach* al sugerir que una teoría científica debe ser lo más simple posible sin perder precisión, de acuerdo con

[47] FRIEDMAN, Michael. *Fundamentos de las teorías del espacio-tiempo*. Alianza, Madrid, 1983.

[48] MACH, Ernst. *Die Mechanik in ihrer Entwicklung historisch-kritisch dargestellt* (1883), traducida al español como *Desarrollo histórico-crítico de la mecánica*. Espasa-Calpe Argentina, 1949.

este enfoque nos dice que debe aplicarse la economía en el pensamiento científico y hacer que las teorías sean útiles para fortalecer el pensamiento y no confundirlo mediante recursos innecesariamente complicados. Subrayemos que las dudas sobre una teoría emergen a medida que se dispone de nuevas experiencias que evidencian incongruencias, es decir, la incompatibilidad entre las hipótesis y la experiencia, en este sentido coincidimos con *Helge S. Praagh* (1944, Copenhague) —desde una perspectiva histórica y filosófica— quien afirma que la validez de una ley física no es absoluta, sino que está sujeta a revisión y cambio con el desarrollo de la ciencia.

Un problema serio aparece en las teorías mecánicas de la luz. Los teóricos se vieron en la necesidad de inventar un medio diseñado para que la teoría funcione. Se recurre a un modelo antiguo basado en un *fluido imponderable*, como tantas veces ocurrió en el pasado. Este es el *éter lumínico* al que le atribuyen propiedades adecuadas a las necesidades de establecer una forma de propagación de las ondas luminosas a imagen de las ondas en el agua y de las ondas sonoras. Las ondas luminosas —electromagnéticas— se deben propagar a través de un éter de baja densidad y elástico que llena todo el espacio, si bien queda el reto de garantizar la compatibilidad de este medio con la propagación de las ondas transversales de la luz. Albert Einstein (1879-1955)[49] con su meridiana claridad nos dice que el éter empezó a tener dificultades para explicar lo qué ocurre con el movimiento en su seno sin que se manifieste una resistencia por cizalla.

Las ecuaciones de onda de *James Clerk Maxwell (1831-1879)* y su confirmación en los experimentos de *Heinrich Hertz*

---

[49] EINSTEIN, Albert. Autobiographical notes. Albert Einstein, Philosopher-Scientist, vol. VII, Library of Living Philosophers. MJF Books, New York, 1970, pp. 19 y sigs.

(1857-1894), basados en la emisión de ondas electromagnéticas en el laboratorio, son objeto de nuevas propuestas y desarrollo de teorías. La solución de problemas físicos mediante el cálculo diferencial introdujo en la mentalidad de los estudiantes de la época —de acuerdo con Albert Einstein— una admiración hacia este recurso que para la física es una potente herramienta; fue *Isaac Newton (1642-1727)* el primero que utilizó ecuaciones diferenciales en su trabajo sobre la propagación del sonido. A los ojos de los estudiantes de finales del siglo XIX, este recurso matemático para la física se consideró primordial y captó toda su atención, sabemos que la generación de 1905 tuvo bastante protagonismo en su uso y resultados positivos en sus trabajos, entre ellos Albert Einstein y Blas Cabrera.

La historia y filosofía de la ciencia tiene su sitio importante en el desarrollo de la investigación científica y también en el modelo de mundo que se va generando. Muchos son los ejemplos que podríamos mencionar pero podemos concretarnos en *Albert Einstein* que en su época de estudiante se sintió atraído por la historia

Enrique Moles Ormella
(1883- 1953).

de la ciencia de *Ernst Mach* que le impresionó por la independencia de juicio del científico alemán, y su libertad para poner reparos a la

fe dogmática que se tenía en la mecánica de Newton; insistamos en que Mach introdujo dudas razonables en la creencia consolidada de que todo fenómeno físico se puede explicar por el estudio del movimiento, es decir, con la base puesta en la existencia de masas y fuerzas. La inclinación que siente Blas Cabrera por la historia y filosofía de la ciencia se relaciona con su convicción de la importancia que tiene el nacimiento y evolución de las teorías para el conocimiento de la naturaleza de la materia coincidente con el juicio de Mach sobre la importancia de conocer los cambios experimentados por la ciencia para poder analizar el estado actual dela misma, Mach aclara su punto de vista en el párrafo que reproducimos.

> *Quien conozca la evolución completa del desarrollo científico, juzgará el significado de un movimiento científico actual de una manera naturalmente más independiente y exacta de aquél que, por tener limitado su juicio al período de tiempo en el que vive, sólo pueda basarse en la dirección momentánea que ha tomado ese movimiento*[50].

Nuestro físico lagunero sintió pronto la necesidad de escribir para divulgar la cultura científica[51]. Con anterioridad nos hemos ocupado de sus primeros artículos publicados en *Revista Científica* del periódico *Heraldo de Canarias* en los que se ocupa

---

[50] MACH, Ernst. *Desarrollo histórico-crítico de la Mecánica*. Espasa Calpe Argentina, Buenos Aires, México, 1949, p. 18.

[51] Blas Cabrera y Felipe, recibió la adopción del Ayuntamiento de La Laguna en 2002. En 2022, veinte años después, sus restos junto a los de su esposa María Sánchez Real, su hijo mayor Blas Cabrera Sánchez Real y los de su nieta Rocío Cabrera Muedra, incinerados, se trasladaron a La Laguna, Tenerife, desde el Panteón Español de México D. F —tumbas 139 y 502— por iniciativa de su nieto Luís Blas Cabrera Pérez —hijo de Luís Cabrera Sánchez Real—arquitecto residente en Santa Cruz de Tenerife.

de las fuerzas de la naturaleza y de los *Rayos X*[52]. Las conferencias y discursos del profesor Cabrera incluyen reflexiones acerca de las teorías que se habían admitido como verdaderas y la forma en que posteriormente fueron superadas y corregidas por otras más completas, siguiendo el símil de una espiral logarítmica que se amplía a medida que se extiende el radio que la genera; esto es, las teorías abandonadas no lo son del todo porque pueden ser revisadas y actualizadas cuando se generan nuevos datos como fruto de los trabajos experimentales y teóricos.

XI. LA RAPIDEZ DE LOS CAMBIOS EN LAS TEORÍAS DE LA FÍSICA

Según Cabrera, la rapidez con la que se desarrollan los cambios experimentados en las teorías de la física en el primer tercio del siglo XX es uno de los factores a tener en cuenta, pero *«… sería erróneo ver en la celeridad de esta evolución una medida efectiva del saber humano …»*, sin embargo, añade que *«… sin duda es éste el factor principal que ha influido en ella [en la evolución]»*. En este interesante párrafo introductorio nos aclara que paralelamente al desarrollo científico, se ha superado en parte *«… el desfase de la cultura vertida en el ambiente universitario con relación al positivo saber de la ciencia continua …»*.

Lo cierto es que si interpretamos la cultura como un estado de la mente colectiva —de cómo se percibe la sociedad en que nos insertamos— podemos afirmar que en el paso del siglo XIX al XX se produjo un cambio notable en la opinión de la sociedad europea en esta etapa de bonanza y bienestar económico de una burguesía

[52] TRUJILLO CASAÑAS, Leandro. *Blas Cabrera Felipe y Canarias*. Actas del IV simposio "Ciencia y Técnica en España" [3, 4 y 5 julio 2002]. Amigos de la Cultura Científica, Madrid 2004, pp. 51- 73.

que creía en el progreso de la técnica, la industria y la ciencia fundamental. Hacia 1900 se reforzó la tendencia de la europeización de España con los pensadores de la generación de 1898, pero recibió un impulso de la generación de 1910 —la de Cabrera y Ortega— que tomaba el relevo sin desvincularse del *Krausismo* ni del importante trabajo educativo de la *Institución Libre de Enseñanza*.

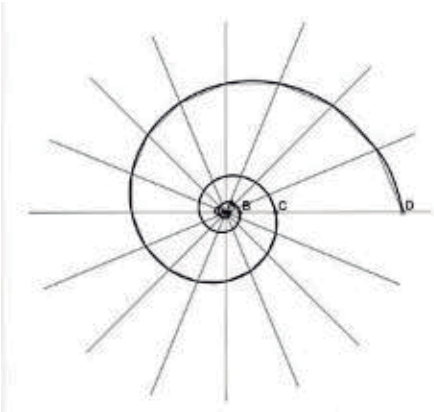
Sin embargo, la ciencia española no había despegado de la precariedad e incluso — diríamos— de su inexistencia y —en consecuencia— no se podía comparar con el desarrollo de otros países europeos en los que se había producido la *revolución industrial* con verdadero vigor. En el cambio de siglo sí había cuajado inquietud en las nuevas generaciones que salían de las aulas universitarias; médicos, farmacéuticos, químicos, físicos e ingenieros; por otro lado, una minoría no se conformaba con ocupar las plazas que se ofertaban a los nuevos titulados; más bien se deseaba elevar el listón científico y técnico existente y se iniciaron cambios en los planes de estudio para conseguir dar algunos pasos —si bien modestos— para acercarse al nivel europeo.

Las lecciones recibidas por Blas Cabrera y sus coetáneos en las aulas de la universidad decimonónica no garantizan la base suficiente que diera seguridad y también —por qué no decirlo— para despertar la vocación por la investigación científica en particular. Como ejemplo podemos mencionar la llamada a la voluntad de *Santiago Ramón y Cajal* —la gloria de la patria— en solitario, con la tenacidad que caracteriza a los naturales del Reino de Aragón, su discurso de ingreso en la Real Academia de Ciencias es uno de los textos más leídos por alumnos y profesores universitarios. Como libro se ha editado infinidad de veces, nosotros hemos consultado «Reglas y consejos sobre investigación

científica. Los tónicos de la voluntad» editado por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas [Madrid, 2019] [53].

No fue fácil asumir el reto de elevar el nivel del conocimiento científico, puesto que España atravesaba en 1900 una de las crisis más profundas de su historia, pero sin embargo tomó forma una decisión importante: modernizar el país. No es extraño, por tanto, lo que con frecuencia Blas Cabrera tenía como empresa: «realizar una obra que honre a España». Entre sus cualidades no falta la voluntad inquebrantable, la tenacidad y generosa entrega en sus propósitos.

El artículo que estamos comentando ve la luz en 1943, después de dos años desde su llegada a Veracruz en el *«Quanza»*. Emociona descubrir su interés en permanecer activo venciendo las dificultades físicas y el deterioro moral, que significó el derrumbe de una obra personal y colectiva envidiable. Pensemos que cualquier cronología individual no es sustantiva sin tener en cuenta la herencia cultural recibida en los períodos y sitios en el que se vive y que se interioriza individualmente por actos y palabras —que son signos externos que se propagan y llegan a otros— cada uno con su propia inteligencia y capacidad para entenderlos; nos referimos —claro está— a la transformación que experimenta la imagen de una persona al pasar por el filtro de las mentalidades de



[53] RAMÓN Y CAJAL. Santiago. Discurso de ingreso en la *REAL ACADEMIA DE CIENCIAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y NATURALES* (5/12/1897) *«Fundamentos racionales y condiciones técnicas de la investigación biológica»*, publicado como *«Reglas y consejos sobre la investigación científica. Los tónicos de la voluntad». CSIC, Madrid, 2019*.

su entorno de cada momento. Es cierto que cada persona vive inmersa en el entorno de la sociedad que le toca en cada etapa de su vivir, aclaremos que hemos seguido en este razonamiento a *José Ortega y Gasset (Obras Completas)*:

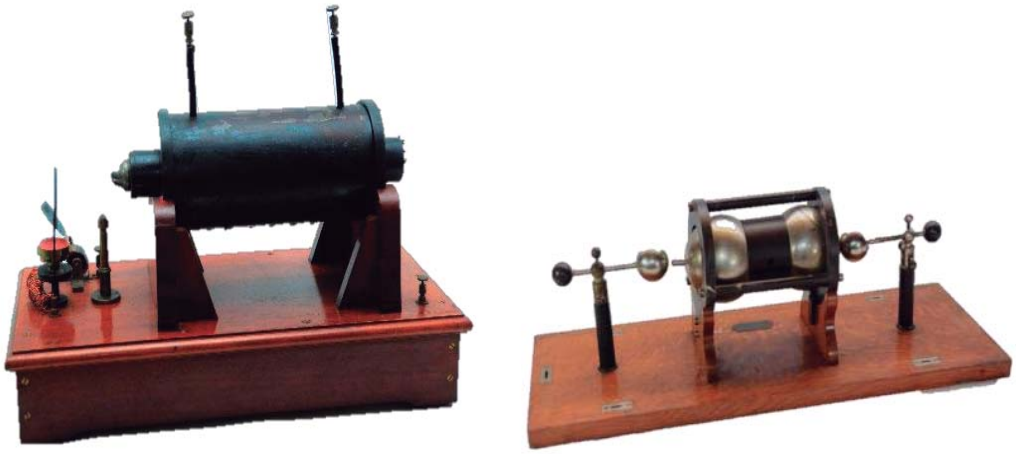
> *…tanto al recibir como al innovar las presiones recibidas, el individuo es agente responsable del ser que va siendo…por eso, la relación de cada persona con su tiempo es siempre dramática, aunque este dramatismo adopte a veces suaves apariencias de flotar en la época, de ser llevado blandamente por ella…*

La vida de Blas Cabrera, que se inicia en Arrecife el 20 de mayo de 1878, es en realidad un drama que tiene su punto final en México, el país que lo acogió generosamente y donde por decisión personal quisieron —María y Blas— ser enterrados en el *Panteón Español* de México D.F. Existe la posibilidad -con pocas dudas- de que se pueda considerar este texto como una recopilación de borradores manuscritos actualizados, pues tenía a disposición la biblioteca de la UAM, aparte del apoyo de su hijo Blas Cabrera Sánchez —con todo— pieza clave en el exilio mexicano de Blas Cabrera que cubre un período corto de sólo cuatro años incompletos (1941-1945).

El tema de su artículo es la interpretación de la materia a través del tiempo y las ideas científicas. La materia es el concepto epistemológico básico de la física a través del tiempo, Isaac Newton (1642-1727) —por ejemplo— reúne en su teoría masas y fuerzas que se relacionan mediante el lenguaje matemático. El mecanicismo del siglo XIX impone un modelo basado en movimientos gobernados por las fuerzas físicas. Todavía era necesario —para acomodar las teorías— la *hipótesis del éter*, el medio elástico evanescente de baja densidad. Este medio es,

además, la referencia absoluta que conecta con el espacio newtoniano dándole consistencia.

Las explicaciones sobre la evolución de la física —que vamos desgranando— revelan el tesón de Cabrera para fortalecer la investigación científica en España, al decir que intenta hacer ver cómo los avances de la ciencia aportan pruebas para que el ambiente universitario, sus métodos y concepciones, sea favorable «… al saber positivo de la ciencia …»[54]. La *«espiral logarítmica»* de Cabrera representa —en cierto modo— cómo se vuelve a teorías



Carrete de Ruhmkorff y Chispómetro de bolas —oscilador de Righi— para producir ondas electromagnéticas. Piezas conservadas en el Museo del Instituto de Canarias Cabrera Pinto de La Laguna —Sala Blas Cabrera y Felipe—, utilizadas para la demostración de la experiencia de Hertz, números 22 y 23 del catálogo. MAX KOHL, CA., 1900.

que fueron marginadas en el pasado para corregirla. Los fluidos imponderables se utilizaron para caracterizar fenómenos no visibles directamente como la luz, el calor y la electricidad, los cuales —de esta forma— se pueden analizar mecánicamente.

[54] Blas Cabrera y Felipe, 1943, ibidem. p. 73.

Michel Faraday había propuesto que las fuerzas eléctricas y magnéticas producen perturbaciones en su entorno para lo que representaba mediante líneas de fuerza; el formidable investigador inglés plasmaba sus ideas mediante bien diseñados dibujos para interpretar de forma nueva la interacción entre cuerpos materiales cargados. La teoría electromagnética de Maxwell dio forma matemática a los campos de Faraday; las ondas electromagnéticas —como la luz— es una perturbación de electromagnética formada por campos enlazados que se propaga con la velocidad impresionante de 300.000 km/s.

Las experiencias de *H. Hertz* con sus descargas eléctricas entre dos bolas metálicas conectadas a un carrete de *Ruhmkorff* como emisor, podían alcanzar un circuito resonante situado a cierta distancia; este fue el *«experimentum crucis»* para la aceptación definitiva de las ecuaciones de Maxwell; tengamos en cuenta que se inicia aquí la era de las comunicaciones por ondas electromagnéticas que ya en el siglo XX son fundamentales para el mundo global que se ha venido instalando por los poderes industriales, no obstante, el *éter* es imprescindible todavía en 1900 y años posteriores, se necesita un medio material idóneo para la propagación del movimiento ondulatorio que se interpreta como «… un sistema de ondas cuasi elásticas …» [CABRERA, 1943].

Julio Palacios Martínez (1891-1970) —discípulo y colaborador de Cabrera— dedicó uno de sus libros a filosofía de las ciencias con el sugestivo título *Esquema Físico del Mundo*, este trabajo de J. Palacios es interesante y se aparta de sus trabajos y libros para ingenieros y científicos, por otra parte, su discurso de ingreso en la Real Academia Española lo centra en el uso de la lengua española en ciencias y tecnología, está claro que Palacios repite pasos dados por su maestro y amigo en etapas anteriores a la suya. Podemos admitir —como conjetura razonable— que Julio

Palacios al ocuparse del lenguaje de la física leyó con atención especial —diríamos— el discurso de Blas Cabrera en la *Real Academia Española* —enero de 1936—, dedicado también al lenguaje científico y técnico. Publicó este ensayo con el propósito de subrayar la importancia de la filosofía y la necesidad del cultivo de la epistemología.

No parece positivo que el profesor *Julio Palacios Martínez* abra este debate sobre el lenguaje de la ciencia; iniciativa que es común a muchos de los físicos que se han preguntado qué es el mundo más allá de su parcela de investigación. La incursión de Palacios en la filosofía y epistemología podría darnos licencia para

Julio Palacios Martínez
(1891-1970).

decir que tuvo a Blas Cabrera como ejemplo a imitar en muchos aspectos de su actividad; el discurso de ingreso en la Academia Española dice mucho de la influencia recibida de su director y amigo. Las cuartillas que redactó para este fin dan muestra de su interés por analizar el proceso del conocimiento científico, sus progresos y dificultades a través del tiempo y, así mismo,

dedicando atención al lenguaje científico y técnico, en especial las dificultades que presentan las definiciones. Por ejemplo: ¿Cómo podemos definir la física en pocas palabras? Que es una tarea —nos dice— harto difícil para un físico, mucho más para los neófitos y personas ajenas a los métodos de las ciencias de la naturaleza ¿Qué es la física? Desde luego dice que es un campo de la actividad científica que es básica e importante para las demás ciencias y para la cultura en general. Añade el profesor Palacios que se podría definir la física de la siguiente forma:

> *...La física se propone descubrir y dar forma matemática a las leyes universales que relacionan entre sí las magnitudes que intervienen en los fenómenos reales… [PALACIOS, 1947]*[55].

Esta definición seguramente está dirigida a quienes conocen y practican la física, la cual se muestra bastante hermética para un entendimiento más cercano al pensamiento común. Sin embargo, las definiciones están presentes en el lenguaje científico. Siempre que sentimos la necesidad de definir es porque se desea llegar por el camino más corto al auditorio; esto incluye el deseo de evitar lo intrincado de la actividad de los físicos, en sus diversas formas y maneras. En realidad, pensamos, es un complejo de iniciativas que la capacidad humana permite en busca de la explicación de lo qué ocurre y, si es posible, averiguar el origen y relaciones de un fenómeno natural con todo el cosmos puesto que

> *... la finalidad última de la Física es formular una teoría lo más amplia posible del mundo material ...*

[55] PALACIOS MARTÍNEZ, Julio. *«El lenguaje de la física y su peculiar filosofía»*. Discurso de recepción. Real Academia Española de la Lengua, Madrid 1953, p. 25.

[CABRERA, 1933][56].

una definición holista y sintética de la física de Blas Cabrera atento siempre a lo simple para explicar lo complejo.

Por lo demás, el siglo XIX es un período de avance sustancial de las ciencias y las tecnologías, no obstante, las áreas del conocimiento científico y técnico se desarrollan en parcelas que durante tiempo funcionan con programas propios. Desde la física de la materia se originan los nuevos capítulos de la física que componen el gran libro del mundo natural.

James Chadwick
(1891-1974).

Se puede entender que en las dos primeras décadas del siglo XX, Cabrera evoluciona con soltura de acuerdo con los avances de la microfísica; su visión del mundo físico se mantiene entre dos aguas, es decir, entre las dos de abordar proyectos de investigación; todavía estaban vigorosos el positivismo -la realidad del esquema

[56] CABRERA FELIPE, Blas. *«Teoría de la materia»*. Física Experimental (II). Ed. Labor, Madrid 1933, p. 279.

[PALACIOS, 1947][57] del mundo material y -por otro lado- el naturalismo para explicar el mundo animado. Ambos enfoques se desvían hacia una metafísica de lo existente. Pero sigamos a Palacios que entiende que es la metafísica -la razón y las hipótesis- la que facilita profundizar con un proceso deductivo a partir de leyes y principios universales con el principio de economía, que restringe a pocos los principios utilizados. La matemática existente —ecuaciones diferenciales en derivadas parciales— y los nuevos campos que se desarrollan son recursos importantes en el avance de las teorías físicas a finales del siglo XIX y durante un prolongado período del siglo XX.

Los éxitos cosechados por la *ciencia positiva* en casi todo el siglo XIX es el motor de la tecnología en varios países europeos. Los métodos realistas del positivismo dan frutos que favorecen las economías y se traducen en el crecimiento de la industria. La química se desarrolla con modelos —supuestamente hipotéticos— de la composición de las sustancias materiales. El átomo y la molécula son recursos que se utilizan en la química decimonónica; no obstante, son considerados sólo como recursos útiles para explicar los fenómenos relacionados con la composición de las sustancias y las reacciones químicas; no se cree en su existencia real porque no pueden ser detectados por los sentidos ni con el auxilio de los instrumentos utilizados para mejorar la observación y la medida.

El mundo de la realidad es el campo de la actividad científica; se genera una acomodación a lo que es sencillo y eficaz, se puede decir que impera el pragmatismo, de acuerdo con Palacios:

---

[57] PALACIO MARTÍNEZ, Julio. *«Esquema físico del mundo».* Eds. Alcor, Madrid, 1947, p. 18.

... el mundo de la realidad se presentaba como cosa sencilla y razonable [...] las ciencias positivas en la que estaban enclavados los sencillos axiomas o postulados [...] servían de arranque para explicar el mundo real ...[58].

Blas Cabrera es de la clase de físicos que sienten inclinación por la filosofía, es decir, por el pensamiento y a la reflexión sobre lo que la ciencia aporta al conocimiento que se tiene del mundo, que está ante nosotros como un ser enorme que palpita. Existen —en este sentido— físicos filósofos y filósofos físicos que desean profundizar en el conocimiento científico [FRIEDMANN, 1991][59]. Sin dejar a un lado la evolución histórica de los conceptos y leyes científicas para una mejor comprensión de las teorías innovadoras y las tendencias más avanzadas en la visión del modelo de mundo físico.

El discurso de Cabrera —en general— se ajusta a la cronología, pero no duda en completar lo que dice con saltos hacia delante y atrás en la historia. Siempre —por cierto— sin abandonar las analogías y ejemplos para enseñar [KRAGH, 2007][60] y conseguir la mejor comprensión posible de las explicaciones. Se hace patente en el artículo —que comentamos— que escribe imaginando que tiene ante sí los alumnos y adaptándose a un nivel de conocimientos propios de los cursos avanzados de la enseñanza media o bien el de los primeros cursos universitarios. Al ocuparse de las partículas elementales —como el electrón y el protón— va mencionando los puntos importantes para llegar al conocimiento de

---

[58] PALACIOS MARTÍNEZ, Julio. Ibid., p. 5.
[59] FRIEDMANN, Michael. *Fundamentos de las teorías del espacio tiempo*. Alianza Editorial, Madrid 1991.
[60] KRAGH, Helge. *Introducción a la historia de la ciencia*, p. 152. Ed. Crítica, Madrid, 2007.

la estructura del «…átomo completo…» dotado de zona cortical y núcleo, según el modelo propuesto por *Michel Rutherford*.

El modelo atómico de Rutherford se apoya en el resultado de experimentos basados en el bombardeo de láminas delgadas con partículas alfa –He^+- cuya dispersión evidencia la existencia del núcleo muy pequeño donde se almacena el 99% de toda la masa del átomo. La partícula H^+ es el protón de Rutherford y forma parte íntima del núcleo y explica —por tanto— la elevada masa que se le atribuye; la masa de los átomos debe ser igual a la del protón o múltiplo de ésta, lo que significa «… en cierto modo la resurrección de la Hipótesis de Prout …»[61] de la que nos hemos ocupado más atrás. Permanece un desface entre la masa total y el número de protones de cada elemento que crece con el número atómico Z. Avanzado el primer tercio del siglo XX el físico *James Chadwick (1891-1974)* descubre el neutrón integrante del núcleo, de carga nula y masa cercana a la del protón. Esto resuelve —nos dice Cabrera— el problema existente todavía entonces de que la masa no se corresponde con el número total Z de protones; la solución se resuelve agregando A-Z [A número másico; Z número atómico] neutrones para completar la masa atómica[62].

En este nivel se combinan teorías y reglas prácticas que resultan —aún ahora— de provecho para la actividad macroscópica de las ciencias físicas y naturales. Se va entendiendo la organización de la materia y se refuerza el paradigma atómico con la guía de la tabla periódica de los elementos; el átomo como

---

[61] PROUT, William (1785-1850). Prout es el autor de la hipótesis que lleva su nombre (1815-16); propone que las masas atómicas de los elementos son multiplos enteros de la masa del átomo de hidrógeno que se considera como la sustancia universal primordial; vid. E. WITTAKER. *Aether and Electricity*. Harper and Brothers, New York, 1960.
[62] CABRERA FELIPE, Blas. Ibid., p. 86.

partícula no es suficiente para explicar los enlaces moleculares. Además, los *Rayos Catódicos, Rayos Roetgen (X) y las partículas radiactivas* son escrutadas en experimentos con montajes ingeniosos por físicos de la Universidad de Cambridge (*Laboratorio Cavendish*) entre los que sobresalen los resultados de J. J. Thomson y Rutherford ambos proponen modelos del átomo sugeridos por los resultados obtenidos en el laboratorio. El átomo de Rutherford, con núcleo muy masivo y carga positiva equilibrada por los electrones de la corteza es un gran paso para interpretar la estructura y el dinamismo interno de los átomos.

El modelo planetario del átomo sigue siendo el más usado en los niveles escolares para iniciar a los alumnos en el complejo mundo del interior de la materia. Esto es lo que hace Blas Cabrera para explicar que el único electrón del átomo de hidrógeno se mueve en órbitas en torno al núcleo «… imagen del átomo de hidrógeno como sistema comparado al Tierra-Luna …» en equilibrio; en realidad las comparaciones, analogías y metáforas son recursos didácticos de gran ayuda en el aula.

> *... como esta pequeña Luna [electrón] posee su carga eléctrica la órbita que describe alrededor del núcleo hace al sistema comparable a una pequeña antena de ondas hertzianas [electromagnéticas] que provocará una pérdida notable de energía electromagnética y la consiguiente rápida caída del electrón sobre el núcleo, haciendo desaparecer al átomo ...*

El problema de la inevitable aniquilación del átomo emisor de ondas electromagnéticas no coincide con la estabilidad real de su comportamiento, puesto que se sabía que *«... son emisores casi inagotables de luz ...»*. En tales casos podría ponerse en duda la estabilidad porque el electrón radiante se movería en órbitas cada

vez más pequeñas hasta precipitarse sobre el núcleo y destruirse. Esta contradicción entre experimento y teoría, indica que una teoría aplicable al comportamiento de partículas muy livianas y confinadas en zonas reducidas del espacio, obliga a un cambio radical en las leyes y conceptos fundamentales de las teorías clásicas [Landau–Lifshitz][63].

De acuerdo con Cabrera, el modelo del átomo de Niels Bohr, en el que se combina la mecánica clásica con la teoría cuántica de Max Planck fue una solución a este desajuste teórico:

> *«… Bohr salvó la dificultad postulando que existen ciertas órbitas llamadas estacionarias, en razón de que para ellas no existe radiación de energía…cuando el equilibrio se rompe, el sistema pasará de un estado de energía a otro, cambiando energía con el exterior en forma*

Blas Cabrera y Felipe ha. 1926.

> *de una onda electromagnética definida por la ecuación* $E_f - E_i = h\upsilon$ *donde* ***h*** *es la constante de Planck y* $\boldsymbol{\upsilon}$ *es la frecuencia de la radiación …»*

[63] LANDAU y L. D., LIFSHITZ. Curso de Física Teórica (vol. 3), cap. I, p. 1.

El método operativo inicial de la mecánica cuántica es -diríamos- el resultado de la combinación del experimento y teoría; por eso dice Cabrera que Bohr introdujo una generalización con el número cuántico principal n [vid., p. 87]:

> «... *órbitas que se caracterizan por un cierto número* ***n*** *llamado número cuantista fundamental ...»*

La condición que Bohr propone es incompatible con la física clásica:

> *«... que necesita ser profundamente modificada, renunciando -dice- al menos para algunas órbitas a la explicación sencilla y tan eficaz de un fenómeno tan natural e importante de la emisión luminosa por los propios átomos, que además es bien característico de cada uno de ellos ...»*

Un segundo postulado de Bohr considera que las órbitas de los electrones en el átomo son *estacionarias* pero no estables. Cuando el equilibrio se rompe, el sistema pasa a un estado energético diferente emitiendo o absorbiendo energía, en cuyo mecanismo está regido por la ecuación $E_f - E_i = h\,\nu$ que representa la emisión de una radiación monocromática o la absorción en la forma $E_i - E_f = h\,\nu$ cuando $E_i \geq E_f$ siendo E_f y E_i son las energías de cada órbita -inicial y final- y siendo *v* la frecuencia de la emisión y *h* la constante de Planck; los índices *f,* e, *i,* son los valores del número cuántico fundamental *n* que se enumera en orden creciente en la forma 1, 2, … *n* desde las órbitas de menor a mayor energía. La emisión o absorción de los fotones que son componentes cuánticos de la radiación electromagnética.

XII. ELECTROQUÍMICA EN MADRID

Insistimos que fue en el laboratorio de prácticas de física y química — instalado en uno de los sótanos del *Convento de la Trinidad Calzada* de la calle Atocha— donde Cabrera comienza sus primeras experiencias en las prácticas dirigidas por el profesor *Ignacio González Martí* —hacia 1900— y a partir de 1901 esta actividad tiene mayor relieve al ejercer como auxiliar de prácticas. Desde 1905 —como titular de la *Cátedra de Electricidad y Magnetismo*— gestionó la instalación del laboratorio de electricidad —ya mejor dotado— en el que impartían las prácticas para los alumnos y, al mismo tiempo, se experimentaba con medidas y calibrados de aparatos y conductores. La fundación de la

José Rodríguez Carracido (1856-1928).

Sociedad Española de Física y Química [1903][64], fue una consecuencia de la necesidad de intercambio y publicidad de las

[64] GONZÁLEZ MARTÍ, Ignacio. Creemos que la importancia de su labor en introducir cambios en la física que se impartía en Madrid, no se ha destacado suficientemente.

investigaciones científicas que tomaban relieve, las cuales, aunque todavía modestas, se abrían paso ante los pocos medios y, lo que era importante, tratando de romper con la inercia implantada por las generaciones anteriores. Hay constancia[65] del uso de la cuba electrolítica en experiencias prácticas para estudiantes, pero también es utilizada por Martí y Cabrera con algunos discípulos en analizar el comportamiento electroquímico de algunas sustancias de interés práctico. No es aventurado decir que las experiencias electrolíticas son el banco de pruebas para Martí y Cabrera; varios artículos en *Anales* se refieren a este método de análisis. Su interés por el mecanismo de las disoluciones se evidencia en su artículo publicado en 1903, en el que analiza teóricamente la disociación de los electrolitos; este tema —por su importancia para Cabrera— necesita de un detalle mucho más amplio que esta mención. Es un temprano intento teórico —todavía como profesor auxiliar de física— de la disociación de las moléculas de soluto en la cuba electrolítica.

El interés por el comportamiento de las disoluciones se mantiene mucho tiempo, lo que se manifiesta en la publicación de trabajos sobre la conductibilidad de la disolución del ácido sulfúrico, del que fue autor, y otro de *Alberto Suárez Inclán* —alumno del doctorado— de los electrolitos NaCl y KCl[66].

Más tarde en 1918 publica en *Anales* un interesante trabajo sobre este tema en el que profundiza en las interacciones

---

[65] CABRERA FELIPE, Blas. *Algunas consideraciones sobre la ionización de los electrolitos*. Anales 1, 1903, pp. 131- 148. *El coeficiente del frotamiento interno de los disolventes y la conductibilidad molecular de los electrolitos*. Anales, 6, 1908, pp. 264-268.

[66] SUÁREZ INCLÁN, Alberto. *Sobre la variación de la conductibilidad de con la temperatura de las disoluciones de cloruro sódico y cloruro potásico*. Anales 4, 1906, pp. 94-98.

electrostáticas entre moléculas e iones para explicar el comportamiento de los electrolitos fuertes frente a la «Ley de Masas» de *Cato Guldberg (1836-1902)* y *Peter Waage (1833-1900)*. Cabrera estaba al tanto de las novedades publicadas en medios especializados por la lectura de revistas y libros, así como por los informes que *Werner Mecklenburg —Privatdozen en la Königliche Bergakademic de Clausthal—* remitía a la *Sociedad de Física y Química* para ser publicados en los *Anales*; fue una gentileza que tuvo con *José Rodríguez Carracido (1856-1928)* que fue quien lo solicitó. El catedrático de la Facultad de Farmacia tuvo una buena oportunidad para reconocer y agradecer al físico alemán la constante y fructífera colaboración con los científicos españoles, de forma destacada mediante los informes que elaboraba y remitía a los *Anales de la Sociedad de Física y Química.*

> *... En las crecientes relaciones de mutuo cambio de ideas sostenidas con quien, por la perseverancia en la empresa de establecer una alianza científica hispano-germánica, [el Dr. Mecklenburg] es acreedor al título de ministro plenipotenciario de la literatura española fisicoquímica en los países de lengua alemana, todos hemos admirado en el curso de esta ya larga convivencia intelectual ... [CARRACIDO, 1911].*

Esteban Terradas e Illa (1883-1950) en el discurso de ingreso a la Real Academia Española «… el muy llorado físico, insigne por su competencia y su bondad, D. Blas Cabrera …»[67]. Terradas es coetáneo de Cabrera, aunque era cinco años más joven, debieron intimar en la Universidad de Madrid debido a la presencia

[67] TERRADAS E ILLA, Esteban. *Neologismos, arcaismos y sinónimos en pláticas de ingenieros.* Discurso de ingreso, Real Academia Española, 13 octubre 1946. Respuesta de Gregorio Marañón.

del joven ingeniero catalán para realizar el doctorado en 1905 y ejercer como profesor auxiliar de física durante el curso 1905-1906.

Digamos que se diferencia de Cabrera en su actividad que puede clasificarse como multifacética como ingeniero y físico. Ambos ocuparon escaño en la Asamblea Nacional Consultiva de la dictadura del general Miguel Primo de Rivera entre 1927 y 1930. Coincidieron en el interés por la física moderna en especial la relatividad de Einstein de la que fueron, los dos, estudiosos y difusores; fueron los anfitriones de Einstein en su visita a Barcelona, Madrid y Zaragoza en 1923. Destaquemos que el «olvido premeditado» del físico canario no se produjo entre quienes lo habían tratado de cerca, no todos por supuesto. Nos inclinamos a destacar que Terradas y Palacios, eligieron el léxico científico para su discurso de ingreso siguiendo el ejemplo de Blas Cabrera (1936).

Cabrera nos dice que conviene insistir en que la tabla periódica de Mendeléyev establece analogías y diferencias entre los átomos basadas en la distribución de los electrones. Como se sabe, el estado de equilibrio de los átomos es el neutro, es decir, la igualdad entre cargas negativas y positivas. Se tiene que admitir la existencia de corpúsculos con carga positiva para este equilibrio eléctrico; Ernst Rutherford —en el *Cavendish Laboratory*— descubrió que la carga positiva del átomo está concentrada en el núcleo atómico; el átomo tiene un núcleo muy pequeño «… que en los átomos más masivos apenas alcanza $1/10^3$ del tamaño total del átomo …» [Cabrera, p. 84] el resto es la zona cortical está formada

Esteban Terradas e Illa
(1883-1950).

con Z electrones; el volumen del electrón, dice Cabrera «… se puede comparar al que ocuparía una mosca en un salón de algunos centenares de metros cúbicos de cabida …». La electroquímica ha tenido un amplio campo de estudio y de aplicaciones industriales, que en la actualidad (2025) la electroquímica se utiliza a gran escala para cubrir necesidades en un campo interdisciplinario que estudia las interacciones entre la electricidad y las reacciones químicas. En la actualidad, está viviendo un auge significativo debido a su papel crucial en varios sectores estratégicos, como la transición energética, la electromovilidad, el almacenamiento de energía y la sostenibilidad ambiental.

El núcleo de hidrógeno H^+ es el protón cuya masa se calculó inicialmente de forma parecida a la que se utilizó para calcular la masa del electrón, esto es, aplicando fuerzas convenientes. Al ser la masa del protón $m_p \approx 1830$ veces mayor que la del electrón se puede -siguiendo a Cabrera- calcular el radio del

protón $r_{pm} = r_e /1830 = 6.5 \cdot 10^{-17}$ cm; tengamos en cuenta que estos valores clásicos difieren de las medidas en la actualidad

$$R_e = 2.818 \cdot 10^{-13} \text{ cm.}, \; r_{pm} = 8.418 \cdot 10^{-16} \text{ m}$$

XIII. ÁTOMO DE HIDRÓGENO

Hagamos una disgregación, en nuestras experiencias como alumno, primero, y luego como enseñante de la física elemental, se nos hacía difícil tener una imagen aproximada de las definiciones; «la masa es la cantidad de materia» es la definición más socorrida, era breve y fácil de memorizar, pero induce a error, basta que nos preguntemos ¿Qué es cantidad de materia y cómo la medimos? Se convierte en una dificultad cuando tenemos que ocuparnos de la inercia $m = F/a$ pues en $F = m\ a$, m es la constante de proporcionalidad; para modelos abstractos se usaban ejemplos recurrentes como «… el átomo es un edificio de varias plantas» sin advertir al alumno que es sólo un recurso y -a continuación- se debería decir que es lo más alejado de la realidad; en cierta forma esta didáctica puede generar errores conceptuales perdurables.

Los libros de texto para la física y la química universitaria de la posguerra -posteriores a 1945- son de autores norteamericanos que tenían que elevar el nivel de las enseñanzas en estas disciplinas después del paréntesis de la guerra mundial. Uno de los manuales más utilizados por los universitarios de habla española -en el período 1950-1970- ha sido *Basic College Chemestry (1946)* de J. A. Babor con traducción de J. Ibars Aznares, autor de la parte de Química Orgánica; la edición española salió con el título *Química General Moderna* [Ed. M. Marín, Barcelona – Buenos Aires]. Se enfatiza la importancia -desde todos los puntos de vista- de tomar como base la tabla periódica

convertida en una herramienta formidable, tal como en realidad nos aconseja Blas Cabrera en el artículo que estamos leyendo. La tabla periódica original de Mendeléyev se modifica muchas veces desde su aparición. En este libro se introduce una tabla periódica larga que tiene el origen en la propuesta por *William Fay Luder (1910-1998)* en *Journal of Chemical Education* de enero de 1943, el artículo titulado *'Electron Configuration as the Basis of the Periodic Table' —'La configuración electrónica como base de la tabla periódica'*— [vid., pp. 21-26]; este profesor de la *Northeastern University (Boston, Massachusetts, EEUU)* propuso una tabla que refleja la relación de la estructura electrónica con la periodicidad de las propiedades químicas, coincidente con lo que explica Blas Cabrera en su artículo de 1943.

Título	Autor	Año	Enfoque
Física	Sears & Zemansky	1966	Fundamentos y consulta –Universidad e institutos españoles–
Física	Halliday & Resnick	1961	Amplio y fundamental
Berkeley Physics Course (5 vols.)	(varios autores)	1965	Curso avanzado con nuevos recursos didácticos
The Feynman Lectures on Physics (3 vols.)	R. Feynman	1964	Filosófico, conceptual, innovador
Física Teórica (5 vols.)	Landau y Lifshitz	1962	Tratado completo de física

Por su lado, el libro *Física General* [Sears – Zemansky] se convierte en el libro básico para la física universitaria en su edición española desde 1952[68]. Podríamos ocuparnos con mayor extensión de los materiales y métodos utilizados en la didáctica de la física desde 1945 –al finalizar la II Guerra Mundial– pero se saldría del principal objetivo de este análisis; a título de ejemplo véase la tabla.

¿Está Cabrera interesado en el progreso de cada época? Por supuesto, repite los textos utilizados en otras ocasiones -puestos al día y pulidos en el estilo-, de tal forma que se van completando con los avances más recientes. Le preocupa el rigor, en los prólogos a ediciones españolas de libros notables como por ejemplo *Átomos, Radiaciones y Transmutaciones* [M. de Broglie, 1940] hace reflexiones sobre la literatura científica en general y en particular de los libros de divulgación y advierte a los divulgadores que no deben ocuparse de conceptos sin tener el suficiente conocimiento real de los mismos.

Siguiendo el ejemplo de su hermano Maurice, *Louis de Broglie (1892–1987)* —Nobel 1929— se preocupó en divulgar el progreso de la física contemporánea a la que contribuyó con su revolucionaria teoría de *'la dualidad onda-partícula'*, propuesta en su tesis doctoral en 1924. En el prefacio de *'Materia y Luz'* —traducción[69] al español de *Matière et lumière* indica que escribir una completa historia de los progresos de la física contemporánea es una tarea difícil de llevarla a cabo, puesto que:

> *Es un tema vastísimo, porque estos progresos han sido tan numerosos, tan varios, tan maravillosamente*

---

[68] SEARS, Francis W. & ZEMANSKY, Mark W. Física -versión española de Albino Yusta Almarza-. Ed. Aguilar, 1971.

[69] DE BROGLIE, Louis. *Materia y Luz.* Traducción del francés por X. Zubiri. Espasa Calpe Argentina S. A. Buenos Afres, 1939.

rápidos, que harían falta horas enteras para exponerlos en detalle. Además, es una materia bastante difícil de tratar, porque la Física se ha convertido en una ciencia cada vez más compleja, de nivel cada vez más elevado y no es fácil exponer sus progresos de una manera suficientemente exacta y precisa sin apelar a nociones o razonamientos asaz complicados [Louis De Broglie, 1937][70].

Volvamos al cauce de nuestro estudio. En el apartado IV, Cabrera nos dice que *«… conviene insistir en el cuadro de Mendeléyev …»* en el que se establecen comparaciones entre la naturaleza de los átomos; la clasificación periódica del sabio ruso pone al descubierto una distribución electrónica que no puede ser debido al azar, pues existe una evidente regularidad periódica. Los iones de la cuba electrolítica de Faraday son átomos con defecto o exceso de electrones que forman parte del circuito eléctrico utilizado, la interpretación se apoya en la interpretación de que la molécula en disolución se descompone en iones que se depositan simultáneamente en el cátodo y ánodo respectivamente.

Insiste en que los descubrimientos recientes se relacionan con los anteriores formando una cadena que -una vez interpretada- permite completar el paradigma atómico. En los modelos teóricos del átomo con núcleo de carga positiva –propuesto por Rutherford– fue un paso espectacular para la comprensión de la estructura del átomo; tal como hemos dicho utilizó la radiación alfa α procedente de elementos radiactivos de gran masa, descubiertos por los esposos Pedro y Marie Curie en el último cuarto del siglo XIX.

Nos dice Cabrera [p. 84] que «… [las partículas α] penetran de un modo violento en los átomos …» hasta que son repelidas o desviadas por el núcleo. La naturaleza de

[70]DE BROGLIE, Louis. *Matière et lumière.* Albin Michel, París 1937.

las partículas alfa fue descubierta en 1907 por Rutherford y Thomas Royds al comprobar que son en realidad núcleos de He^{++}.

El núcleo atómico -nos dice de forma sencilla- debe tener entonces una carga positiva numéricamente igual a la de los Z electrones del átomo que ocupa la casilla Z en la tabla de Mendeléyev; ya se puede dar un modelo de la estructura del átomo con un núcleo con casi toda la masa y toda su carga positiva y una zona cortical con Z electrones cada uno con un radio de $1/10^4$ del radio atómico. Aparece en este punto del texto una curiosa comparación que hace Cabrera para dar una idea del tamaño del electrón, el volumen ocupado por el electrón en el átomo es comparable al que ocuparía *«… una mosca en un salón de algunos centenares de metros cúbicos de cabida …»*. El núcleo de hidrógeno H^+ es una partícula subatómica fundamental –continúa– de forma que todos los núcleos están formados por protones y así se vuelve la vista hacia la olvidada 'Hipótesis de Prout'. Notemos que la carga eléctrica de los núcleos crece con el número atómico Z, mientras que la masa crece en mayor proporción; Cabrera indica que una explicación teórica -en principio- es que el núcleo no está formado sólo por protones.

> *«… el hecho de que mientras la carga eléctrica de los núcleos aumenta simplemente con el número entero Z, las atómicas crecen un poco más aprisa, por término medio casi dos veces, revela que los núcleos deben contener algo más que protones…»* [p. 86].

Manifiesta para continuar que *«… primeramente se consideró la explicación más sencilla …»* se admite que el número de protones debe ser suficiente para dar la parte entera de la masa atómica, neutralizando el exceso de carga positiva A-Z con el

número de electrones de masa insignificante. En esos momentos los químicos advirtieron la existencia de elementos con diferente masa e igual comportamiento químico; esto se atribuye a la existencia de otra partícula *'el neutrón'* descubierto por *James Chadwick* en 1932, de carga nula pero con masa cercana a la del protón; al referirse a esto Cabrera hace el siguiente apartado en su texto:

NÚMEROS CUÁNTICOS	
n	*1, 2, … n*
l	*0, 1, 2, … n-1*
j	*l ± ½*
m	*-j … +j (tiene 2j + 1 valores)*

ESTADO CUÁNTICO DEL ELECTRÓN				ELECTRONES	
n	*l*	*j*	*m*	SUBNIVEL	NIVEL
1	0	0	+1/2	2	2
1	0	0	-1/2		
2	0	0	+1/2	2	8
2	0	0	-1/2		
2	1	1	+1/2	6	
2	1	1	-1/2		
2	1	0	+1/2		
2	1	0	– 1/2		
2	1	–1	+1/2		
2	1	–1	– 1/2		
3	0	0	+1/2	2	18
3	0	0	-1/2		
3	1	1	+1/2	6	
3	1	1	-1/2		
3	1	0	+1/2		
3	1	0	– 1/2		
3	1	–1	+1/2		
3	1	–1	– 1/2		
3	2	2	+½	10	
3	2	2	-½		
3	2	1	+½		
3	2	1	-½		
3	2	0	+½		
3	2	0	-½		
3	2	–1	+½		

Tabla 2. Estado cuántico

> *«… no hace más de diez años Chadwick ha descubierto una nueva clase de partículas caracterizadas por una masa casi igual a la del protón y carga nula, que -por eso- se han llamado neutrones, los cuales ciertamente abundan en los núcleos atómicos y permiten una nueva solución del problema que consiste en limitar el número de los protones a Z, agregando A-Z neutrones para completar la masa atómica …»*

Podemos añadir que el *NEUTRÓN* de Chadwick es la pieza que faltaba entonces para comprender mejor el átomo de los físicos, puesto que permitió explicar la estabilidad del núcleo y -asimismo- la existencia de los isótopos. El modelo del sistema Tierra-Luna, se ha utilizado para imaginar la estructura y comportamiento mecánico del átomo con núcleo y un solo electrón en órbita a su

alrededor; en las aulas todavía se sigue dibujando un punto y un círculo orbital de electrones como recurso didáctico cuando se menciona un átomo, nos preguntamos si las analogías y metáforas se administran 'con parsimonia' cuando intentamos imaginar fenómenos de naturaleza cuántica se pueden usar analogías pero siempre que se relacione con la idea de "modelos probabilísticos y con el resultado del experimento". ¿Se debe enseñar mecánica cuántica desde los primeros niveles educativos? Podríamos contestar que es posible hacerlo pero la experiencia nos dice que sería necesario un reajuste entre contenido, programas y nivel de conocimiento de los profesores. Los numerosos proyectos de investigación y experiencias piloto demuestran que se puede enseñar mecánica cuántica desde la primaria si se desarrollan métodos adecuados de enseñanza – aprendizaje que estimule la inteligencia y la búsqueda de repuestas en cada etapa

XIV. EL ELECTRÓN ES UN EMISOR DE ONDAS HERTZIANAS

El interés que estimula el texto de Cabrera nos lleva a seguir al autor en todo lo que se refiere al electrón en órbita alrededor del núcleo emitiendo energía como una antena hertziana. Pero si las cosas fueran así -nos dice- el electrón se precipitaría sobre el núcleo con la desintegración del átomo, un fenómeno que entonces no tenía explicación si se tiene en cuenta que los átomos son todos emisores «…casi inagotables de luz…» [Cabrera, p. 87].

Este problema ocupa a los físicos a investigar para buscar soluciones en el marco de la mecánica cuántica que se apoya en el fotón de Max Planck; destaca el entonces joven físico danés *Niels Bohr* al anunciar en 1913 los postulados de las órbitas estacionarias

-que no pierden energía- y un segundo que explica el mecanismo de la radiación por saltos de nivel energético representado por la ecuación $\upsilon = Ef - Ei / h$; donde υ es la frecuencia de la radiación monocromática emitida por el átomo[71].

Ef y Ei son las energías de los niveles inicial y final que corresponden a las «… las órbitas estacionarias extremas y h es una constante introducida antes por Planck para explicar ciertas dificultades de la teoría general de la radiación …». Los subíndices *f* e *i* varían de acuerdo con los valores que va tomando el número cuántico principal de Bohr, en orden creciente *1, 2, ...n* desde la energía más baja hasta la más alta. Dando por sentado que el número total de electrones de un átomo coincide con el número atómico *Z*, distribuidos en órbitas sucesivas de radio ascendente y ajustando el número en función de las propiedades químicas de cada elemento, es decir, le teoría se adapta a la realidad observada.

Arnold Sommerfeld (1868-1951) –por su parte– modificó el modelo inicial de Bohr y se introdujeron otros números cuánticos; el segundo caracteriza el área envuelta por la órbita [Cabrera p. 87] y se representa generalmente por la letra *l*. Para un valor de *n*, *l* toma los valores de la serie: *0, 1, 2, ... n-1*. El tercer número cuántico $j = l \pm ½$ y el cuarto *m* correspondiente a todas las proyecciones posibles de *j* sobre una dirección definida $m = -j, -j+1, ...0... j-1, +j$ y tendría $2j+1$ valores, finalmente Cabrera afirma que «… los cuatro son necesarios y suficientes …» [vid., p. 88].

Podemos suponer –siguiendo a Cabrera– que las órbitas son los alojamientos de los electrones que se caracterizan con cada uno de los conjuntos de valores *[n, l, j, m]*, sin embargo –nos dice– seamos prudentes con las comparaciones idealizadas que no se

[71] BOHR, Niels. (1913). *On the Constitution of Atoms and Molecules, Part I.* Philosophical Magazine, Series 6, Vol. 26, No. 151, pp. 1–25.

corresponden con la realidad física. Veamos algunos detalles de los números cuánticos de la 'mecánica cuántica clásica' que se desarrolla entre 1900 y 1916 —Planck, Einstein, Bohr, Sommerfield—

El profesor Cabrera se muestra entusiasmado —diríamos— cuando se refiere a que la 'energía total' depende del 'número cuántico principal' que es el que determina la energía y la estabilidad de todo el sistema; los electrones van ocupando los alojamientos de menor a mayor energía, de forma que para el segundo electrón $[n = 1, l = 0, j = \pm ½]$ son los dos electrones del *He* correspondiente al subnivel *s*.

$n = 4,\ l = 3,\ j = 3 \pm ½$ $[Xe]\ 4f^n\ 6\ s^2$

Tabla 3. Configuración electrónica de las Tierras Raras.

Figura 2. Le Magnetisme (Réunion de'études sur le magnétism à Strasbourg en 1939), t. III, 1940.

Cabrera explica con cuidado detalle que en el primer nivel de energía —orbital— se alojan dos electrones, el primero

corresponde al Hidrógeno *H* y el segundo al Helio *He* que se aloja en el 'segundo apartamento' del período. La caracterización cuántica del hidrógeno se expresa entonces [n= 1, *l=0, j = ½, m = ½]*. Podemos decir que nos satisface leer su lenguaje y estilo cercano que hacen peculiar su método didáctico; de forma tal que nos lleva a tener interés en lo que está explicando; su relato consta de palabras sencillas y sugerentes para continuar enfrascado con la clasificación cuántica de los elementos. La verdad es que nos extraña que se detenga en poner en claro todos y cada uno de los detalles, porque pueden producir confusión en el lector, pero es posible que tenga que ver con la variedad de los asistentes a sus lecciones en la UAM.

Si se toma n =1, *l=1, j = ½, 3/2;* son *2j +1 = 2 + 4= 6* electrones más y un total de 8 electrones [$2s^2\ 2p^6$]. Es natural -dice Cabrera- que se piense que los electrones ocupan posiciones en los grupos siguiendo los valores de *n, l* pero no siempre se sigue un orden simple de llenado y es debido a factores —entre otros, el blindaje y repulsión entre electrones— que alteran el orden de ocupación, como por ejemplo los átomos de la familia de los *alcalinos y alcalino-térreos* con *n=4, l=0*, que se conforman antes que *n = 3, l = 2* con sus 10 electrones —de forma especial todos los elementos de las *tierras raras*— tienen un comportamiento químico casi idéntico, una característica excepcional –nos dice– que ocupó a los químicos durante bastante tiempo [Cabrera]; su configuración electrónica sería:

Los electrones se van agregando a la subcapa *4f* hasta el total de 14 y quedan solapados por los electrones de la capa externa 6 s^2 —son éstos los electrones de valencia que intervienen en las reacciones químicas— prácticamente iguales en todo el grupo. Los lantánidos a partir del Ce tienen la configuración [Xe] $4f^n\ 6\ s^2$.

.

Por otra parte —por el interés que tiene en la Magnetoquímica de Cabrera— la susceptibilidad magnética χ es una constante que puede ser medida en el laboratorio, al someter la muestra a un potente campo magnético $\sim \chi H$; χ es un parámetro sin

Arturo Duperier Vallesa
(1898-1959).

dimensiones cuyos valores dependen del tipo de magnetismo de la muestra. *Cabrera y Duperier* consiguieron en el LIF —Laboratorio de Investigaciones Físicas— medidas de extraordinaria calidad de la susceptibilidad magnética de elementos del grupo de las tierras raras; fueron publicadas y coincidentes con la necesidad que tenían los teóricos de contrastar sus resultados [Van Vleck][72], principalmente *John Hasbrouck Van Vleck (1899-1980)*, que desarrolló la teoría cuántica del magnetismo y la teoría de la

[72] CABRERA, B. *Comptes Rendus*, 180, 668 (1925); CABRERA & DUPERIER, *Comptes Rendus*, 188, 1640 (1929).

susceptibilidad magnética. Galardonado con el *Premio Nobel de Física 1977* junto a *Philip Warren Anderson* y *Nevill Francis Mott (1905-1996)*; *Van Vleck* escribió varias obras importantes sobre magnetismo y mecánica cuántica; su tratado *The Theory of Electric and Magnetic Susceptibilities (1932[73])* es un libro fundamental en la historia del magnetismo.

En este punto de su lección, se toma un respiro –se puede decir– para hacer algo de historia y filosofía de la física. Nos quiere decir que el amplio abanico que la física moderna ha desplegado posibilita la comprensión de la variedad de aspectos que la materia nos ofrece en sus manifestaciones, las cuales modelan y enriquecen los paradigmas [T.S. Kuhn[74]] formados por la epistemología de cada época, la cual evoluciona y es cambiante, polémica y no acumulativa. Podemos decir que la idea que tenemos del mundo en la vida cotidiana se limita a un modelo global e instantáneo, eso que llamamos 'el todo', sin embargo, la historia y filosofía de la ciencia es más intransigente y se desarrolla analizando lo que hacen los científicos, sus dificultades y triunfos que se pueden comparar –nos aventuramos a decir— al Mito de Sísifo o la del relevo del Portador de la Antorcha. Por todo ello y como resumen reflexivo, Cabrera hace referencia a la revolución de la física «… nacida de los nuevos postulados de Bohr …» que la realidad le exige superar el «… rigor y el fatalismo determinista …» de la física clásica, la cual no obstante nos maravilla –añade– con sus rigurosas predicciones de los eclipses de sol y luna con siglos de antelación [Cabrera, p. 90].

---

[73] VAN VLECK, *J.H. The Theory of Electrical and Magnetic Susceptibilities*. Wisconsin University, Clarendon Press, 1932.

[74] KUHN, Thomas S. La estructura de las revoluciones científicas. Fondo de Cultura Económica. México, 1971.

XV. MAGNETISMO DE LA MATERIA

Si conociéramos con total precisión el estado actual del universo y todas las leyes naturales, podríamos predecir con exactitud todo lo que va a ocurrir en el futuro. En física, el determinismo clásico –afincado en la relación entre causa y efecto– Cabrera afirma que si conocemos con total exactitud las condiciones iniciales de un sistema es posible predecir su evolución futura, todo se ampara en la hipótesis de que las leyes son verdades definitivas y dan razón del comportamiento del universo de manera exacta. Sin embargo–como es bien sabido– la mecánica cuántica y la relatividad –que ven la luz en el primer cuarto del siglo XX– alteran de forma perturbadora la confianza de los científicos anclados en la causalidad de los principios newtonianos. Desde luego, nos parece que la física moderna y 'su potente fogonazo' –como metáfora– deslumbró y lleno de inquietud creadora la investigación teórica y experimental de la física. La función de probabilidad de la ecuación de Schrödinger y el principio de incertidumbre de Heisenberg destrozó el modelo antiguo para centrarse en la estadística y la probabilidad. En este contexto la mente se tiene que abrir para aceptar lo imprevisible de los resultados futuros de una acción; podemos decir que la mirada del científico tiene que ser flexible y diversa al 'contemplar' la diversidad de los acontecimientos que son fruto de la probabilidad que rompe con la certeza. Tal diversidad de las manifestaciones que en el mundo material se ha desarrollado debemos achacarlo a la actividad permanente de la ciencia de cada época [Cabrera]; por supuesto, se pueden hacer comparaciones entre lo simple y lo complejo, pasar desde la simpleza del comportamiento de los gases nobles hasta la variedad sorprendente de la materia orgánica. Se comprende que manifieste su opinión sobre la importancia de los hallazgos científicos que han quedado superados, pero no anulados

–nos diría Cabrera– continúan siendo vigentes en el rango de sus posibilidades; no olvidemos –nos dice– que la mecánica celeste ha permitido predecir con extraordinaria exactitud que existía un planeta

Arturo Duperier Vallesa, homenaje Madrid 1933, toma de posesión cátedra Geofísca (Facultad de Ciencias Universidad de Madrid), Blas Cabrera le acompaña en la presidencia

Banquete homenaje a A. Duperier, nuevo catedrático de Geofísica (UCM).

desconocido –Plutón– que sería localizado cuando la tecnología hizo posible disponer de los telescopios con suficiente aumento.

No nos sorprende que haga comparaciones entre la física clásica -casi esquemática- con hipótesis y leyes empíricas y la física moderna posterior a los postulados de Bohr, gracias a lo cual se ha podido comprender «… el problema maravilloso de la valencia química …» [p. 89]; pero en seguida añade que se ha tenido que revisar el «… aspecto de rigor y fatalismo determinista …»; por eso, insiste en afirmar que la mecánica cuántica y relativista se construye -nos dice- en términos de probabilidad.

Subrayemos que los primeros triunfos de la mecánica cuántica los obtuvo en el campo de la espectroscopía óptica y de rayos X; pero sin embargo la teoría de las *susceptibilidades eléctrica y magnética* –el campo de investigación del magnetismo que se hacía en el LIF– deben considerarse como uno de sus grandes logros [V. Vleck]; la magnetoquímica de Cabrera y colaboradores fue oportunamente utilizada para la justificación de las teorías cuánticas del magnetismo[75]. *Van Vleck* diría en el centenario de Blas Cabrera (1978) –si bien no pudo asistir por problemas de salud a las sesiones de esta 'magna reunión' celebrada en Arrecife, Las Palmas y La Laguna– su escrito es –desde nuestro punto de vista– uno de los elogios más valiosos de los muchos que nuestro físico recibió.

> *«… en la historia del paramagnetismo, B. Cabrera será recordado como el físico que hizo los experimentos correctos en el momento adecuado …» [Van Vleck, 1978]*[76].

El texto que envió *Van Vleck* –leído en sesión plenaria– tiene –sin duda alguna– un trasfondo agradecido de reconocimiento internacional; sabemos que la *Academia Sueca* premió con el Nobel la labor teórica y experimental del magnetismo moderno; pensamos que es posible que Cabrera hubiese sido uno de los galardonados de estar vivo o bien si el reconocimiento se hubiese celebrado antes de su muerte en México, el primero de agosto de 1945. El Premio Nobel de Física de 1977 se otorgó a tres importantes figuras del Magnetismo: *John H. Van Vleck (1899-1980), Sir Nevill F. Mott (1905-1996) y Philip W. Anderson (1923-2020)*, por sus investigaciones fundamentales en la estructura electrónica de

---

[75] Van Vleck, E. *'The Theory of Electric and Magnetic Susceptibilities'* (1932, Oxford University Press).

[76] Van Vleck, E. *Cabrera's experiments and the early theory of paramagnetism. En el Centenario de Blas Cabrera.* Universidad Internacional de Canarias 'Pérez Galdós'. Madrid, 1979.

sistemas magnéticos y desordenados.

John Hasbrouck Van Vleck (1899-1980).

Curiosamente, Cabrera se refiere a la *'modestia de la nueva física'* que adopta una visión más dispersa, alejada del determinismo positivo y –claro está– determinada por el azar y la probabilidad, con el 'mascaron de proa' el *Principio de Incertidumbre de Heisenberg [1927]*. Cabrera reflexiona sobre esta forma de ver la física de modo tan diferente, bastante apartado de la comodidad que se había instalado –principalmente– en las generaciones decimonónicas:

> *... La nueva física debe dar entrada a un probabilismo mucho más modesto, que renuncie a afirmar un hecho absolutamente definido para cada lugar y momento del Universo, y se conforma con hablar de su densidad de probabilidad ... [p. 90].*

Por otra parte, también afirma que el *indeterminismo cuántico* no puede significar – como alguna vez se había sugerido– «… el reconocimiento de un primer grado de libre albedrío en el mundo inorgánico …», es más bien una evidencia de la limitación de la inteligencia humana para explicar la complejidad de la 'realidad', esto es, –como diría K. Popper[77]– existe una realidad objetiva independientemente de lo que se pueda observar. No obstante, se puede decir que el 'libre albedrío' en el indeterminismo no es un tema cerrado; por ejemplo, *John von Neumann (1903–1957)* interpreta que el *'colapso de la función de onda'* ocurre efectivamente cuando hay una observación, pero sostiene la posibilidad de que intervenga el observador, lo que se suele asociar a una *'compatibilidad con el libre albedrío'*.

Cabrera se relaciona epistémicamente con el *'realismo crítico'* dentro del pensamiento de la física en general; al ser un físico experimental nato concibe el cosmos como una realidad permanente e independiente de las formas que adoptan las teorías elaboradas por la inteligencia humana, coincide con *Albert Einstein* cuando dice que «…la física es un intento de concebir la realidad tal como es, independientemente de que se la observe…»[78]. Su interés por una realidad sujeta al azar y la probabilidad se evidencia en el siguiente párrafo:

> *«… vale la pena detenernos a este respecto sobre el origen del avance de la noción de probabilidad sobre el determinismo preciso en la descripción del mundo físico …» [p. 90].*

---

[77] POPPER, Karl. *The Logic of Scientific Discovery (1959); La lógica de la investigación científica*. Tecnos, 1985.
[78] EINSTEIN, A. *Carta a Schrödinger (1935)*. HOWARD, Don & STACHEN, John. *Einstein: The Formative Years, 1879–1909*. Ed. Birkhäuser Boston, 2000.

Como apoyo a su razonamiento se refiere a la imposibilidad histórica de resolver el problema de los tres cuerpos con la mecánica celeste de Newton; en este sentido, el cálculo de las órbitas planetarias se tuvo que hacer por aproximaciones sucesivas, puesto que las interacciones entre el sol y los planetas se ve perturbada por acciones gravitatorias internas en el sistema planetario.

> *«… no son el puro resultado de las acciones entre el sol y cada planeta, puesto que juegan un papel pequeño, pero perceptible, todos y cada uno de los miembros del sistema perturbado …»*

Por otra parte, a partir de esta situación –nos dice– se desarrolló el cálculo de las perturbaciones a pesar de que este cálculo se limita a una fracción de las fuerzas principales.

> *«… laborioso y frecuentemente difícil […] que en ocasiones, ha permitido maravillas como el descubrimiento de Neptuno por Le Verrier, el de Plutón y el del compañero de Sirio …»*

Julio Palacios Martínez, uno de los discípulos más cercanos y brillantes de Blas Cabrera, se preocupa en su entendimiento del papel de la filosofía en la ciencia; dio a la imprenta un pequeño libro *Esquema físico del mundo* que se aparta de la línea de sus libros que son casi todos manuales universitarios[79]. Nos dice en el prólogo –al reflexionar sobre los cambios experimentados por la física desde 1900– que entonces «… el mundo de la realidad se presentaba como cosa sencilla y razonable …». Se podía ser físico –dice– sin filosofar, hacer física sin preocuparse de la metafísica; el

[79] PALACIOS MARTÍNEZ, Julio. *Esquema físico del mundo*. Alcor, Madrid 1947.

modelo de mundo físico ha cambiado de raíz en la primera mitad del siglo XX. La nueva física –diríamos– produce un impacto formidable, una sacudida enérgica; se tuvo que cambiar de mentalidad y abrir espacio para las nuevas formas con un alto nivel de abstracción en el que las ecuaciones son fundamentales.

> *«… el nuevo estado de cosas ha planteado el problema de la validez del principio de causalidad. La cuestión se inicio hace ya cerca de veinte años y de ello informé en mi discurso de ingreso en la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. A pesar del tiempo transcurrido, ni se ha llegado a una solución, ni ha decaído el interés …»* [Palacios, 1947].

Todavía en los años cuarenta del siglo XX los físicos sostienen dos interpretaciones irreconciliables de los fenómenos físicos; por un lado, los apegados a la causalidad clásica y por el otro los indeterministas; siguen apareciendo libros y artículos sobre la validez de la causalidad. Existen dudas sobre si el determinismo invalida la noción de libre albedrío; la mecánica cuántica permite que se reconsidere el libre albedrío, es decir, la posibilidad de la intervención del observador, dado que ha quedado roto el determinismo absoluto; en relación al libre albedrío se admite [Planck, 1929][80] un universo regido por las leyes objetivas de la física, sin la intervención del observador, es decir, lejos de una interpretación subjetiva, lo cual coincide con las reflexiones de Cabrera a este respecto.

Las interacciones entre los electrones de la corteza o de esta con el núcleo son de intensidad comparables; las órbitas sencillas de los modelos atómicos de Bohr y Sommerfeld lógicamente están

---

[80] PLANCK, Max. *La imagen del mundo en la física moderna* –traducción al español del original alemán *Das Bild der Welt in der neueren Physik*–.

lejos de la realidad, puesto que podríamos aceptar que las órbitas mencionadas están sometidas a deformaciones de un modo semejante a las perturbaciones en el sistema planetario que difuminan -se podría decir- la imagen que podríamos tener in mente, todo ocurre a una gran velocidad.

> *«… se ha preferido renunciar a la descripción precisa sustituyéndola por otra más vaga, pero más próxima a lo que podría contemplar un ser de 'acuidad' [agudeza] visual tan fina que pudiera percibir lo que hay en el interior del átomo …»*

El movimiento circular de las ondas de nuestros juegos infantiles no nos deja ver la piedra en cada instante y lo que vemos es un disco plano nebuloso y transparente incluso, como la imagen de una rueda de bicicleta en movimiento rápido. La imagen que vería un supuesto 'ser privilegiado' que pudiera contemplar las órbitas electrónicas sería …cierta estructura nebulosa que es el rastro de las imágenes que persiste en la retina y que registra nuestro ojo…[p. 91]; la intensidad de imagen del disco borroso es la probabilidad de la presencia de electrones, que se llama la 'densidad de probabilidades'.

Tengamos en cuenta –según nos dice Cabrera– que la imagen difusa que vemos es permanente –estacionaria– pero en realidad es el resultado de la interferencia en la propagación de una onda de probabilidad semejante a la onda luminosa en el espacio que ocupa el emisor. Esto nos conduce a sustituir las trayectorias de Bohr por el movimiento ondulatorio de probabilidad que dan lugar a las interferencias, fenómeno inverso al que tiene lugar con los fotones en el efecto fotoeléctrico. Aunque podemos decir que Cabrera ha seguido atajos convenientes para evitar dificultades teóricas, sin embargo, debemos caer en la cuenta de que precisamente ésta es la

forma por la que se ha llegado a la *Mecánica Ondulatoria* como segunda aproximación de la ciencia clásica; además –dice– que en ella figuran los números cuánticos *n, l, j, m* …con un sentido físico más claro que en los modelos de Bohr y Sommerfeld. Refiriéndose al desarrollo alcanzado por las ciencias físicas en toda su trayectoria vital, finaliza el párrafo con una sabia advertencia:

> *«… Conviene advertir que este avance de la ciencia no hemos de considerarle como una forma definitiva de nuestro saber, cuando nos aproximemos a los nuevos problemas planteados en el núcleo las dificultades vuelven a aparecer y, acaso, en un plazo más o menos próximo, se logre un paso más adelante hacia una concepción más adecuada …»* [p. 92].

Se debe ser consciente de que los fenómenos nucleares obligan a introducir nuevos cambios en *«… la concepción de la materia …»;* los átomos no son —aclara— sistemas definidos e inmutables a los que nos habíamos adaptado; se tienen evidencias de inexactitudes de la química que se refleja en la tabla de Mendeléyev. Es crucial —en este tema— el descubrimiento de la radiactividad a finales del siglo XIX, dando paso al sorprendente fenómeno de la trasmutación, que hace posible –por ejemplo– que los átomos se transformen recorriendo un complicado proceso desde el Uranio (U) Z=92 o Torio (Th) Z=90 hasta el lugar más bajo Z=82 que corresponde al Plomo (Pb).

La isotopía nuclear es otro de los aspectos relevantes para la comprensión de la estructura de la materia; *Frederick Soddy*, químico inglés, descubrió en 1913 que ciertos elementos podían tener átomos con diferente masa, pero el mismo comportamiento químico, el nombre 'isótopo', del griego *isos* (igual) y *topos* (lugar), ya que ocupan el mismo lugar en la tabla periódica. La

existencia de los isótopos había complicado el comportamiento químico de tales elementos; el descubrimiento del Neutrón —Chadwick, 1932— admite la relación entre nucleones *m = n + p [Número de neutrones + número de protones = número másico]*. Por ejemplo, el ^{14}C tiene 6 protones –número atómico– y 8 neutrones, entonces **6 + 8 = 14; se supone que m es el número másico o masa atómica** que se mide por el número de nucleones, no se mide por supuesto en unidades de masa; son las sustancias cuyos elementos pueden diferir en la composición del núcleo y -añade- *«… nada impide pensar que en lugares particularmente activos del Universo ocurran de un modo espontáneo …» [p. 93]*.

XVI. REFLEXIÓN FINAL

En 1943 —cuando Cabrera publicó este artículo– ya se contaba con la existencia de la isotopía nuclear en el interior de las estrellas —*Arthur Eddington* había propuesto el origen de la energía estelar la que se produce en las reacciones nucleares en el interior de las estrellas. En el período 1930-1940, la idea de que los isótopos también existen en las estrellas se fue consolidando en las investigaciones en el campo de la astrofísica; *Hans Bethe* [Nobel 1967] propuso en 1939 el ciclo del carbono y otras reacciones nucleares en las estrellas, aunque todavía no se había establecido la observación directa de estos fenómenos.

Uno de los problemas «… de los más seductores para la ciencia …» que se contempla dentro de los fenómenos nucleares es el de la *evolución genealógica de la materia*. De igual modo que la espectrografía de la luz estelar ha demostrado que la materia que conforman los astros es idéntica a la que tenemos en la Tierra; la identidad es total no sólo por la misma naturaleza de los elementos químicos –los átomos– sino también en la proporción en la que se

encuentran; dice Cabrera que: *«… esta circunstancia es rigurosamente exacta …» y* añade que de todo se deduce la homogeneidad de las propiedades de los elementos primarios y la uniformidad de las leyes físicas.

Subrayemos que las metas a las que nos lleva la obra del Profesor Cabrera, es de una trascendencia inmensa, porque entonces –siguiendo su pensamiento– es posible afirmar que nuestra inteligencia –cualquiera que sea el sitio de trabajo– puede conseguir resultados que pueden ocurrir en cualquier posición e instante *«… de un universo que en el tiempo y en el espacio se extiende sin límites concebibles …».* Con esta frase pone punto y final al artículo –o discurso– que para nosotros y –esperamos– para cualquier lector es un maravilloso viaje a través de la imaginación e inteligencia humanas que ha sido capaz de construir el cuerpo de nuestra visión del mundo, lo cual sin duda es una auténtica *'aventura del pensamiento'* tal como se titula el capítulo donde se incluye el interesante texto de Blas Cabrera que hemos comentado.

Como todas las ciencias de la naturaleza, la Física se desarrolla por dos vías diferentes: por una parte la física experimental cuya actividad —que es fundamental— descubre o comprueba fenómenos y hechos físicos; por otra, la física teórica fundamentada en la capacidad creadora de la mente para elaborar teorías —en el lenguaje matemático— que ensambla partes en una ley más general; la experiencia y la teoría son inseparables, no se puede concebir la ciencia como resultado ajeno a la realidad. La experiencia y la teoría forman el modus operandi de la Física y de los esfuerzos conjugados de la experiencia y la teoría resulta, en cada época, la estructura alcanzada por esta ciencia que nunca tendrá descanso en su actividad creadora.

Pirámide de Kukulkán, también conocida como El Castillo
en la zona arqueológica de Chichén Itzá (Yucatán, México).

COLECCIÓN:
DISCURSOS ACADÉMICOS

Coordinación: **Dominga Trujillo Jacinto del Castillo**

1. *La Academia de Ciencias e Ingenierías de Lanzarote en el contexto histórico del movimiento académico.* (Académico de Número). **Francisco González de Posada**. 20 de mayo de 2003. Excmo. Ayuntamiento de Arrecife.

2. *D. Blas Cabrera Topham y sus hijos.* (Académico de Número). **José E. Cabrera Ramírez**. 21 de mayo de 2003. Excmo. Ayuntamiento de Arrecife.

3. *Buscando la materia oscura del Universo en forma de partículas elementales débiles.* (Académico de Honor). **Blas Cabrera Navarro**. 7 de julio de 2003. Amigos de la Cultura Científica.

4. *El sistema de posicionamiento global (GPS): en torno a la Navegación.* (Académico de Número). **Abelardo Bethencourt Fernández**. 16 de julio de 2003. Amigos de la Cultura Científica.

5. *Cálculos y conceptos en la historia del hormigón armado.* (Académico de Honor). **José Calavera Ruiz**. 18 de julio de 2003. INTEMAC.

6. *Un modelo para la delimitación teórica, estructuración histórica y organización docente de las disciplinas científicas: el caso de la matemática.* (Académico de Número). **Francisco A. González Redondo**. 23 de julio de 2003. Excmo. Ayuntamiento de Arrecife.

7. *Sistemas de información centrados en red.* (Académico de Número). **Silvano Corujo Rodríguez**. 24 de julio de 2003. Ayuntamiento de San Bartolomé.

8. *El exilio de Blas Cabrera.* (Académica de Número). **Dominga Trujillo Jacinto del Castillo**. 18 de noviembre de 2003. Departamento de Física Fundamental y Experimental, Electrónica y Sistemas. Universidad de La Laguna.

9. *Tres productos históricos en la economía de Lanzarote: la orchilla, la barrilla y la cochinilla.* (Académico Correspondiente). **Agustín Pallarés Padilla**. 20 de mayo de 2004. Amigos de la Cultura Científica.

10. *En torno a la nutrición: gordos y flacos en la pintura.* (Académico de Honor). **Amador Schüller Pérez**. 5 de julio de 2004. Real Academia Nacional de Medicina.

11. *La etnografía de Lanzarote: "El Museo Tanit".* (Académico Correspondiente). **José Ferrer Perdomo**. 15 de julio de 2004. Museo Etnográfico Tanit.

12. *Mis pequeños dinosaurios. (Memorias de un joven naturalista)*. (Académico Correspondiente). **Rafael Arozarena Doblado**. 17 diciembre 2004. Amigos de la Cultura Científica.

13. *Laudatio de D. Ramón Pérez Hernández y otros documentos relativos al* **Dr. José Molina Orosa**. (Académico de Honor a título póstumo). 7 de marzo de 2005. Amigos de la Cultura Científica.

14. *Blas Cabrera y Albert Einstein.* (Acto de Nombramiento como Académico de Honor a título póstumo del Excmo. Sr. D. **Blas Cabrera Felipe**). **Francisco González de Posada**. 20 de mayo de 2005. Amigos de la Cultura Científica.

15. *La flora vascular de la isla de Lanzarote. Algunos problemas por resolver*. (Académico Correspondiente). **Jorge Alfredo Reyes Betancort**. 5 de julio de 2005. Jardín de Aclimatación de La Orotava.

16. *El ecosistema agrario lanzaroteño.* (Académico Correspondiente). **Carlos Lahora Arán**. 7 de julio de 2005. Dirección Insular del Gobierno en Lanzarote.

17. *Lanzarote: características geoestratégicas*. (Académico Correspondiente). **Juan Antonio Carrasco Juan**. 11 de julio de 2005. Amigos de la Cultura Científica.

18. *En torno a lo fundamental: Naturaleza, Dios, Hombre*. (Académico Correspondiente). **Javier Cabrera Pinto**. 22 de marzo de 2006. Amigos de la Cultura Científica.

19. *Materiales, colores y elementos arquitectónicos de la obra de César Manrique.* (Acto de Nombramiento como Académico de Honor a título póstumo de **César Manrique**). **José Manuel Pérez Luzardo**. 24 de abril de 2006. Amigos de la Cultura Científica.

20. *La Medición del Tiempo y los Relojes de Sol*. (Académico Correspondiente). **Juan Vicente Pérez Ortiz**. 7 de julio de 2006. Caja de Ahorros del Mediterráneo.

21. *Las estructuras de hormigón. Debilidades y fortalezas*. (Académico Correspondiente). **Enrique González Valle**. 13 de julio de 2006. INTEMAC.

22. *Nuevas aportaciones al conocimiento de la erupción de Timanfaya (Lanzarote).* (Académico de Número). **Agustín Pallarés Padilla**. 27 de junio de 2007. Excmo. Ayuntamiento de Arrecife.

23. *El agua potable en Lanzarote.* (Académico Correspondiente). **Manuel Díaz Rijo**. 20 de julio de 2007. Excmo. Ayuntamiento de Arrecife.

24. *Anestesiología: Una especialidad desconocida*. (Académico Correspondiente). **Carlos García Zerpa.** 14 de diciembre de 2007. Hospital General de Lanzarote.

25. *Semblanza de Juan Oliveros. Carpintero – imaginero.* (Académico de Número). **José Ferrer Perdomo**. 8 de julio de 2008. Museo Etnográfico Tanit.

26. *Estado actual de la Astronomía: Reflexiones de un aficionado*. (Académico Correspondiente). **César Piret Ceballos**. 11 de julio de 2008. Iltre. Ayuntamiento de Tías.

27. *Entre aulagas, matos y tabaibas*. (Académico de Número). **Jorge Alfredo Reyes Betancort**. 15 de julio de 2008. Excmo. Ayuntamiento de Arrecife.

28. *Lanzarote y el vino.* (Académico de Número). **Manuel Díaz Rijo**. 24 de julio de 2008. Excmo. Ayuntamiento de Arrecife.

29. *Cronobiografía del Dr. D. José Molina Orosa y cronología de aconteceres conmemorativos.* (Académico de Número). **Javier Cabrera Pinto**.15 de diciembre de 2008. Gerencia de

Servicios Sanitarios. Área de Salud de Lanzarote.

30. *Territorio Lanzarote 1402. Majos, sucesores y antecesores.* (Académico Correspondiente). **Luis Díaz Feria**. 28 de abril de 2009. Excmo. Ayuntamiento de Arrecife.

31. *Presente y futuro de la reutilización de aguas en Canarias.* (Académico Correspondiente). **Sebastián Delgado Díaz**. 6 de julio de 2009. Agencia Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información.

32. *El análisis del tráfico telefónico: una herramienta estratégica de la empresa.* (Académico Correspondiente). **Enrique de Ferra Fantín**. 9 de julio de 2009. Excmo. Cabildo de Fuerteventura.

33. *La investigación sobre el fondo cósmico de microondas en el Instituto de Astrofísica de Canarias.* (Académico Correspondiente). **Rafael Rebolo López**. 11 de julio de 2009. Instituto de Astrofísica de Canarias.

34. *Centro de Proceso de Datos, el Cerebro de Nuestra Sociedad.* (Académico Correspondiente). **José Damián Ferrer Quintana.** 21 de septiembre de 2009. Museo Etnográfico Tanit.

35. Solemne Sesión Académica Necrológica de Homenaje al Excmo. Sr. D. Rafael Arozarena Doblado, Académico Correspondiente en Tenerife. *Laudatio Académica* por **Francisco González de Posada** y otras *Loas*. 24 de noviembre de 2009. Ilte. Ayuntamiento de Yaiza.

36. *La Cesárea. Una perspectiva bioética.* (Académico Correspondiente). **Fernando Conde Fernández**. 14 de diciembre de 2009. Gerencia de Servicios Sanitarios. Área de Salud de Lanzarote.

37. *La "Escuela Luján Pérez": Integración del pasado en la modernidad cultural de Canarias.* (Académico Correspondiente). **Cristóbal García del Rosario**. 21 de enero de 2010. Fundación Canaria "Luján Pérez".

38. *Luz en la Arquitectura de César Manrique.* (Académico Correspondiente). **José Manuel Pérez Luzardo**. 22 de abril de 2010. Excmo. Ayuntamiento de Arrecife.

39. *César Manrique y Alemania.* (Académica Correspondiente). **Bettina Bo**rk. 23 de abril de 2010. Ilte. Ayuntamiento de Haría.

40. *La Química Orgánica en Canarias: la herencia del profesor D. Antonio González.* (Académico Correspondiente). **Ángel Gutiérrez Ravelo**. 21 de mayo de 2010. Instituto Universitario de Bio-Orgánica "Antonio González".

41. *Visión en torno al lenguaje popular canario.* (Académico Correspondiente). **Gregorio Barreto Viñoly**. 17 de junio de 2010. Ilte. Ayuntamiento de Haría.

42. La otra Arquitectura barroca: las *perspectivas falsas*. (Académico Correspondiente). **Fernando Vidal-Ostos**. 15 de julio de 2010. Amigos de Écija.

43. *Prado Rey, empresa emblemática. Memoria vitivinícola de un empresario ingeniero agrónomo*. (Académico Correspondiente). **Javier Cremades de Adaro.** 16 de julio de

2010. Real Sitio de Ventosilla, S. A.

44. *El empleo del Análisis Dimensional en el proyecto de sistemas pasivos de acondicionamiento térmico.* (Académico Correspondiente). **Miguel Ángel Gálvez Huerta**. 26 de julio de 2010. Fundación General de la Universidad Politécnica de Madrid.

45. *El anciano y sus necesidades sociales.* (Académico Correspondiente). **Arístides Hernández Morán**. 17 de diciembre de 2010. Excmo. Cabildo de Fuerteventura.

46. *La sociedad como factor impulsor de los trasplantes de órganos abdominales.* (Académico de Honor). **Enrique Moreno González**. 12 de julio de 2011. Amigos de la Cultura Científica.

47. *El Tabaco: de producto deseado a producto maldito.* (Académico Correspondiente). **José Ramón Calvo Fernández**. 27 de julio de 2011. Dpto. Didácticas Espaciales. ULPGC.

48. *La influencia de la ciencia en el pensamiento político y social.* (Académico Correspondiente). **Manuel Medina Ortega**. 28 de julio de 2011. Grupo Municipal PSOE. Ayuntamiento de Arrecife.

49. *Parteras, comadres, matronas. Evolución de la profesión desde el saber popular al conocimiento científico.* (Académico Numerario). **Fernando Conde Fernández**. 13 de diciembre de 2011. Italfármaco y Pfizer.

50. *En torno al problema del movimiento perpetuo. Una visión histórica*. (Académico Correspondiente). **Domingo Díaz Tejera**. 31 de enero de 2012. Ayuntamiento de San Bartolomé

51. *Don José Ramírez Cerdá, político ejemplar: sanidad, educación, arquitectura, desarrollo sostenible, ingeniería de obras públicas viarias y de captación y distribución de agua*. (Académico Correspondiente). **Álvaro García González**. 23 de abril de 2012. Excmo. Cabildo de Fuerteventura.

52. *Perfil biográfico de César Manrique Cabrera, con especial referencia al Municipio de Haría.* (Académico Numerario). **Gregorio Barreto Viñoly**. 25 de abril de 2013. Ilte. Ayuntamiento de Haría.

53. *Tecnología e impacto social. Una mirada desde el pasado hacia el futuro.* (Académico Correspondiente). **Roque Calero Pérez**. 26 de abril de 2013. Mancomunidad del Sureste de Gran Canaria.

54. *Historia del Rotary Club Internacional: Implantación y desarrollo en Canarias.* (Académico Correspondiente). **Pedro Gopar González**. 19 de julio de 2013. Construcciones Lava Volcánica, S.L.

55. *Ensayos en vuelo: Fundamento de la historia, desarrollo, investigación, certificación y calificación aeronáuticas.* (Académico Correspondiente). **Antonio Javier Mesa Fortún**. 31 de enero de 2014. Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial.

56. *El cielo nocturno de Fuerteventura: Recurso para la Ciencia y oportunidad para el*

Turismo. (Académico Numerario). **Enrique de Ferra Fantín**. 20 de mayo de 2015.

57. *La Unión Europea ante las crisis internacionales.* (Académico Numerario). **Manuel Medina Ortega**. 24 de julio de 2015.

58. *Seguridad alimentaria y disruptores endocrinos hoy.* (Académico Correspondiente). **Antonio Burgos Ojeda**. 14 de diciembre de 2015.

59. *El Dr. Tomás Mena y Mesa: Médico filántropo majorero.* (Académico Numerario). **Arístides Hernández Morán**. 15 de diciembre de 2015.

60. *Callejero histórico de Puerto de Cabras - Puerto del Rosario*. (Académico Numerario). **Álvaro García González**. 20 de abril de 2016.

61. *El moderno concepto de Probabilidad y su aplicación al caso de los Seguros/Il moderno concetto di Probabilità e il suo rapporto con l'Assicurazione*. (Académico Correspondiente en Italia). **Claudio de Ferra**. 25 de julio de 2016.

62. *Comentarios históricos sobre la obra de Boccaccio. "De Canaria y de las otras islas nuevamente halladas en el océano allende España"*. (Académico Numerario). **Cristóbal García del Rosario**. 25 de julio de 2016.

63. *«"Literatura Viva"*, Una iniciativa en Lanzarote para fomentar la práctica de la *Lectura en VozAlta».* (Académico Correspondiente). **Manuel Martín-Arroyo Flores**. 26 de julio de 2016.

64. *La herencia centenaria de un soñador. Huella y legado de Manuel Velázquez Cabrera (1863-1916).* (Académico Correspondiente). **Felipe Bermúdez Suárez**. 17 de octubre de 2016.

65. *Propuesta para la provincialización de las islas menores del archipiélago canario.* (Académico Correspondiente). **Fernando Rodríguez López-Lannes**. 18 de octubre de 2016.

66. *Cambio Climático y Tabaco: El negocio está en la duda*. (Académico Numerario). **José Ramón Calvo Fernández**. 12 de diciembre de 2016.

67. *Los RPAS, un eslabón más en la evolución tecnológica*. (Académico Numerario). **Juan Antonio Carrasco Juan**. 30 de enero de 2017.

68. *La Seguridad de los Medicamentos*. (Académico Numerario). **José Nicolás Boada Juárez**. 31 de enero de 2017.

69. *Teoría de Arrecife*. (Académico Numerario). **Luis Díaz Feria**. 26 de abril de 2017.

70. *Sistemas críticos en aeronaves no tripuladas: Un ejemplo de optimización y trabajo en equipo*. (Académico Numerario). **Antonio Javier Mesa Fortún**. 28 de abril de 2017.

71. *1878 – 1945: La Arquitectura en la ciudad de Las Palmas de Gran Canaria en tiempos de Blas Cabrera Felipe*. (Académico Numerario). **José Manuel Pérez Luzardo**. 17 de mayo de 2017.

72. *Energía osmótica: una renovable prometedora en desarrollo.* (Académico Numerario).

Sebastián N. Delgado Díaz. 20 de julio de 2017.

73. *El descubrimiento de Lanzarote y de Canarias por parte del navegante italiano Lanzarotto Malocello.* (Académico Correspondiente). **Alfonso Licata**. 21 de julio de 2017.

74. *La Palma Canaria: Una cultura agrícola-artesanal.* (Académico Correspondiente). **Gerardo Mesa Noda**. 25 de septiembre de 2017.

75. *El Reloj de Sol del Castillo de San Gabriel en Arrecife: Su carácter primicial y la difusión del modelo.* (Académico Numerario). **Juan Vicente Pérez Ortiz**. 22 de diciembre de 2017.

76. *Mis recuerdos de César Manrique.* (Académico Numerario). **José Dámaso Trujillo -"Pepe Dámaso"-**. 23 de abril de 2018.

77. *Un nuevo modelo de desarrollo sostenible: necesidad y características.* (Académico Numerario). **Roque Calero Pérez**. 24 de abril de 2018.

78. *Reserva de la Biosfera de Fuerteventura en la red mundial de Reservas de la Biosfera. Logros y retos de futuro.* (Académico Correspondiente). **Antonio Gallardo Campos**. 25 de abril de 2018.

79. *La Extraposofía o la Arquitectura del Universo*. (Académico Correspondiente). **Antonio Padrón Barrera**. 25 de abril de 2018.

80. *La huella del Vaticano II en Fuerteventura.* (Académico Numerario). **Felipe Bermúdez Suárez**. 16 de julio de 2018.

81. *La construcción de la nueva comisaría de Arrecife.* (Académico Numerario). **Fernando Rodríguez López-Lannes**. 19 de julio de 2018.

82. *Acupuntura médica occidental / Western medical acupuncture*. (Académico Correspondiente en el Reino Unido). **Bill Ferguson**. 12 de diciembre de 2018.

83. *Leonardo da Vinci. Quinto centenario de su fallecimiento.* (Académico Numerario). **Alfonso Licata.** 22 de mayo de 2019.

84. *De Lanzarote a la Luna y a Marte: Claves geológicas y astrobiológicas.* (Académico Correspondiente). **Jesús Martínez Frías**. 30 de enero de 2020.

85. *Remembranza de un académico poeta, Rafael Arozarena*. (Académico Numerario). **Manuel Martín-Arroyo Flores**. 10 de diciembre de 2020.

86. *La conservación del patrimonio paleontológico de Lanzarote.* (Académica Correspondiente). **Esther Martín González**. 18 de mayo de 2021.

87. *El Geoparque Mundial de la UNESCO Lanzarote y Archipiélago Chinijo*. (Académica Correspondiente). **María Elena Mateo Mederos**. 19 de mayo de 2021.

88. *Los ángeles en la obra fresquista de Francisco de Goya*. (Académica Correspondiente). **María Teresa Fernández Talaya**. 8 de septiembre de 2021.

89. *Integración en edificios de viviendas de la tecnología de enfriamiento pasivo (o de bajo*

gasto energético) por re-irradiación de onda larga. (Académico Numerario). **Miguel Ángel Gálvez Huerta**. 9 de septiembre de 2021.

90. *Medio ambiente y salud, reflexiones post pandémicas.* (Académico Numerario). **Antonio Gallardo Campos**. 13 de diciembre de 2021.

91. *Control sanitario del tráfico marítimo en los puertos canarios occidentales: Epidemias*. (Académico Numerario). **Antonio Burgos Ojeda**. 14 de diciembre de 2021.

92. *Interlingua: La lengua global.* (Académico Numerario). **Domingo Díaz Tejera**. 3 de febrero de 2022.

93. *Los recuerdos de Blas Cabrera en Lanzarote hasta 1978*. (Académico Correspondiente). **Enrique Díaz Herrera**. 26 de mayo de 2022.

94. *Canarias: Cuando el magma alcanza el Cosmos*. (Académico Numerario). **Jesús Martínez Frías**. 27 de mayo de 2022.

95. *Consideraciones en torno al lenguaje. Las variedades atlántica y canaria de la Lengua Española.* (Académica Correspondiente). **María Dolores Fajardo Espino**. 27 de mayo de 2022.

96. *Julio Palacios frente a Einstein y a la Relatividad.* (Académico Correspondiente). **Albino Arenas Gómez**. 17 de mayo de 2023.

97. *El reformismo de Felipe V y la derrota atlántica del comercio con las Indias: Una tarea de José Patiño.* (Académico Correspondiente). **Fernando López Rodríguez**. 17 de mayo de 2023.

98. *La globalización: amenazas y oportunidades.* (Académico Correspondiente). **Alfredo Rocafort Nicolau**. 18 de mayo de 2023.

99. *La trimilenaria Cádiz, madre de la Cirugía moderna y contemporánea española.* (Académico Correspondiente). **José Antonio Salido Valle**. 19 de mayo de 2023.

100. *El registro fósil marino de Macaronesia: interpretando eventos de su historia geológica.* (Académica Numeraria). **María Esther Martín González.** 19 de mayo de 2023.

101. *Antonio de Nebrija. El humanista que amaba las palabras. Quinto centenario de su fallecimiento (1444-1522).* (Académica Correspondiente). **Cecilia Kindelán Amorrich.** 13 de julio de 2023.

102. *La inteligencia artificial y la estupidez natural.* (Académico Correspondiente). **Jordi Martí Pidelaserra.** 14 de julio de 2023.

103. *Liderazgo empresarial en el siglo XXI: creación de valor compartido y nuevos estilos de dirección*. (Académico Correspondiente). **Jaume Llopis Casellas**. 26 de octubre de 2023.

104. *La usura en la España del Siglo XXI*. (Académico Correspondiente). **Xabier Añoveros Trías de Bes**. 26 de octubre de 2023.

105. *Observaciones acerca de la navegación desde nuestros días hasta su origen histórico*. (Académico Correspondiente). **Félix Martín de Loeches Martín**. 27 de octubre de 2023

106. *El enfoque una sola salud, en la lucha para el control de la resistencia a los antibióticos.* (Académica Correspondiente). **Mª Àngels Calvo Torras.** 11 de diciembre de 2023.

107. *La presencia de la bioética en un grupo sanitario privado español.* (Académica Correspondiente). **María Anunciación Tormo Domínguez.** 12 de diciembre de 2023.

108. *De la polución al cambio climático.* (Académico Correspondiente). **Marcelino Benítez de Soto y Sánchez-Ventura.** 15 de diciembre de 2023.

109. *El Instituto "Blas Cabrera Felipe": Historia de la Enseñanza Secundaria en Lanzarote hasta 1978.* (Académico Numerario). **Enrique Díaz Herrera.** 28 de febrero de 2024.

110. *Comentarios (bastante personales) sobre la obra de: Jorge Luis Borges.* (Académico Numeraria). **María Dolores Fajardo Espino.** 29 de febrero de 2024.

111. *Identidad personal y Humanidad, una relación que conviene comprender. Una indagación sobre el sentido de la vida humana.* (Académico Correspondiente). **Juan Jesús González Torres.** 1 de marzo de 2024.

112. *El sabor dulce. Azúcares y edulcorantes.* (Académico Correspondiente). **Rafael Urrialde de Andrés.** 25 de abril de 2024.

113. *La sanidad que tenemos, necesitamos y queremos.* (Académico Correspondiente). **Antonio Alarcó Hernández.** 25 de abril de 2024.

114. *La alargada sombra de la serendipia en el origen de la era psicofarmacológica: ¿Mito o realidad?* (Académico Correspondiente). **Francisco López Muñoz.** 26 de abril de 2024.

115. *La ética como valor fundamental de las empresas familiares.* (Académico Correspondiente). **Felipe Hernández Perlines.** 26 de abril de 2024.

116. *La Inteligencia artificial: Oportunidades y Riesgos.* (Académica Correspondiente). **Montserrat Casanovas Ramón.** 27 de abril de 2024.

117. «Concierto discursado. *"Las suites para cello, Bach y el Siglo XX". Obras de Bach, Reger, Cassadó y Bloch».* (Académico Correspondiente). **Francisco Javier González Navarro.** 27 de abril de 2024.

118. *Impacto presente y futuro de la obesidad: Nuevos biomarcadores, el índice TyG.* (Académico Correspondiente). **Fernando Vidal-Ostos de Lara.** 21 de mayo de 2024.

119. *La tragedia del Titanic y el Convenio S.O.L.A.S. (Seguridad de la vida en el mar). Un antes y un después en la Seguridad Marítima.* (Académico Correspondiente). **José Antonio Reyero López.** 22 de mayo de 2024.

120. *Arquitectura de lo excéntrico a lo extraordinario.* (Académico Numerario). **Antonio Padrón Barrera.** 23 de mayo de 2024.

121. *El riesgo de zozobra de buques atracados en puerto; el caso del buque 'Super Servant 4'.* (Académico Correspondiente). **Amable Vicente Esparza Lorente.** 20 de septiembre de 2024.

122. *Turismo cultural y creativo.* (Académica Correspondiente). **Idaira Clavijo Casanova.** 21 de septiembre de 2024.

123. *Biología cuántica, la frontera sin límites.* (Académico Correspondiente). **Joaquim Gironella Coll.** 31 de octubre de 2024.

124. *Lanzarote y Fuerteventura: Ecos de fuego y arena en Canarias. Una mirada desde la distancia.* (Académica Correspondiente). **M. Esther Subirá Lobera.** 1 de noviembre de 2024.

125. *Núcleo y polos de la psiquiatría.* (Académico Correspondiente). **José Luis González de Rivera y Revuelta.** 10 de diciembre de 2024.

126. *El papel de las Academias en el siglo XXI: tradición, excelencia y desafíos compartidos.* (Académico de Honor). **Alfredo Rocafort Nicolau.** 24 de abril de 2025.

127. *Los puentes, artificios del camino. Ingeniería, territorio y patrimonio.* (Académico Correspondiente). **Tomás Abad Balboa.** 21 de mayo de 2025.

128. *La Gobernanza Global será salvada por las Humanidades.* (Académica Correspondiente). **Raquel Díaz Seijas.** 23 de mayo de 2025.

129. *Inteligencia Artificial: viejos retos, nuevos caminos.* (Académica Correspondiente). **Mª Ángeles Álvarez Martínez.** 2 de septiembre de 2025.

130. *El alma en la era del algoritmo: la Inteligencia Artificial y el desafío ontológico de la era digital.* (Académico Correspondiente). **Juan Luis Quincoces Soler.** 3 de septiembre de 2025.

131. *La jornada de trabajo en el Derecho español.* (Académico Correspondiente). **Rogelio Sánchez Molero.** 4 de septiembre de 2025.

132. *Territorios y paisajes de Lanzarote. En torno a César Manrique.* (Académica Correspondiente). **Pilar Chías Navarro.** 5 de septiembre de 2025.

133. *La importancia de la cultura y la historia local.* (Académico de Honor). **Otto Federico von Feigenblatt.** 29 de octubre de 2025.

134. *Lanzarote, laboratorio vivo: donde la naturaleza y la ciencia escriben nuestra salud.* (Académica Correspondiente). **Elisabeth Arrojo Álvarez.** 30 de octubre de 2025.

135. *Reflexiones jurídicas sobre algunas de las causas de la inasequibilidad de la vivienda en España.* (Académico Correspondiente). **Fernando Pedro Méndez González.** 30 de octubre de 2025.

136. *La fortificación de las islas del Atlántico a finales del siglo XVI: el diseño de sistemas para una defensa global.* (Académico Correspondiente). **Ignacio Javier Gil Crespo.** 10 de noviembre de 2025.

137. *Constructores e ingenieros navales en la España del siglo XVIII.* (Académico Correspondiente). **Vicente Baus Berenguer.** 11 de noviembre de 2025.

138. *'Cincuenta años de la evolución del concepto de materia. Aventura del pensamiento' (Artículo de Blas Cabrera y Felipe, Cuadernos Americanos 1943). Una lectura comentada.* (Académico Correspondiente). **Antonio Leandro Trujillo Casañas.** 12 de noviembre de 2025.