



Copia gratuita. Personal free copy <http://libros.csic.es>



ENRIQUE MOLES: LA VIDA Y LA OBRA DE UN QUIMICO ESPAÑOL

C.S.I.C.

# ENRIQUE MOLES: LA VIDA Y LA OBRA DE UN QUIMICO ESPAÑOL



CONSEJO SUPERIOR  
DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS

**ENRIQUE MOLES:  
LA VIDA Y LA OBRA  
DE UN QUIMICO ESPAÑOL**



ENRIQUE MOLES:  
LA VIDA Y LA OBRA  
DE UN QUIMICO ESPAÑOL

*Coordinador*

Prof. AUGUSTO PEREZ - VITORIA

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS  
MADRID, 1985

CATALOGACION EN PUBLICACION  
DEL INSTITUTO BIBLIOGRAFICO HISPANICO

*Enrique Moles: La vida y la obra de un químico español*, Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1985.

180 págs. [6] h. de lám.: il.; 23 cms.

Bibliografía: Índice.

1. MOLES, Enrique. II. Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

92 MOLES, Enrique: 54.



© C. S. I. C.

I. S. B. N.: 84-00-05971-9

Depósito legal: M-14.775-1985.

Impreso en España

Printed in Spain

## INDICE

	Págs.
PRESENTACIÓN ... ..	3
CAPÍTULO I	
ENRIQUE MOLES Y EL SISTEMA PERIÓDICO DE LOS ELEMENTOS, por A. Pérez-Vitoria ... ..	7
CAPÍTULO II	
EN EL QUE SE PRECISAN LA IMAGEN Y LAS ACTIVIDADES DEL PROFESOR E. MOLES ... ..	31
I. <i>Comentario</i> , por José Elguero Bertolini ...	31
II. <i>Enrique Moles en Farmacia</i> , por Guillermo Folch Jou ... ..	32
III. <i>Enrique Moles, organizador</i> , por Fernando Velasco Corral ... ..	36
IV. <i>Enrique Moles, profesor</i> , por Angel Vián Ortuño ... ..	42
V. <i>Enrique Moles, investigador</i> , por Juan Sancho Gómez ... ..	47
VI. <i>La química de Enrique Moles y la poesía de Antonio Machado</i> , por Augusto Pérez-Vitoria ... ..	53

## CAPÍTULO III

DOS TRABAJOS SINGULARES DE E. MOLES ... ..	61
I. <i>El primer trabajo publicado</i> ... ..	61
II. <i>Veinte años de investigaciones acerca de densidades gaseosas</i> ... ..	63

## CAPÍTULO IV

MEMORIA DE JUAN JOSÉ Y FAUSTO DE ELHUYAR, SOBRE EL DESCUBRIMIENTO DEL WOLFRAMIO ... ..	95
Comentarios de E. Moles ... ..	141

## CAPÍTULO V

ALGO DE LO MUCHO QUE, EN TIEMPOS Y AHORA, SE HA DICHO SOBRE E. MOLES ... ..	147
I. Blas Cabrera, Madrid, 1934 ... ..	147
II. José Lanza, Montevideo, 1930 ... ..	147
III. Ralph E. Oesper, Cincinnati, 1936 ... ..	149
IV. Instituto Internacional de Cooperación Intelectual, Neuchâtel, 1937 ... ..	150
V. Raúl Berrojo, Barcelona, 1980 ... ..	151
VI. José María Maravall, Madrid, 1983 ... ..	153
VII. Javier Solana, Madrid, 1983 ... ..	156
VIII. Adhesiones, individuales y colectivas, al homenaje al profesor E. Moles ... ..	159
LISTA DE TRABAJOS DEL PROFESOR E. MOLES ... ..	163

El manuscrito de este volumen ha sido preparado por el profesor Augusto Pérez-Vitoria, que ha recogido, seleccionado y adaptado los trabajos que en él figuran, redactado los textos de presentación o de interrelación entre diversos capítulos, notas, etc. Todo ello de acuerdo con el plan y las directrices generales del «Comité Organizador de la Conmemoración del centenario del nacimiento del profesor Enrique Moles» y con las normas para las publicaciones del Consejo Superior de Investigaciones Científicas.



Foto 1.—En el vestíbulo del antiguo Instituto Rockefeller: Placa conmemorativa del homenaje a los profesores que lo crearon. 26-VI-1978.



## PRESENTACION

A mediados de 1978, el Consejo Superior de Investigaciones Científicas tomó la feliz iniciativa de rendir un merecido homenaje a los profesores fundadores del Instituto Nacional de Física y Química, más conocido como el «Rockefeller». Dio ocasión para ello la conmemoración del centenario del nacimiento del que fue su Director, el profesor Blas Cabrera. El acto se celebró el 26 de junio, bajo la presidencia del Ministro de Educación y Ciencia, don Iñigo Cavero. Un físico y un químico, representantes de los «rockefellerianos» que iniciaron sus actividades en el Instituto antes ya de que se inaugurara oficialmente el 6 de febrero de 1932, por el Presidente de la República, recordaron las actividades de las secciones en sus respectivos campos. También las tendencias científicas y el ambiente en el Rockefeller en aquella época y alguna que otra anécdota significativa. Se rindió un emocionado homenaje a los profesores y colegas desaparecidos, sin olvidar a los técnicos (soplado de vidrio, mecánica de precisión, mantenimiento eléctrico y general) que tan gran papel jugaron siempre en el Rockefeller. El Presidente del C.S.I.C., don Carlos Sánchez del Río, pronunció un breve parlamento, y el Ministro cerró el acto con un discurso optimista sobre el porvenir de la investigación en España, haciendo votos para que el gran espíritu y entusiasmo de los primeros rockefellerianos se perpetuara en la generación actual de investigadores. Finalmente, descubrió, en el vestíbulo del Instituto una placa conmemorativa (foto 1) del Homenaje, con los nombres de los profesores creadores del Instituto: Blas Cabrera, Miguel Catalán, Antonio Madinaveitia,

*Enrique Moles, Julio Palacios, Julio Guzmán y Juan M. Torroja.*

*El acto dio lugar a emocionantes encuentros entre antiguos colegas que llevaban más de cuarenta años sin verse, otros que no habían visto el Rockefeller desde antes de la guerra... Todo ello se tradujo en el deseo general de mantener las relaciones en el marco de reuniones periódicas, y así se celebran una o dos comidas anuales, además de una tertulia semanal, de la primera generación de rockefellerianos, que incluye, también, a discípulos y alumnos de los que fueron profesores del Rockefeller.*

*En noviembre de 1982 se llevó a cabo una magnífica conmemoración de los «Cincuenta años de investigaciones en Física y Química en el edificio Rockefeller», organizada por una Comisión del Instituto de Química y Física «Rocasolano», en la que colaboraron dos representantes del grupo de rockefellerianos. Este grupo, por su parte, se reunió por las mismas fechas en el salón de actos del Instituto «Rocasolano», antiguo Rockefeller, intercambiando recuerdos, anécdotas y experiencias de su época de rockefellerianos. Se hizo notar —y se apreció en todo su valor— la presencia de una nutrida representación de los investigadores actuales que parecían realmente interesados en este intercambio de recuerdos de un tiempo que fue.*

*En 1983, los rockefellerianos iniciaron la conmemoración del Centenario del nacimiento del profesor Moles con una ofrenda floral el 30 de marzo, trigésimo aniversario de su fallecimiento, ante su tumba, en el cementerio de la Almudena. Participaron en este homenaje representantes de la mayoría de los diversos organismos e instituciones científicas, en los que el maestro puso su entusiasmo y su saber al servicio de la Química.*

*Los rockefellerianos continuaron la conmemoración, iniciando la organización de un Homenaje al profesor Moles. Al tener el C.S.I.C. un propósito semejante y poner al servicio de la idea común todos sus recursos, la veterana y la nueva*

generación de químicos aunaron esfuerzos y, asociándose a ellos los representantes de las instituciones científicas en las que Moles desarrolló su labor (\*), se hizo realidad el Homenaje el 12-XII-83. Fue presidido por los señores Ministros de Educación y Ciencia y de Cultura, y por la señora Secretaria de Estado de Universidades e Investigación; fueron muy numerosas las representaciones oficiales de organismos científicos y estuvieron presentes la doctora Beatriz Moles, nieta de don Enrique Moles, que vino desde Zaragoza para asistir, junto con su madre, doña Josefina Calandre. También bastantes jóvenes que aprendieron ciertamente mucho al saber del amplio y buen hacer del profesor Moles.

El Comité Organizador del Homenaje y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas decidieron publicar un volumen —el que aquí se presenta— con un doble propósito. Ser un testimonio permanente de recuerdo y admiración por la labor del profesor Moles en todos los aspectos de la Química. Más aún, y este es el propósito principal: revivir en la memoria de las nuevas generaciones, que no los conocieron, los grandes nombres de la Ciencia española, cuya obra ha sido oscurecida, si no borrada, por las circunstancias de todos sabidos. El volumen formará parte de la serie de publicaciones del C.S.I.C., iniciada ya por sendos volúmenes dedicados a los insignes profesores Santiago Ramón y Cajal (Los tónicos de la voluntad) y Pío del Río Ortega (Una contribución a la ciencia histológica. La obra de D. Pío del Río Ortega). Serie destinada a que los jóvenes científicos y estudiantes conozcan el pasado y les sirva de modelo y acicate para el porvenir.

Madrid, diciembre de 1983.

---

(\*) Participaron en el Comité: por los rockefellerianos, los doctores Augusto Pérez-Vitoria, Fernando Velasco Corral y Angel Vián Ortuño —que representaba también a la Facultad de Ciencias Químicas—; por el C.S.I.C., la doctora Concepción Llaguno Marchena; por la Facultad de Farmacia, el doctor Guillermo Folch Jou; por la Real Academia de Ciencias, el doctor Enrique Costa Novella, y por la Real Sociedad Española de Química, el doctor Joaquín Hernández Marín.



## CAPÍTULO I

### ENRIQUE MOLES Y EL SISTEMA PERIODICO DE LOS ELEMENTOS (\*)

AUGUSTO PÉREZ-VITORIA  
Catedrático de Química inorgánica

#### A manera de prólogo

Antes de empezar la conferencia, tal vez sea oportuno satisfacer la curiosidad que parece haber despertado el lema de este Ciclo sobre «La Química española en los tiempos del trabajo alegre y de la alegría trabajadora». No se trata de una pirueta lingüística, ni de una frase para atraer a los curiosos, sino de una afirmación que tiene su historia, y en ésta participaron, como verá el que leyere, científicos de muy alto nivel y renombre. Hela aquí. Cuando el sabio investigador don Blas Cabrera leyó su discurso de ingreso en la Academia de Ciencias, en 1910, le contestó don José de Echegaray, que terminó

---

(\*) Texto adaptado sobre la base de la conferencia del autor el 18 de abril de 1983, en el Ateneo de Santander, dentro del ciclo: «La Química española en los tiempos del trabajo alegre y de la alegría trabajadora», organizado por el AULA DE CULTURA CIENTÍFICA (ACC) —apartado 439, Santander—, patrocinado por Organizaciones profesionales de químicos y farmacéuticos, empresas industriales y la Facultad de Ciencias Físicas de la Universidad Complutense de Madrid.

Agradecemos al profesor doctor Francisco González de Posada, Presidente del ACC, su amable autorización para reproducir total o parcialmente el texto original (publicación núm. 17 del ACC, octubre 1983, 63 págs.).

su intervención con la bonita y optimista fórmula, en la que reflejaba el placer del trabajo intelectual «¡Ojalá que lleguen pronto los tiempos del trabajo alegre y de la alegría trabajadora!». Con esta misma frase empezaba su discurso el distinguido profesor don Ignacio Bolívar al contestar al de ingreso de don Blas Cabrera en la Academia de la Lengua, en enero de 1936, y continuaba así el distinguido naturalista: «El gran matemático no podía suponer que aquellos tiempos por los que suspiraba con dejo de amargura, estuvieran tan próximos que pudiera disfrutar de ellos su patrocinado». Lo terminó, celebrando que el progreso de las Ciencias y la consideración que han alcanzado en nuestro país, permitan modificar la frase de Echegaray diciendo:

«¡Ya han llegado los tiempos del trabajo alegre y de la alegría trabajadora!»

Como los profesores Enrique Moles, Emilio Jimeno y Antonio Madinaveitia, de los que se hablará en estas conferencias, figuran entre los que más contribuyeron a que esto fuera cierto, pareció oportuno, por ser de justicia, poner el Ciclo bajo lema tan optimista. Cuando la frase fue pronunciada por el profesor Bolívar corría, repetimos, el mes de enero de 1936. Seis meses después la verdad del lema desapareció bajo los nubarrones de la guerra civil. Creo que no se me acusará de excesivamente pesimista si digo que el eclipse dura todavía, ni tampoco de alegre optimista si considero que estamos ya cerca de la salida del túnel.

### Oposiciones importantes

El 12 de abril de 1927, en un venerable edificio de Madrid, la Facultad de Farmacia, se iniciaba un acto que no sería aireado ni por la prensa ni por las agencias de noticias, pero que contaría en el futuro científico del país y, en particular, en el de la Química. En el aula de Química analítica, cuatro distinguidos catedráticos —el quinto estaba ausente por enfermedad desde los primeros ejercicios— procedían a la votación para designar al catedrático de Química inorgánica de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Madrid. Primera vo-

tación: dos jueces votan a don Enrique Moles Ormella, los otros dos a don Antonio Ríos y Miró; segunda votación: el mismo resultado; tercera votación: por unanimidad, el tribunal propone a don Enrique Moles. Ante esta decisión, el ambiente cargado de electricidad y de tensión que se mascaba en la sala, estalla en un tumulto con aplausos, abucheos, vítores y hasta imprecaciones e insultos de todas clases, que culminaron en un intercambio de sonoras bofetadas entre un estudiante de Químicas («antimolista») y otro «molista» de Farmacia, que vive aún y es hoy un respetable académico<sup>1</sup>.

Si hemos iniciado así esta charla, no ha sido por sensacionalismo, sino para ilustrar que, como todos los hombres eminentes, con buenas ideas y grandes realizaciones al aplicarlas, Moles tenía ya antes de ocupar su cátedra, junto a muchos amigos, admiradores y colaboradores fieles, un pequeño núcleo de detractores y de enemigos que le hostigaron hasta el final de su vida, que amargaron y acortaron. Muchos de los oponentes se pasaron al primer grupo, pero muy pocos siguieron el camino opuesto. Así, el estudiante de Químicas que en abril distribuía bofetadas «antimolistas», asistía en octubre del mismo año a la clase de Química inorgánica de Moles, asignatura que ya tenía aprobada, para... aprenderla mejor; fue luego uno de sus mejores colaboradores y uno de sus más decididos defensores. Lo mismo ocurrió con la mayoría de los futuros químicos que participaron en la «bronca científica» citada.

Como ya señalé, creo que por primera vez, en la necrología que publiqué en México, al fallecimiento de Moles —luego se ha repetido en numerosos textos— sería imposible explicar estas reacciones, en principio contradictorias, con mayor justicia que lo hizo el profesor Cabrera que, con su fina sensibilidad, las explicaba así: «Pertenece Moles a aquel tipo de hombres hechos para ser blanco de los más encontrados sentimientos, y no por casualidad, sino como lógica consecuencia de su actividad. Fervoroso de las ciencias y sincero patriota, aspira a impulsar una violenta corriente de trabajo en cuantos le rodean. Empuja a todos, se entrega a cuantos le siguen y choca con quienes van más despacio de lo que él quiere. En el primer momento, cuando sólo se percibe el tirón violento,

la reacción no suele ser favorable, pero no tarda en desper-tarse una decidida adhesión y aplauso <sup>2</sup>.

El hombre que a los cuarenta y tres años se abría, por derecho propio, las puertas de la Universidad, había nacido en la villa de Gracia —unida hoy a Barcelona como una de sus más importantes barriadas— el 26 de agosto de 1883 <sup>3</sup>. Se conmemora, pues, este año el Centenario de su nacimiento, por lo que con el Ciclo que hoy se inicia se le rinde un especial homenaje. Se anticipó ya con la publicación de *En el centenario de Moles*, su discípulo, colaborador y hoy catedrático de Química y Física, Carlos Nogareda <sup>4</sup>. Al llegar a la cátedra, Moles era, por aquel entonces, Doctor en Farmacia (Madrid, 1906); Doctor en Ciencias Físicas (Ginebra, 1916); Doctor en Ciencias Químicas por partida doble (Leipzig, 1918, y Madrid, 1922); autor de noventa trabajos de investigación, el primero publicado en España en 1902, cuando aún era estudiante y el primero en una revista internacional en 1910; «Privat-Dozent» en la Escuela de Química de la Universidad de Ginebra; invitado a ser profesor de Química y Física en las Universidades de Baltimore y Zurich. En la Universidad española era... pura y simplemente: Auxiliar de Química inorgánica en la Facultad de Farmacia de Madrid.

Afortunadamente, la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas, que había apreciado en todo su valor sus trabajos como becario (1908-1910, 1912 y 1915-17), lo había nombrado, ya en 1911, para trabajar en el Laboratorio de Investigaciones Físicas que dirigía el profesor B. Cabrera en los Altos del Hipódromo de Madrid. Moles, además de ocuparse, como él sabía hacerlo, de las tareas de investigación de sus colaboradores, dirigía un curso de trabajos prácticos de Química Física que él instituyó por primera vez en España y que continuó hasta el curso 1927-1928, en el que las Universidades españolas tenían ya incorporada y organizada la enseñanza de esta asignatura, que figuraba en el plan de estudios que se instauró en el curso 1923-1924. En contraste con esta fecha, señalemos que la revista alemana de Química y Física *Zeitschrift für physikalische Chemie*, empezó a publicarse en 1887, y recordemos, en fin, que Moles descubrió y estudió a fondo esta materia en Leipzig, incluidos varios cur-

tos de trabajos prácticos a partir del semestre del verano de 1909 y en años sucesivos. Eso le permitió ser el introductor en España de los estudios teórico-prácticos de Química Física.

## El Catedrático

Moles inicia sus clases en las cátedras de Química inorgánica y en la de Química Física, de la que también fue encargado en el curso 1927-1928, y, como lo cuenta un alumno <sup>1</sup>, «fue para nosotros una grata sorpresa ver por vez primera a un catedrático con bata, una bata de artesanía, hecha a la medida, de buena tela blanca... con dos filas de botones, las iniciales bordadas ...», todo lo cual fue muy bien recibido, no como simple detalle vestimentario, sino porque hacía las clases orales más familiares y, más importante aún, era signo evidente de que el nuevo catedrático era, por encima de todo, un hombre de laboratorio. Por serlo, Moles se dio cuenta inmediatamente de la inadecuación absoluta de los laboratorios, e incluso de las aulas disponibles, si se querían dar trabajos prácticos dignos de ese nombre. Propuso y con la eficaz ayuda del resto del profesorado de las secciones de Químicas y Físicas, éstas consiguieron utilizar locales que se iban a destinar a actividades administrativas. Los nuevos laboratorios fueron inaugurados al iniciarse el curso 1929-30, lo que permitió introducir numerosas innovaciones organizativas.

Otra innovación en la clase, que empezaba a la hora en punto: los 15 primeros minutos estaban destinados a que los alumnos pudieran copiar las fórmulas, gráficas y datos que en la pizarra constituirían el entramado de la lección que Moles, al llegar exactamente un cuarto de hora después de los estudiantes, explicaba durante 45 minutos. Tiempo que, muy acertadamente, consideraba el más ajustado para mantener la atención de sus oyentes. Sus clases eran especialmente interesantes, tanto por el fondo, el contenido, como por la forma, el modo de decirlo, que el estudiante ya citado, comentaba así: «Con elegancia de estilo, sencilla elocuencia, transparencia verbal, sin afectación retórica, altisonancias ni barroquismos, las clases del doctor Moles eran un modelo en el arte del buen decir».

Añadiré yo que lo eran también en el arte, más difícil aún, del buen hacer. A sus cualidades de gran maestro, se unía una preparación cuidadosa y rigurosamente al día de sus lecciones, gracias a la consulta directa y constante de las revistas científicas, facilitada por sus amplios conocimientos de idiomas, además de los resultados de sus propios trabajos y los de sus colaboradores.

### El sistema periódico en Química inorgánica

Por otra parte, en cada una de sus asignaturas introdujo innovaciones importantes que, con el tiempo, se extendieron a todas las Facultades de Ciencias, a medida que sus colaboradores, al ocupar las cátedras, llevaban a ellas la experiencia, los métodos y las novedades que aprendieron del maestro. En la época de su llegada a la Universidad, nos referimos a 1927, los textos de Química inorgánica, tanto nacionales como extranjeros, disponibles en el país —con la rarísima excepción de la traducción del *Ephraim*, publicada en 1928<sup>4</sup>— presentaba el sistema periódico de los elementos en el último capítulo del texto. Eso significaba que las ventajas científicas y pedagógicas que pueden deducirse en tal sistema para la enseñanza de la Inorgánica, se desperdiciaban lastimosamente. Así, esta rama de la Química, que a base de la tabla periódica puede racionalizarse al máximo, aparecía completamente deslavazada, con pocas relaciones, por no decir ninguna, entre los diferentes capítulos y exigiendo de los alumnos un esfuerzo memorístico pesado y poco estimulante. Moles introdujo para los dos cursos de Química inorgánica unos programas, basados estrictamente en el sistema periódico, en su representación gráfica de la tabla periódica larga, en la que cada columna incluye un solo grupo; esta forma es, indudablemente, la más clara y la más útil desde el punto de vista pedagógico.

El estudio detallado del sistema figuraba en las lecciones 2 y 3 del primer curso, pero sus aplicaciones estaban omnipresentes en todas y cada una de las lecciones de la asignatura. Se relacionaban estabilidades, calores de formación, solubilidades, reactividad y tantas otras propiedades de elementos y com-

puestos presentados como conjuntos inter-relacionados, lógicos y fáciles de retener. Numerosos cuadros y tablas, curvas y gráficas ayudaban a conseguir esta racionalización. Se iniciaba la; en otrora, parte descriptiva, por los no metales y los elementos al estado sólido, para seguir con los compuestos binarios más sencillos, los hidruros hasta los siliciuros y boruros, para terminar con los compuestos intermetálicos. El segundo curso, compuestos de orden superior, se iniciaba por los polihalogenuros, seguidos por los halogenoácidos y halogenosales y los compuestos cada vez más complicados, hasta llegar a los iso- y heteropoliácidos, incluido el papel del agua en los compuestos químicos, tema en el que Moles y sus colaboradores trabajaron y publicaron mucho. Naturalmente las teorías y conceptos básicos iban intercalados en lugares apropiados del programa de cada curso.

A los jóvenes graduados y estudiantes de la década de los ochenta, todo esto les parecerá banal, pues es para ellos «el pan nuestro de cada día», pero hace más de cincuenta años, esta presentación de la Química inorgánica fue una revolución científico-pedagógica que dio un enérgico impulso a la Química en general y a la inorgánica en particular. Por ello, he escogido entre las numerosas realizaciones de Moles, el sistema periódico para que figure en el título de la conferencia, sintiendo que el tiempo del que puedo razonablemente disponer no permita más comentarios, ejemplos y comparaciones que saltaban a cada paso en el texto de las lecciones de Moles.

En el marco de la asignatura de Química Física, que tenía acumulada, Moles fue también un precursor al introducir las Tesinas de fin de Licenciatura, hoy generalizadas en todas nuestras Universidades, aunque al principio hubo no pocas resistencias a aplicarlas. Era una demostración más del interés, la obsesión sería más apropiado decir, de Moles por la promoción del trabajo experimental y de la investigación por todos los medios eficaces y prácticos, que fue otro de sus méritos singulares. Esto permitió, además, suprimir lo que el autor de la primera Tesina publicada en España —el prof. Carlos Nogareda— ha definido<sup>1</sup> como la «infrahumana e irracional reválida clásica en la que el graduado era víctima del martirio que suponía recordar, al pie de la letra, las dieciséis asigna-

turas de la licenciatura»; por eso, dice, el advenimiento de la Tesina «fue recibido con mayor regocijo que el maná de los hebreos y el oasis del desierto». Por haber pasado por el trance de la reválida clásica, doy fe que tiene razón. Digamos, para terminar con esta cuestión, que dicha Tesina, y ello da una idea de su nivel, fue publicada en 1930, en los *Anales de la Sociedad Española de Física y Química* (que designaremos, para abreviar, *Anales*).

También en el Doctorado, en la asignatura de Mecánica-Química, hubo innovación al ser encargado de ella Moles, que introdujo los «Coloquios de Química» que tan útiles le habían parecido cuando participó en ellos, a partir de 1909, como becario en la Universidad de Leipzig. Al ser publicado el primero de ellos en el *Boletín de la Universidad de Madrid*, el mismo Moles firmó un preámbulo en el que consideraba estos Coloquios como una contribución al trabajo personal, con un adiestramiento indispensable en el manejo de revistas y un buen ejercicio de exposición y discusión<sup>5</sup>.

En las asignaturas de las que Moles estaba encargado, los trabajos prácticos se realizaban individualmente con preparación bibliográfica previa, tanto más intensa cuanto más avanzado era el curso, para ser un «quasitrabajo» de investigación —a menudo fue sin «quasi»— en el último curso y en el Doctorado. Nuevo impulso a la enseñanza y a la investigación químicas. Todas las ventajas, las facilidades y la autoridad que le daban sus amplios conocimientos de idiomas —alemán, francés, inglés e italiano a la perfección— le autorizaban a decir, y no se privaba de ello: «Un científico que, además del suyo, no conoce como mínimo dos idiomas, es un analfabeto»; sus colaboradores no lo eran, y todos los alumnos de la sección de Químicas de Madrid, primero, y de las otras secciones, después, emprendieron el camino para no serlo, «ayudados» por unos exámenes más serios y rigurosos que en el pasado, para conseguir los certificados de aptitud en idiomas exigidos por el plan de estudios. Me pregunto si el rigor y la seriedad no se han relajado un poco, o un mucho, a juzgar por lo que vi cuando reingresé en la Universidad, en 1976. Diré, como ejemplo, que tuve la neta impresión que la mayor dificultad para un buen manejo por los estudiantes del «Chemical Abs-

tracts», no dependía tanto de su amplitud y complejidad, sino por estar en inglés; añadamos que este era el idioma que mejor conocían.

Otro aspecto de la actividad docente de Moles que tuvo gran resonancia, fueron sus cursos teórico-prácticos y conferencias, tanto de alto nivel científico sobre sus trabajos personales, como de divulgación, en 1930, en América Latina —Buenos Aires, Rosario de Santa Fe, La Plata, Montevideo— como profesor invitado. Le valieron numerosos títulos y nombramientos honorarios, mencionados en el anexo 1, junto con otros varios referentes a diversos capítulos del texto.

En las *Sociedades científicas*, la labor de Moles no fue menos notable, especialmente en la Sociedad Española de Física y Química, en cuyos *Anales* publicó su primer trabajo en 1911 y el último en 1937. Luego se vio obligado a publicarlos en su mayoría en revistas extranjeras que, dicho sea de paso, acogían sus trabajos con el mayor entusiasmo. Pero volvamos a nuestra Sociedad de Física y Química, en la que Moles iba adquiriendo día a día mayor autoridad e influencia, tanto por sus actividades científicas como organizativas; dio un magnífico ejemplo práctico con el salvamento *in extremis* de los *Anales* de 1922; en junio estaban muy cerca de la desaparición, y a fines de año, con Moles como Redactor-Jefe temporal, estaban al día en su publicación y reforzado su contenido. Simultáneamente iba ocupando cargos de responsabilidad creciente, para llegar a ser Presidente en 1930 y 1931 y Secretario General a partir de 1932. Aumentaba el número de páginas y el de trabajos publicados en los *Anales*, se incrementaban las notas bibliográficas y el número de resúmenes científicos; la puntualidad y regularidad de la publicación era similar, por primera vez en muchos años, a las de las mejores revistas científicas extranjeras.

Bajo el impulso de Moles se intensifica la creación de secciones locales de la Sociedad en provincias, tras la constitución de la de Sevilla en 1928, hasta alcanzar el número de siete. También en Sevilla en 1930 y ¡en mayo! se celebra la primera reunión anual de la Sociedad. Concentración primaveral científica nacional que anunciaba ya la primavera química internacional que España iba a conocer, forjada no sin apuros y

dificultades, pero con alegría y buen hacer, cristalizada en el gran acontecimiento que fue para el país, en abril de 1934, el IX Congreso Internacional de Química Pura y Aplicada. Una reunión consultiva preparatoria tuvo lugar, precisamente, en la Universidad Internacional de Verano de Santander (UIV). La ocasión se presentó por figurar en el programa de trabajos de la Universidad, como primera esfera de actividad, reuniones científicas anuales consagradas a una ciencia determinada, con la participación de un grupo de representantes eminentes de la especialidad. Siempre oportuno para hacer labor útil en pro de la Química, Moles, miembro del Patronato de la UIV, consiguió que la primera de dichas reuniones fuera consagrada a dicha Ciencia y se celebró del 9 al 20 de agosto de 1933. Ello permitió, además de los cursos y conferencias que dieron los participantes —entre ellos tres Premios Nobel— una amplia y provechosa discusión e intercambio de opiniones sobre el Congreso que debía celebrarse al año siguiente, y del que Moles era Secretario General.

Esta magna reunión internacional se celebró en Madrid del 5 al 11 de abril de 1934, con la participación de más de 1.200 congresistas y con representantes oficiales de 30 países. Se dieron 24 conferencias, dos de ellas por científicos españoles, y en las ocho secciones del Congreso se presentaron 293 trabajos originales, de ellos 94 de autores nacionales. Por ser el primer Congreso Universal de esta especialidad celebrado después de la Primera Guerra Mundial, marcó la reconciliación de los científicos y de los países que fueron enemigos; ello fue ampliamente celebrado en los discursos del Presidente de la República en la sesión inaugural, en el del Presidente del Congreso, profesor Obdulio Fernández, y en los de clausura del Congreso del Ministro de Instrucción Pública y de numerosos delegados. Todos ellos fueron un canto entusiasta a la paz y a la armonía universales, canto que no impidió que cinco años después los antiguos enemigos volvieran a serlo en la Segunda Guerra Mundial. Moles, con su espíritu de organización, su autoridad y eficacia y su conocimiento del mundo científico internacional, le dio al Congreso un marco técnico, humano y socialmente acogedor que mereció la admiración general y los más cálidos elogios. Para completar lo que fue una orga-

nización modelo de orden y de precisión, los ocho tomos que reunieron los trabajos presentados al Congreso, con un total de tres mil páginas, se publicaron con una regularidad y rapidez que, aun hoy en día, no son frecuentes en Congresos de esta importancia. En la XI Conferencia de la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (I.U.P.A.C.), que tuvo lugar por las mismas fechas y también en Madrid, Moles fue elegido Vice-Presidente.

Nuestro biografiado ingresó, mucho más tarde de lo debido, en la Academia de Ciencias, el 28 de marzo de 1934, con un discurso sobre «El momento científico español, 1775-1825»<sup>2</sup>. Demostró con este texto nuevas cualidades sobresalientes en la modalidad de historiador de la ciencia, habituales de veteranos o jubilados, pero que Moles, en plena productividad científica por aquel entonces, no sólo maneja con maestría, sino que recomienda «que los investigadores jóvenes dediquen parte de su atención al estudio de la historia y a la lectura de trabajos originales».

El practicar uno y otra le permitió escoger el interesante tema al que, modestamente, titula cuadro anecdótico alrededor del tarraconense Antonio de Martí (1750-1832), el primero que determinó la cantidad exacta de oxígeno contenido en el aire, gracias a la sagacidad, habilidad e ingenio de sus cuidadosas determinaciones; del riojano Fausto de Elhuyar (1755-1833), descubridor, con su hermano Juan José (1753-1804), del wolframio, y no tungsteno, como algunos persisten en decir<sup>6</sup>, que con el vanadio, son los dos únicos elementos químicos descubiertos por los científicos españoles. Junto a ellos son estudiadas otras personalidades que tuvieron marcada influencia científica en la época: el primer Conde de Peñaflorida, que organizó un amplio plan de envío de becarios al extranjero, entre ellos los hermanos Elhuyar y Andrés del Río, a través de la Real Sociedad Bascongada de Amigos del País, que fundó en 1764. Esta Sociedad creó, a su vez, el Seminario Patriótico de Vergara, para enseñar «las ciencias útiles al Estado», que resultaron ser la Química, de la que se encargó Louis J. Proust y la Física que Pierre-François Chabaneau enseñaba, además del francés. Vergara fue el primer pueblo que tuvo dichas

cátedras científicas. Andrés del Río, 1765-1849, madrileño, descubridor del vanadio —la muestra que se envió a Europa, junto con una memoria en francés para confirmarlo, se perdieron en un naufragio— y en 1830 el elemento lo «redescubrió» Sefström, con el nombre de vanadio; el menorquín Mateo Orfila, 1787-1853, que pensionado en 1807 en Francia, debió quedarse allí por las dificultades que encontró al tratar de regresar a España; autor de un famoso tratado sobre los venenos, llegó a ser una de las primeras figuras entre los científicos franceses; Louis J. Proust fue también víctima de la desidia de la burocracia estatal —de lejos viene el mal— que entre 1799 y 1807, a pesar de los importantes desembolsos realizados, «consiguió» no llegar a terminar la construcción del laboratorio en el que el químico francés debía trabajar, antes de su regreso a Francia. Moles terminó su discurso de ingreso citando tres cortas líneas, que no resisto a la tentación de transcribir, de alguien tan poco demagogo como el político conservador Antonio Maura, que dijo: «para legislar en Instrucción Pública, lo primero que debía hacerse era derogar todo lo *legislado hasta ahora y luego empezar a legislar*»; creó, comentó Moles, que «éste podría ser, en efecto, el camino». Cincuenta años después, como en tantas otras cosas, Moles, aun hoy en día, sigue teniendo un muy elevado porcentaje de razón.

En su contestación, el profesor Blas Cabrera, tras hacer un entusiasta elogio de las actividades múltiples del nuevo académico, insistió en el tema de los obstáculos administrativo-burocráticos, cuya eliminación consideró «que requiere un estado de cultura, cuya construcción será la obra lenta de la Universidad». Esperemos, hay que ser optimistas, que ahora, al cabo de casi cincuenta años, esta obra tan esencial está a punto de terminarse. La «Accademia Nazionale dei Lincei» de Roma, como recompensa a su obra científica, recogida en su conferencia en dicha ciudad, «Dieci anni di ricerche sui gas», otorgó a Moles, en 1926, el Premio Cannizzaro, que fue entregado al año siguiente en una solemne sesión de la Academia. Aunque no fuera un galardón académico, se puede anotar aquí, por su importancia, el «Premio Pelfort», que le fue

otorgado por el Ayuntamiento de Barcelona en 1924, por su memoria sobre «Variacions de la composició de l'aire atmosfèric».

### El investigador

Por muy importantes y, a veces, hasta espectaculares que hayan sido las actividades, realizaciones e innovaciones descritas hasta ahora y aun otras que la brevedad no ha permitido presentar, la labor cumbre de Moles, tanto a nivel nacional como internacional, ha sido la investigación. Su fomento y desarrollo, especialmente en España, fue el objetivo final, la pasión, sería más apropiado decir, en la que convergían todas y cada una de sus restantes actividades. Los trabajos de investigación llevados a cabo en el Laboratorio de Investigaciones Físicas habían llamado la atención de los especialistas del mundo entero por su seriedad e importantes resultados. No es de extrañar que una misión de la Fundación Rockefeller, de visita en España, se interesara por ellos y decidiera hacer una donación para darles con un nuevo Instituto, siempre bajo la dirección de la Junta, un mayor impulso y un marco más adecuado que el modesto en el que venían trabajando. Los últimos gobiernos de la monarquía tomaron con el máximo interés el asunto y el cumplimiento de las obligaciones pactadas; el interés no decayó, antes al contrario, con las autoridades de la República, que inauguraron el Instituto Nacional de Física y Química, conocido generalmente como «el Rockefeller», el 6 de febrero de 1932, cuando ya llevaba varios meses en actividad. Se ha dicho, con razón, que es una de las obras más significativas e importantes de la arquitectura española de su tiempo; fue diseñado y construido por dos jóvenes arquitectos: Luis Lacasa y Manuel Sánchez Arcas, con gran imaginación, temperada por una buena ración de realismo a la que contribuyeron los profesores Moles y Catalán, que formaban el grupo de científicos que trabajaron en estrecha colaboración con aquéllos. Juntos visitaron, unos y otros, los principales laboratorios europeos de la especialidad, para recoger lo mejor de cada uno de ellos, con lo que el nuevo Instituto fue la institución mo-

delo que se deseaba<sup>7</sup>. Para Moles y su grupo de colaboradores, que se incrementó al máximo que permitía la nueva instalación, fue la ocasión para desarrollar aún más, en cantidad, en calidad y en variedad, los trabajos que se venían realizando en los antiguos laboratorios.

Al tratar de establecer la lista de los trabajos de Moles, hemos consultado y comparado todas las relaciones disponibles en artículos a él dedicados. Hemos contabilizado única y exclusivamente los que aparecen firmados por él, solo o con alguno de sus maestros, colegas o colaboradores de su escuela; éstos sobrepasaron en el Instituto los cuarenta. En conjunto hemos identificado 264 trabajos, que llaman la atención por la cantidad, la calidad, la originalidad y la variedad de temas, pero sin llegar a la dispersión de esfuerzos. La cifra citada aumentaría en un 25 a 30% si se añadieran los trabajos dirigidos por Moles y que no firmó, aunque en justicia hubiera podido hacerlo. Su dirección significaba una participación activa en la labor diaria: desde el tema, sugerido casi siempre por nuestro biografiado, hasta los detalles y orientaciones para su publicación. A ello se añadían los consejos, críticas y sugerencias par alcanzar la precisión y la alta calidad, en todas las actividades propias o ajenas en las que Moles participaba, y muy especialmente en la investigación.

Para poder dar, aunque sólo sea una ojeada, a tal masa de trabajos, los dividiremos en seis grupos principales, más el inevitable de «diversos»:

I. *Magnetoquímica* (5% del total de las publicaciones); trabajos realizados por Moles con el gran especialista profesor Cabrera sobre las propiedades magnéticas de la materia, para comprender mejor la estructura de los átomos. Se iniciaron en el laboratorio del profesor Weiss en Zurich —en una simple mesa en el descansillo de la escalera de su Instituto, por carecer absolutamente de otro espacio disponible—. Condiciones de trabajo precarias que no impidieron que los dos científicos españoles ejecutaran nuevas medidas del magnetismo del hierro y del níquel, que resolvieron las dificultades encontradas en medidas previas de Piccard, el científico belga que se hizo

luego famoso por sus vuelos a la estratosfera primero y sus exploraciones submarinas después.

II. *Disoluciones y disolventes* (9%), en las que estudió, solo o con diversos colaboradores, disolventes no acuosos.

III. *Volúmenes moleculares* (4%). Bajo este epígrafe figuran un conjunto de trabajos sobre la regla de aditividad de los volúmenes moleculares en cuerpos inorgánicos cristalizados, como contribución a la determinación de la estructura de los hidratos.

IV. *Obtención, descomposición térmica y otras propiedades de compuestos en su mayoría inorgánicos* (18%).

V. *Temas farmacéuticos* (6%). Moles, que fue pensionado al extranjero como Doctor en Farmacia, regresó como Doctor en Ciencias, especializado ya para siempre en las Químicas Física e Inorgánica. Pero no abandonó nunca, completamente, el campo de la Farmacia. Sobre temas farmacéuticos dio conferencias, publicó manuales, traducciones y trabajos de investigación; éstos, principalmente, en los últimos años de su vida, durante los que investigó en un instituto farmacéutico, al serle cerradas las puertas de la Universidad. Como es natural, el grupo:

VI. *Diversos* (9%), incluye artículos sobre temas muy variados, siendo los más importantes los referentes a temas industriales, como la utilización de lignitos españoles (Teruel y Castellón) o el ambicioso plan de creación de industrias químicas en la cuenca del Duero. Es fácil imaginar lo que hubiera podido dar la potencia de tal río, encauzada hacia la producción química, por la fuerza arrolladora del espíritu científico creador y los dones de organización y perseverancia de Moles.

Hemos dejado para el final el conjunto de investigaciones más numeroso y el más importante de las llevadas a cabo por Moles y su escuela:

VII. *Pesos atómicos y temas conexos*. Comprenden el 49% —129 exactamente— de los trabajos de nuestro biogra-

fiado, iniciados en Ginebra y continuados en Madrid, creando un grupo propio que adquirió pronto autoridad y renombre científicos internacionales. (El lector encontrará en el capítulo III un trabajo muy detallado del profesor E. Moles, tanto sobre los fundamentos teóricos del método de las densidades-límites como sobre detalles operativos, los refinamientos en su aplicación en la determinación de los pesos atómicos y los resultados obtenidos. Sustituye ventajosamente al muy breve resumen dado en la conferencia sobre estas cuestiones, que, por ello, ha sido suprimido en este texto.)

El Comité del Instituto Internacional de Cooperación Intelectual de la Sociedad de Naciones se hizo eco del reconocimiento internacional de la labor llevada a cabo en el laboratorio de Moles. El 17 de diciembre de 1937, al final de una sesión científica en la que Moles y los mejores especialistas de la determinación de pesos atómicos por métodos físico-químicos, discutieron a fondo las ventajas e inconvenientes de cada uno de ellos, se propuso: Que se señalara al Gobierno español el mérito de dicho laboratorio, considerado por los sabios de todo el mundo como Laboratorio Internacional. Como se hizo notar al mencionar este hecho en el acto conmemorativo de los «50 años de investigación en Física y Química en el edificio Rockefeller de Madrid, 1932-1982»: «Año y medio después de firmado este acuerdo, en 1939, moría, y no de muerte natural, la Junta para Ampliación de Estudios, desapareciendo así el Laboratorio de Moles, quedando truncada la labor de siete años fecundos en la sección de Química y Física del Rockefeller». Sin comentarios. También perdió Moles su puesto en la Junta de la Ciudad Universitaria, en la que las bombas extranjeras destruyeron aulas y laboratorios, en los que tanta ilusión había puesto Moles, que ayudó a diseñarlos, y que tan útil hubiera sido para ayudar a reconstruirlos.

### Fin de la guerra civil. La postguerra

Hubiera deseado poder terminar aquí mi labor y no tener que tocar los aspectos de los últimos años de la vida de Moles, en medio de vicisitudes, injusticias y persecuciones que siguen

causando profunda tristeza. Pero hay que hablar de todo ello y lo haré con el máximo de objetividad. Moles, que mientras pudo continuó con sus actividades científicas y que fue durante varios meses Director accidental del Instituto Nacional de Física y Química, lo protegió por todos los medios a su alcance para que siguieran los trabajos de investigación. Todo ello hasta que fue trasladado a Valencia con un grupo de intelectuales para que tuvieran allí mayores facilidades para sus actividades científicas y culturales.

Más tarde fue nombrado Director General de Pólvoras y Explosivos de la Sub-Secretaría de Armamento en Barcelona, donde permaneció hasta que fue transferido a Gerona al ser ocupada aquella ciudad por las tropas franquistas a fines de enero de 1939. Tras una breve estancia en Figueras, el 7 de febrero, siguiendo las orientaciones del Gobierno de la República, pasa a Francia, iniciando así el exilio, como el 50% del profesorado universitario español.

Se trasladó a París, donde resolvió con relativa rapidez las dificultades inevitables de un exilio no preparado, gracias a la ayuda inmediata y generosa de colegas franceses y de América Latina. Fue nombrado «Maître de Recherches» del CNRS (Centro Nacional de Investigación Científica), resolviendo así el doble aspecto de investigación y económico de su estancia en París. Sus trabajos tomaron una orientación técnica, a la que nos hemos referido en el grupo «diversos» de sus trabajos. Inscrito oficialmente en el Consulado español, y a pesar de la estabilidad de su situación, inició ya las gestiones para regresar a España, donde creía y quería ser útil como investigador. Eso, nada más y nada menos, era total y completamente Moles. Lo fue entonces, en ese momento difícil, lo había sido antes, en pleno éxito, y lo sería después..., si le dejaban. Firme en su deseo de regresar a España, rechazó diversas invitaciones en las que se le ofrecían cátedras y/o laboratorios en diversos lugares del mundo, incluida Alemania. Creyó llegado el momento de realizarlo cuando el Gobierno hizo un llamamiento a todos los que estaban en el extranjero, que se terminaba con estas «prometedoras» palabras: «Todos los españoles de conciencia limpia y pasado honrado tenéis allí vuestro puesto para trabajar en la empresa de hacerla mejor y re-

parar sus males». Moles, crédulo y de buena fe, con pasaporte español y con certificados de las autoridades acreditadas en París garantizando su «conciencia limpia y su pasado honrado», emprendió el regreso en los primeros días de diciembre de 1941, para ser detenido en la misma frontera y trasladado a la prisión de Torrijos, de Madrid, sin que su hijo, que lo esperaba en la frontera, pudiera ni siquiera verlo. Un caso más que demuestra que no anda descaminado el gran novelista inglés Graham Green, al escribir en su última obra (*Monseñor Quijote*. Argos-Vergara, Madrid, 1982) que, en España, la mejor gente ha estado encarcelada algún tiempo. En el proceso abierto a todos los colaboradores del I.N.F.Q., Moles estaba procesado en rebeldía, detalle que el interesado y las autoridades citadas ignoraban.

Los cargos debían ser de poca monta, ya que dos meses después se le dejó en libertad provisional y, lleno de ilusión, inició las gestiones para reanudar sus actividades de investigación, ya que para eso, y sólo para eso, había regresado a España. No había contado con el pequeño, pero influyente, coro de envidiosos, de incapaces y de gentes malvadas que muestran su verdadera naturaleza en las circunstancias en las que vivía entonces España y que declaraban preocupados: «Ya está Moles en la calle; si le dejamos, dentro de quince días será de nuevo el amo»<sup>8</sup>. Con una serie de acusaciones y de infundios, tan monstruosos como faltos de pruebas, que no voy a repetir, consiguieron que Moles fuera de nuevo detenido en la madrugada del 12 al 13 de mayo de 1942 y encarcelado esta vez en la cárcel de Porlier. El 28 de julio de 1942 un consejo de guerra lo condenó a doce años y un día de prisión por auxilio a la rebelión militar, proponiendo el tribunal que la pena fuera reducida a la de seis años y un día —lo que hubiera supuesto la libertad provisional—, pero disintió el auditor, que propuso la pena de veinte años y un día por adhesión a la rebelión militar, y su caso pasó al Tribunal Supremo de Justicia Militar. El fiscal solicitó la pena de muerte —sin que haya lugar a su conmutación—, aunque luego, en el curso de la vista, la cambió por la de treinta años de reclusión, siendo Moles condenado finalmente a la reclusión perpetua el 10 de mayo de

1943. ¡El coro de malditos había ganado! La ciencia y España ¡perdieron!

Las peticiones internacionales de las comunidades científicas a través de las Sociedades Químicas de Bélgica, de Francia, de los Países Bajos, de Suiza y las de eminentes especialistas de Alemania, de Austria, de Checoslovaquia, Dinamarca, Gran Bretaña, Italia, etc., para que Moles fuera reintegrado a sus actividades normales, no tuvieron el menor efecto; tampoco el hecho de haber sido absuelto por el Tribunal de responsabilidades políticas. Pero al cumplir los sesenta años, y teniendo en cuenta sus actividades científicas —que reanudó en cuanto entró en las prisiones madrileñas<sup>9</sup>— como las organizativas —hasta allí las ejerció para mejorar el funcionamiento de las cárceles— y con más de tres años de encarcelamiento efectivo, el tiempo cumplido a efectos legales era superior al de la pena impuesta, por lo que fue puesto en libertad provisional. Más tarde, en 1951, se dispuso que fueran cancelados todos sus antecedentes penales. En cuanto fue puesto en libertad empezó a trabajar, y siguió haciéndolo durante los diez últimos años de su vida, en los laboratorios del Instituto de Biología y Sueroterapia IBYS, de Madrid, investigando con su habitual eficacia en el campo farmacéutico, ya que el químico le seguía vedado. Sí, obtuvo el pasaporte que le permitió salir de nuevo al extranjero en 1950. Fue calurosamente agasajado en Amsterdam, Bruselas, Copenhague y París como el eminente hombre de ciencia que seguía siendo, aunque en España se le mantuviera apartado de la Universidad y de la investigación. Continuó sus actividades como Secretario-Ponente de la Comisión Internacional de Pesos Atómicos; tenía para un futuro inmediato numerosos proyectos e invitaciones.

Pero su viaje a Cuba, en el verano de 1951, invitado por la Facultad y por la Academia de Farmacia, sería el último que emprendería. Dio una serie de conferencias sobre sus investigaciones en la Universidad de La Habana y, según su costumbre, alguna otra de divulgación científica fuera de ella. En este nuevo contacto con Iberoamérica disfrutó una vez más de todos los honores, entre ellos el de ser nombrado Miembro Correspondiente de la Academia de Farmacia en un solemne acto. En éste, el profesor Pedro Domingo, catedrático de Mi-

crobiología de la Universidad de Barcelona, exiliado en Cuba, pronunció un impresionante discurso, del que resumimos algunas de las frases que emocionaron a todos los presentes, sin duda más que a nadie al propio homenajeado: «Cada generación —dijo— ofrece como natural fruto un reducido número de hombres en los cuales sus excepcionales capacidades se dan la mano con la excelsitud de su espíritu. Son los grandes forjadores del progreso, que dan vidas y ascensos a sus colectividades mientras permanecen cuidados. Pero separados de su orden todo será pronto aventado, creándose una nueva categoría humana; la de los forjadores sin fragua, y el maestro, forjador sin fragua, no tiene discípulos a quienes adiestrar en su arte. Es esta, estimado amigo Moles, una terrible pena que no podemos disimular, ni mucho menos ocultar».

En la madrugada del 20 al 30 de marzo de 1953, fallecía Moles en Madrid, víctima de una trombosis cerebral, con lo que los frutos maduros de una vida dedicada a la ciencia que, durante muchos años, no se quiso utilizar, se perdieron definitivamente.

### **A manera de epílogo esperanzado**

No querría terminar con una nota tan triste y pesimista, por lo que añadiré que deseo, espero y creo que si perdimos el pasado y también una parte del presente, podemos salvar el futuro obrando no uno a uno, sino todos juntos: profesores y estudiantes, investigadores veteranos y jóvenes, un Gobierno no burocratizado, la sociedad en general, para que en breve, si no volvemos, seguramente NO volveremos, a la época del trabajo alegre y de la alegría trabajadora, que veamos, SI, una Universidad impregnada del progreso, de la libertad y del humanismo que tan generosamente derramó la Junta para Ampliación de Estudios, porque sólo en estas condiciones pueden los científicos enseñar e investigar a gusto y bien, y ¡ahí está, con la juventud, el futuro de España!

## BIBLIOGRAFIA Y NOTAS (\*)

<sup>1</sup> NOGAREDA DOMÉNECH, C.: *En el Centenario del profesor Moles*. Ediciones Universidad de Salamanca, 1983, 54 págs., con tres fotografías. El texto termina con estas sentidas palabras: «Disputo elemental, a la par que placentero, reiterar aquí la gratitud que debo a mi inolvidable maestro, a quien, para su mayor gloria, dedico este homenaje con todo mi ardor apologético».

<sup>2</sup> MOLES, E.: «El momento científico español, 1775-1825». Discurso leído en el acto de ingreso en la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales y contestación de B. Cabrera. Madrid, 28-III-34, 117 páginas, 12 figuras y 6 fotografías.

<sup>3</sup> BERROJO JARRO, R.: *Enrique Moles y su obra*. Memoria presentada para optar al Grado de Doctor por la Facultad de Farmacia de la Universidad de Barcelona, 3 vols., 1.142 págs. mecanografiadas, con numerosas reproducciones de documentos, noviembre 1980. Tesis dirigida por el profesor J. L. Gómez Caamaño. La obra está dividida en tres partes: I. *Datos biográficos y aspectos generales* (Moles en el extranjero; enseñanza, investigación; profesor auxiliar en la Facultad de Farmacia; Catedrático en la Facultad de Ciencias; la oposición, innovaciones, docencia; la guerra y sus consecuencias). II. *Algunos aspectos particulares* (en la Sociedad Española de Física y Química y en sus *Anales*; en la Unión Internacional de Química; en la Academia de Ciencias y en otras sociedades. Publicaciones e investigación, con descripciones y comentarios sobre los principales trabajos. La escuela de Moles; Moles, farmacéutico; Moles, cronista e historiador). III. *Conclusiones, notas, documentación, índice*.

<sup>31</sup> MOLES CONDE, E.: *Enrique Moles. Un gran químico de España*. Artes Gráficas L. Pérez, Madrid, 1975, 181 págs., con 49 fotografías, en negro y color. Además de dar una visión resumida, pero completa, de las actividades científicas del profesor Moles —incluida una lista de sus publicaciones— se dan numerosos datos sobre su vida familiar, sus gustos y preferencias personales.

<sup>4</sup> Así lo hace notar en su prólogo el traductor —doctor J. Sureda Blanes— que señala que en la obra de Ephraim, tanto la clasificación periódica de los elementos químicos, como la teoría de coordinación de Werner, no se presentan, como era costumbre hasta entonces, cuando ya no cabía su aplicación, a pesar de ser las bases lógicas para el estudio sistemático de la Química inorgánica.

<sup>5</sup> La necesidad de una buena colección de revistas científicas para

(\*) Por imperativos de espacio, se ha omitido una gran parte de la amplia sección (22 págs.) de «Bibliografía y Notas» que figura en el texto original.

dedicarse con éxito a la investigación fue evidente para Moles desde su salida inicial al extranjero. Así lo hizo constar en su primer informe de becario. Hay que lamentar que hoy, en 1983, más de setenta años después de que Moles, debutante en la investigación, percibiera ya claramente la importancia de las revistas y publicaciones científicas, la administración gubernamental que «facilita» los fondos, preste poco interés a esta cuestión esencial.

<sup>6</sup> MOLES, E.: *Wolframio, no tungsteno. Vanadio o eritronio*. Anales, XXVI, 234-252, 1928. En 1950, Moles consiguió que la Comisión de Nomenclatura de Química inorgánica de la IUPAC acordara que Wolframio, y no Tungsteno, es el nombre que debe darse a este metal en todos los idiomas.

<sup>7</sup> Los 420.000 dólares donados por el «International Education Board» de la «Rockefeller Foundation», permitieron construir el edificio del Instituto Rockefeller, según un sistema modular. Constaba de un sótano y tres plantas; la primera de ellas, con estabilidad suficiente para cubrir exigencias de Física moderna, y las otras dos destinadas a Química Física, Químicas inorgánica y orgánica y Electroquímica. Se disponía, además, de una bien instalada biblioteca, salas de máquinas y de acumuladores, talleres, sala de conferencia y varias dependencias auxiliares. Bajo la dirección de don Blas Cabrera Felipe y con don Julio Guzmán Carranzo como Secretario, los Jefes de las distintas secciones eran: Electricidad, profesor Blas Cabrera; Rayos X, profesor Julio Palacios; Espectroscopía, profesor Miguel A. Catalán; Química Física y Química inorgánica, profesor Enrique Moles; Química orgánica, profesor Antonio Madinaveitia; Electroquímica, doctor Julio Guzmán.

La construcción comenzó en enero de 1929 y se terminó virtualmente en agosto de 1931. Simultáneamente se hizo el traslado del Laboratorio de Investigaciones Físicas y se tomaron las medidas oportunas para proseguir los trabajos en curso que, desde 1931, se publicaron ya bajo la denominación del Instituto Nacional de Física y Química. Fue inaugurado el 6 de febrero de 1932. Para más detalles ver:

«Instituto Nacional de Física y Química. Madrid, 6 de febrero de 1932», folleto de 16 páginas, con 10 fotografías, distribuido en el acto inaugural; también: BONET CORREA, A.: «El edificio Rockefeller», artículo incluido en la obra *Cincuenta años de investigación en Física y Química en el Instituto Rockefeller de Madrid*, 1982.

<sup>8</sup> Véase <sup>31</sup>, capítulo XVIII, pág. 86.

<sup>9</sup> Los cinco trabajos preparados por Moles en las cárceles madrileñas de Porlier y Torrijos, figuran con los números 252 a 256, en la lista de sus trabajos, al final de este volumen.

Como merecido homenaje de admiración al espíritu que reinaba entre los colaboradores del Rockefeller, digamos que no fue Moles el único de los «rockefellerianos» que trabajó en su especialidad durante su estancia en la cárcel. Uno de ellos —A. Sarabia—, montó en la de Alcalá de Henares un laboratorio —que valió un premio a la cárcel— en el que se prepararon esmaltes y engobes que fueron utilizados en las cerámicas de Manises. Otro —A. Prieto— instaló en la prisión de Porlier, un taller de soplado de vidrio en el que formó a numerosos aprendices.

## ANEXO I

### I. TITULOS, DISTINCIONES, CONDECORACIONES (\*)

Profesor invitado de las:

- Universidades argentinas (1930) de Buenos Aires, La Plata y Rosario;
- Universidad de Montevideo (1930);
- Universidad de La Habana (1951).

Profesor Honorario de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de Montevideo (1930).

Académico Correspondiente:

- de las Academias de Ciencias de Praga (1935), Varsovia (1935) y Lisboa; en 1930 de las de Buenos Aires, Rosario de Santa Fe, La Plata y Montevideo; de la Academia de Farmacia de La Habana (1951).
- Premio Van't Hoff, de la Academia de Ciencias de Amsterdam (1927); Premio Solvay, de la Academia de Ciencias de Bruselas (1928).

Miembro de las Sociedades Químicas de:

- Alemania, Estados Unidos, Francia, Gran Bretaña, Países Bajos, Suiza.

Miembro Honorario de las:

- Sociedades Químicas de Argentina y Rumanía;
- Sociedades de Farmacia y Bioquímica de Rosario de Santa Fe;
- Sociedad de Química y Farmacia del Uruguay.

Socio correspondiente de la Asociación Farmacéutica y Bioquímica Argentina (1931).

Medallas:

- Centenario de Marcellin Berthelot (1927);
- Aimé Pictet (1927);
- Centenario de P. Schutzberger (1929);
- Auguste Béhal (1935);
- Lavoisier, de la Sociedad de Química de Francia (1937);
- XX Aniversario de la Sociedad de Química Industrial (París, 1937).

Gran Cruz de la Orden de la República Española (1933).

Oficial de la Legión de Honor Francesa (1936).

---

(\*) Además de los ya indicados en el texto de la conferencia.



## CAPÍTULO II

### EN EL QUE SE PRECISAN LA IMAGEN Y LAS ACTIVIDADES DEL PROFESOR E. MOLES (\*)

JOSÉ ELGUERO BERTOLINI  
Presidente del Consejo Superior de Investigaciones Científicas

#### I. COMENTARIO

Los investigadores del C.S.I.C. nos sentimos herederos de Enrique Moles, tanto en su dimensión de químico de fama mundial como en su faceta humana. Trabajó Moles en el Instituto Nacional de Física y Química, edificio que constituyó parte de la osamenta inicial del C.S.I.C. y que alberga hoy a uno de los grupos de investigadores más prestigiosos del Organismo. No son, sin embargo, herederos directos de Enrique Moles, y esto quizás sea uno de los dramas más dolorosos del exilio. Los científicos sobreviven en sus alumnos, creando una «escuela»; a Enrique Moles se le negó esa posibilidad y, aunque brille con luz propia, sólo su reflejo llega hasta nosotros, al haberse perdido irremediablemente gran parte de su saber. Probablemente, recibimos una imagen pálida y empequeñecida de este gran investigador español. Es de esperar que actos

---

(\*) Los textos aquí presentados, obra en su mayoría de discípulos y colaboradores del maestro, contribuyen a perfilar y hacer conocer mejor la labor del profesor Moles en sus diversas facetas de científico, organizador, profesor e investigador. Fueron intervenciones en el Acto conmemorativo del Centenario de su nacimiento, celebrado en el Salón de Actos del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, el 12 de diciembre de 1983 (foto 2).

como el de hoy contribuyan a colocarle en el lugar que se merece y del que tan injustamente se le privó.

Por otra parte, el hecho de que otro químico, como el que hoy les habla, convertido ocasionalmente en Presidente del Consejo, recuerde con admiración y respeto su figura, es una prueba más de que se ha soldado la fractura de la guerra civil española, que arruinó tantas vidas de científicos ilustres, como la del propio Moles.

La historia de la Química, o mejor, la historia de la Ciencia española, tiene reservado un importante espacio a este sabio que hace cincuenta años trabajaba aquí, en el edificio de al lado, y a cuyo homenaje el Consejo se suma con orgullo y gratitud.

## II. ENRIQUE MOLES EN FARMACIA

GUILLERMO FOLCH JOU  
Catedrático de Historia de la Farmacia

Tócame a mí, como representante de la Facultad de Farmacia, referirme al aspecto farmacéutico del quehacer de Moles y, para ello, intentaré contestar a tres preguntas:

¿Qué le proporcionó la Farmacia a Moles?

¿Qué dio Moles a la Farmacia?

¿Qué beneficios resultaron para la Farmacia de tal intercambio?

Para contestar a la primera, voy a recordar lo que un gran químico de la pasada centuria, Dumas, dijo en el homenaje al descubridor del bromo, el farmacéutico Balard: «Para formar algunos químicos eminentes, hace falta sembrar muchos, y es la Farmacia quien los siembra... Las operaciones de Farmacia constituyen, aún no se conoce bastante bien, la mejor de las escuelas para un espíritu penetrante y reflexivo».

Podrá objetarse que Moles no ejerció la profesión de farmacéutico hasta el final de su vida, y aun de forma un tanto anómala. A esto hay que decir que sus primeros estudios fueron los de Farmacia, y que fueron éstos y los profesores que tuvo quienes decidieron su futuro.

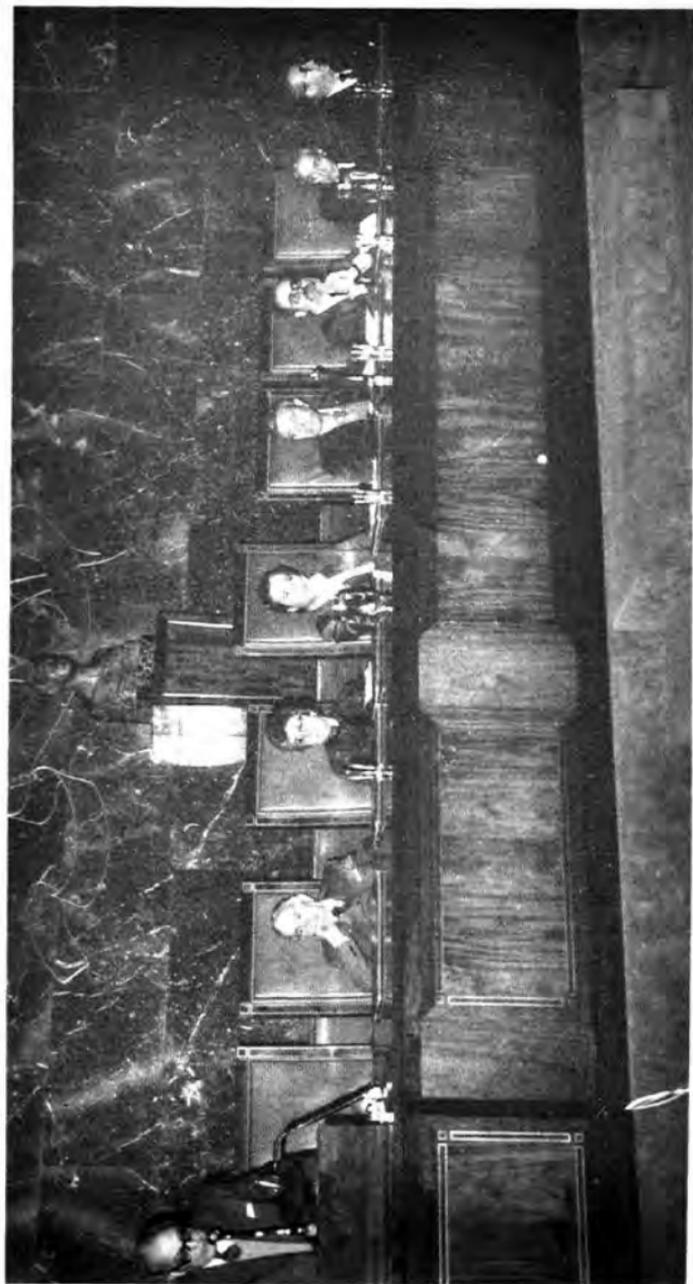


Foto 2.—Presidencia del acto conmemorativo del centenario del nacimiento del Prof. Moles. De derecha a izquierda: Dr. J. Hernáez Marín, Presidente de la Real Sociedad Española de Química; Prof. Antonio Doadrio, Decano de la Facultad de Farmacia; Prof. Francisco Bustelo, Rector de la Universidad Complutense; Dr. José Elguero Bertolini, Presidente del Consejo Superior de Investigaciones Científicas; Prof. José María Maravall, Ministro de Educación y Ciencia; Prof.<sup>a</sup> Carmina Virgili, Secretaria de Estado de Universidades e Investigación; Prof. Manuel Lora Tamayo, Presidente de la Real Academia de Ciencias; Prof. A. Pérez-Vitoria.



No es de sorprender que fuesen sus profesores quienes le inclinaran hacia la Química. Los farmacéuticos, en España, habían demostrado un especial interés por esta ciencia.

Recordemos que a un farmacéutico, Félix Palacios, se debe la publicación en español del Curso Químico de Lemery, la primera obra de esta ciencia que hubo en nuestra patria.

Que a otro farmacéutico, Pedro Gutiérrez Bueno, se debe la introducción en España de las teorías de Lavoisier, labor que fue completada por su colega Carbonell, que a tantos alumnos formó en Química, durante su estancia en Barcelona y Palma de Mallorca. Con estos comienzos no puede sorprender que la Farmacia fuese la base de los estudios de Química en España, y, así, podemos afirmar que hasta mediados del siglo pasado todos los profesores de Química que hubo en España fueron farmacéuticos, como Balcells, Camps y Camps, Pou y Camps, Entillac, Alerany, Nebot, Calderón y Arana y tantos más.

Todos formaron en Química a discípulos que, sin estudiar Farmacia, se especializaban en aquella ciencia, tales como Juan Agell y Torrente, el primer catedrático de Química no farmacéutico que hubo en España; Monserrat, Riutort y otros, entre los que figura el gran Luanco, que fue el primero que explicó la materia fuera de la Facultad de Filosofía, quienes junto con los catedráticos farmacéuticos, transmitían a la juventud su entusiasmo por la Química, de forma que, a partir de la restauración, ya brillan químicos puros.

Cuando llega a la Facultad de Farmacia de Barcelona, Enrique Moles se encuentra con profesores tan notables como López Capdepón, Casares, Casamada, Murua y Ribas Mateos, que influyen en él con sus enseñanzas, haciendo que fije su atención en la Química, en la que va a sobresalir, y a la que va a dedicar casi toda su vida, y, debido a que Casares había introducido por primera vez en España la obligatoriedad de que los alumnos realizasen trabajos prácticos, Moles, bajo la dirección de Casamada, da y absorbe los primeros pasos prácticos en Inorgánica y en Análisis químico, que hacen mella en su espíritu, tal como se deduce de un párrafo de su tesis doctoral, en el que dice: «Durante mi carrera, mis aficiones se inclinaron siempre al estudio de la Química inorgánica y al

Análisis químico... Esto, unido a la creencia que tengo de que el farmacéutico no debe limitar su esfera de acción a preparar materias medicamentosas, sino que está facultado por los conocimientos adquiridos para intervenir en análisis de aguas, minerales, etc. ...».

Se traslada a Madrid para hacer el doctorado, y aquí se encuentra a Carracido, a quien debemos el que las tesis doctorales dejasen de ser trabajos teóricos para ser obligatoriamente de investigación, y vuelve a tener contacto con Casares, que, a más de dirigirle en sus investigaciones, le debió transmitir la idea de que, para adquirir una buena formación, había que salir fuera de nuestras fronteras, lo que él mismo hacía, aun siendo catedrático, e influye en su vida de forma decisiva, como el mismo Moles reconoció públicamente el día que se homenajeaba a Casares, con motivo de su jubilación, en el que públicamente manifestó que a Casares debía los principales triunfos de su carrera y la posibilidad de introducir la Química física en España.

He aquí, pues, la respuesta a la primera pregunta. La Farmacia como carrera y los farmacéuticos como profesores dieron mucho a Moles y, reafirmando el aserto de Dumas, aprovecharon su espíritu penetrante y reflexivo para que se transformara en un químico eminente.

\* \* \*

Pasaré a la segunda pregunta: ¿Qué hizo Moles en Farmacia?

Terminada su carrera, quiere devolver a la Facultad algo de lo que ésta le había dado, e intenta transmitir su saber y su entusiasmo por la ciencia, para lo que busca ser nombrado profesor. Lo consigue en 1907, y aquí, para mí, un dato afectivo. El día 25 de octubre de tal año, Moles es nombrado profesor auxiliar interino, a la vez que también es nombrado profesor mi padre, Rafael Folch, quien igualmente comenzaba aquel día su periplo universitario.

En Barcelona impartió clases prácticas y, durante un corto período, clases teóricas... Pasa al extranjero y, al regresar, consigue que le nombren profesor auxiliar de la Facultad de

Farmacia de Madrid, puesto que utilizó para formar discípulos en su materia, aunque para ello hubiesen de salir de la Facultad. En tal cargo continuó hasta obtener la cátedra por oposición.

Se ocupó también de temas farmacéuticos, aunque no fuese tal campo el principal de su línea. Según nos ha comunicado Pérez-Vitoria, el seis por ciento de sus publicaciones están relacionadas con el medicamento... Más aún, colaboró con el Colegio de Farmacéuticos de Madrid, no sólo dando conferencias, sino representándole en varias ocasiones, y, al final de su vida, desposeído de su cátedra por motivos no justificados, busca lugar adecuado para ejercer sus actividades y lo encuentra en la industria farmacéutica. En ella, laboratorio IBYS, actuó como jefe de sección durante algunos años, alternado con su actuación como farmacéutico en la oficina de farmacia de su hijo.

Vemos, pues, que Moles dedicó algunos años de su vida a la Farmacia.

\* \* \*

Paso a la tercera pregunta: «Qué beneficios resultaron para la Farmacia de tal intercambio?

Podría contestar indicando que ya sólo el hecho de que las enseñanzas de Farmacia hubiesen contribuido a formar un químico tan eminente como Moles, ya significaría un beneficio, pues demostraría el valor de tales estudios.

Podría agregar que la Farmacia se benefició de los profesores que Moles contribuyó a formar, como Portillo, Clavera, Sellés, Gómez Caamaño y tantos más.

Añadir que los trabajos que realizó sobre medicamentos, también beneficiaron a la ciencia farmacéutica y agregar otras múltiples razones, pero todas ellas quedan paliadas si se comparan con su principal labor.

Carracido, en 1911, ya indicaba que Moles era el introductor en España de la enseñanza de la Química física, lo que hoy es reconocido por todos. Y la Farmacia precisaba de esta ciencia; sin ella no sólo no hubiese podido avanzar, sino que

permanecería en un doloroso letargo. Ni la bioquímica, ni la fisiología hubieran adelantado ni existiría la farmacocinética.

Y reconocido esto, en 1941, al intaurarse un nuevo plan de estudios para los futuros farmacéuticos, se incluye como enseñanza obligatoria la Físicoquímica.

Aquel plan fue elaborado por los vencedores de la contienda civil y, acaso sin darse cuenta de ello, rendían un verdadero homenaje a quien introdujo tal ciencia en España: a Enrique Moles, que, exilado en el extranjero, al enterarse, debió sentir una justificada satisfacción, y después, en la prisión o en el retiro obligado en que se le mantuvo, pudo pensar con comprensible orgullo que había contribuido al adelanto de la ciencia y profesión farmacéutica española.

### III. ENRIQUE MOLES, ORGANIZADOR

FERNANDO VELASCO CORRAL  
Doctor en Ciencias Químicas

Ha sido una fortuna para mí poder tratar de Moles como organizador, faceta que siempre llamó mi atención de figura tan destacada de la Química española. Y subrayo española porque, junto a su capacidad para la organización, se destaca su gran patriotismo, puesto de manifiesto en múltiples ocasiones y con resultados dramáticos para él, y que resultaron una gran pérdida para la Química universal, cuando en 1941, desoyendo otros consejos y a pesar de ofertas muy ventajosas, desde París decide regresar a Madrid, voluntariamente, para contribuir a la restauración de su patria, al tiempo que aconseja a cuantos colaboradores puede que hagan lo mismo, como al profesor Pérez-Vitoria, que, para su bien, no siguió tales consejos.

El resultado fue cambiar el «wagon-lit» francés, al llegar a la frontera, por la conducción entre dos guardias civiles en tercera clase hasta la prisión de Madrid. Resultando una pérdida para el mundo de un estipendio investigador, profesor y organizador.

Su patriotismo no era el de ensalzar todo lo español a troche

y moche, sino en esforzarse por todos los medios, como investigador, profesor y organizador, a elevar el nivel de la Química en España, y también a hacérselo saber al mundo entero. La manera más eficaz de servir a su país y, justamente la eficacia, fue su constante preocupación.

Cuando Moles está terminando su licenciatura en Farmacia, aparece un cierto despertar de la Ciencia en España (inquietudes de la generación del 98 a la que en rigor pertenece). En 1903 se crea la Sociedad Española de Física y Química, presidida por don José Echegaray. En 1906 conceden a Cajal el premio Nobel, según es bien sabido, y se crea la Sociedad Española para el Progreso de las Ciencias. Un año después se crea la Junta para Ampliación de Estudios y los Laboratorios de Investigaciones Físicas o del Hipódromo, que dirige el profesor Cabrera.

Al regreso de un viaje a Leipzig, donde, becado, ha estudiado la Química-Física, entra Moles en estos laboratorios como docente para explicar dicha disciplina, nueva en España, y crea su primer grupo de alumnos-investigadores. Por entonces es admitido como socio de número de la Sociedad Española de Física y Química, donde habría de desarrollar, a lo largo de los años, su capacidad de organizador.

Ya el primer año es nombrado vocal y encargado de los resúmenes de trabajos extranjeros. Su viaje a Ginebra, donde permanece dos años, interrumpe esta labor, pero desde allí envía sus propios trabajos, y otros del profesor Guye, para los *Anales*, demostrando su interés. Al regreso de este viaje, sus asuntos familiares y otros le mantienen relativamente alejado de los *Anales*, donde apenas publica seis trabajos en tres años, bien que suficientemente importantes para que su proyección internacional alcance cotas muy significativas, tanto que la recién creada Unión Internacional de Química propone a Moles para formar parte de la Comisión Internacional de Pesos Atómicos, en la que, andando el tiempo, llegaría a ser secretario, y solicita, al mismo tiempo, un informe científico a la Sociedad Española de Física y Química.

Esto pone a Moles en movimiento, redacta el informe, que es enviado sin más consulta, y se nombra la Comisión Nacional de Pesos Atómicos, y Moles es su secretario. Coincide esto

con un bache dentro de la Sociedad Española, se habla de «pereza epidémica», hay pocos originales para los *Anales*, que se publican con un considerable retraso. Moles solicita una reunión extraordinaria en la que defiende todas las propuestas que se acuerdan. Entre ellas está la creación de la Federación Española de Sociedades Químicas, y, sobre la marcha, se nombra el Consejo de Dirección, en el que Moles es Secretario, y en la misma se nombra un redactor-jefe de los *Anales*, que recae en Moles.

En ese verano de 1922 realiza una labor portentosa, pone al día la publicación de los *Anales* y lanza un número extraordinario dedicado a Ramón y Cajal. A partir de aquí su protagonismo es incontenible, pasa de vocal a vicepresidente, presidente y secretario sin abandonar en ningún momento la Junta Directiva, hasta que después de la guerra civil fue expulsado de la Sociedad Española junto a otros relevantes investigadores.

El auge alcanzado se pone de manifiesto con ocasión del 25 aniversario, y dos años después en la primera reunión nacional, verdadero Congreso Nacional de Química que se celebra en Sevilla en 1930.

Los *Anales* tienen ya una proyección internacional y se codean con las revistas más prestigiosas. Moles señala que su publicación, de la que continúa como redactor-jefe, es tan puntual como las del *Berichte* alemán o el *Journal* americano, sobrepasando a las revistas inglesas y francesas. Su volumen aumenta sin cesar y se duplica en sólo dos años. Se intercambia con las revistas de mayor importancia (Moles cita 17) y en el reciente Congreso de Sociedades Suramericanas de Química se ha propuesto que se declaren los *Anales* la publicación oficial de aquellas asociaciones.

Moles presenta una curva del número de socios que, a partir del año 1920, adquiere una configuración exponencial y llega en 1930 al millar de asociados, cifra considerada poco antes como casi imposible, y vaticina que espera pronto alcanzar el número, que califica de saturación, de 1.500, la misma proporción, respecto al número de habitantes, que en Alemania o Suiza.

Su afán organizador sueña con impulsar la colaboración

Universidad-Empresa, y a ello dedica un largo discurso analizando y comparando las condiciones de nuestro país con los extranjeros por él visitados, estableciendo los pasos a dar para tan importante logro, con los beneficios que de ello podrían derivarse, y esto en 1930.

En el siguiente Congreso Nacional el profesor Bermejo, a la sazón Presidente de la Sociedad, dice: «... su actividad, su amor a la Sociedad y su calidad de *organizador* hacen que ésta marche con paso firme y que nuestros *Anales* figuren a la vanguardia de las revistas científicas».

Coincidimos plenamente con el doctor Berrojo cuando en estupenda tesis sobre Moles opina: «Moles era un organizador nato, incluso a su pesar, un hombre que con su tenacidad y su capacidad de trabajo se lanzaba a organizar, reformar y mejorar cuanto estaba a su alcance».

Puede decirse que era, en cierto modo, un perfeccionista; perseguía con empeño la última decimal y, como ocurre a estas personas, no perdonaba los errores, fueran propios o extraños. Estaba presto a corregir los suyos sin importarle el esfuerzo y esperaba lo mismo de los demás; por ello pide, urge, presiona y, finalmente, se adapta a lo que tiene, supliendo con su labor la falta de medios, a los que a veces renuncia de antemano, pero tratando de conseguir siempre los mejores resultados. Así, cuando en los Estados Unidos asiste a la Asamblea del cincuenta aniversario de la «American Chemical Society», donde presenta varias comunicaciones y visita diversos laboratorios, comenta que la abundancia de medios es abrumadora, pero los resultados, con ser muy buenos, no se corresponden con ellos.

Paralelamente a su labor en la Sociedad Española de Física y Química, Moles asiste a todas las reuniones de la Unión Internacional de Química, para cuya Comisión de Pesos Atómicos había sido nombrado vocal. En la novena reunión, en 1928, pide que se considere al español idioma oficial de la Unión, y cuando se expone la idea de celebrar un Congreso Internacional, primero después de la guerra europea, no duda en ofrecer España y Madrid como sede del mismo. Ello dio lugar a un incidente, cuando alguien se levantó para preguntar «si habría en Madrid salas suficientes y bastantes proyectores para

que pudieran celebrarse las reuniones científicas», a lo que, con la contundencia que le caracterizaba, contestó Moles: «y, además verán a las gentes vestidas con chaquetas, como estamos aquí, hay tranvías por las calles, pero no verán a nadie en taparrabos».

Finalmente consigue que sea Madrid la sede del noveno Congreso, a celebrar en 1932, así como la decimoprimer conferencia de la Unión. Estos no tuvieron lugar hasta el 4-11 de abril de 1934, aplazados a petición extranjera a causa de la crisis mundial del 29. A pesar de que la crisis no mejoró el desarrollo del Congreso, fue un completo éxito y una muestra más de las facultades de organizador de Moles, sobre quien, como secretario, recayó todo el peso.

Asistieron 1.200 congresistas, se celebraron cinco conferencias generales y 19 más seguidas de discusión. Se presentaron 274 comunicaciones en siete grupos, con sus mesas, moderadores y secretarios. Durante el Congreso, la Universidad otorgó el título de *Doctor honoris causa* a ocho profesores extranjeros. La Academia de Ciencias nombró a 11 académicos correspondientes. El Gobierno otorgó diversas condecoraciones a otros 11, y la Sociedad Española de Física y Química nombró a siete socios de honor. Actos realizados con la solemnidad apropiada y numerosa asistencia.

Al mismo tiempo tenían lugar las sesiones de trabajo de la Unión Internacional de Química, tomando importantes acuerdos extraordinarios, como reorganización de comisiones, creación de una oficina internacional en París, y acordando las próximas reuniones de la Unión y del décimo Congreso, éste a celebrar en Roma en 1938. Como es de rigor, hubo simultáneamente numerosos actos sociales, recepciones y excursiones, no faltando el programa especial para acompañantes.

El éxito es completo y el Presidente del Congreso, don Obdulio Fernández, se congratula de ello, y en el discurso de clausura dice: «se debe a la labor del Comité formado por los señores Moles, del Campo y Giral»; el profesor Mark, de Viena, dice: «ha sido para mí motivo de gran admiración el desarrollo del Congreso y la desbordante actividad de Moles»; y Moles mismo declara: «es de notar que no hayamos necesitado de "especialistas de Congresos" con el concurso de mis



Foto 3.—Primera reunión científica —dedicada a la Química— en la U. I. V. de Santander (agosto de 1933). De izquierda a derecha: sentados, los tres Premios Nobel F. Haber y R. Willstätter (Alemania) y H. v. Euler (Suecia), E. Billmann (Dinamarca), E. Cohen (Países Bajos), N. Parravano (Italia), C. Matignon (Francia), E. Hauser (Madrid) y F. Fichter (Suiza); segunda fila: señora Cohen, señora Ribas, señora Seidell, señora Calvet, señora Del Campo, G. Barger (Gran Bretaña), señora Del Fresno, J. Gérard (Francia), P. E. de Berredo Carneiro (Brasil); tercera fila: F. Calvet (Santiago de Compostela), A. del Campo (Madrid), A. Pérez-Vitoria (Madrid), E. Moles (Madrid), C. del Fresno (Oviedo), A. Madinaveitia (Madrid), I. Ribas (Salamanca) y A. Seidell (Estados Unidos).



compañeros de Comité y, sobre todo, el esfuerzo abnegado de las muchachas y muchachos discípulos nuestros no hubo obstáculo invencible». Es evidente que detrás de todos ellos estaba el organizador nato.

En muchas ocasiones se puso de manifiesto su capacidad de organizador. Mencionaremos muy brevemente, por ejemplo, la reunión científica que tuvo lugar en la Universidad Internacional de Verano de Santander en 1933 (foto 3). Aprovecha Moles la ocasión de haber sido nombrado miembro del Patronato de dicha Universidad para organizar esta reunión, a la que consigue atraer a los más destacados especialistas, entre ellos a tres premios Nobel, con un éxito superior al previsto, y que le sirvió eficazmente para perfilar aspectos del Congreso que ya estaba organizando.

Interviene decisivamente en la construcción del Instituto Nacional de Física y Química, Rockefeller, cuyo cincuenta aniversario hemos celebrado aquí mismo el año pasado. Es él, junto al profesor Catalán y los arquitectos del proyecto, quienes recorren en viaje de estudios los principales laboratorios europeos, resultando de ello unas instalaciones modélicas.

No me toca a mí hablar de su actividad organizadora en la enseñanza, donde tiene un papel muy importante, así como en la construcción de la Ciudad Universitaria. Moles organiza hasta sin querer; así, por ejemplo, cuando critica la traducción del *Ephraim* por Sureda Blanes, trata de organizar al editor diciendo: «queremos aconsejarle que haga siempre revisar los textos traducidos por un colega del traductor, para que pueda notar los pequeños defectos que necesariamente se producen».

La guerra civil le sorprende en Madrid y organiza la defensa del Rockefeller y laboratorios de la Universidad buscando los apoyos necesarios, consiguiendo que resultaran indemnes. Muy pronto es evacuado a Valencia, separado de sus laboratorios y colaboradores, y ya avanzada la contienda, en 1938 acepta el nombramiento de Director de Pólvoras y Explosivos, esforzándose por salvar de la destrucción indiscriminada cuantas instalaciones pueda.

En lo que respecta a sus posibilidades de organizador, en realidad todo terminó, para Moles y desgracia de España, al

estallar la guerra civil en 1936, cuando tiene cincuenta y tres años y le quedan aún diecisiete largos años, que pudieron haber sido los más fecundos de su vida.

#### IV. ENRIQUE MOLES, PROFESOR

ANGEL VIÁN ORTUÑO  
Catedrático de Química industrial

En diez minutos debo dibujar el perfil profesoral de don Enrique Moles, ilustre maestro, cuya vida y obra un grupo de sus fieles quisiéramos ganar para la historia de la Ciencia y de la Universidad españolas.

Vivida con plenitud, la vocación de maestro es envolvente, absorbente y excluyente. Como de la religiosa, se ha dicho que «imprime carácter». Cuando esa vocación encarna en persona activa, enérgica y sana, es inevitable que el carácter se proyecte hacia la acción, y cuando esa acción encuentra obstruido el camino hacia las metas de eficacia que se imaginan posibles o que consta que lo son, porque lo son en otras latitudes, el maestro tiene que enfrentarse con la necesidad de ser reformador. Fue el caso de Moles: vocado, activo, sano, conecedor del ancho mundo químico... y reformador.

La glosa de tan compleja labor ha de dirigirse en estos casos más hacia *cómo* nuestro protagonista decía y hacía las cosas, que hacia las cosas *que* hacía o decía; porque, en cuestiones de magisterio, lo dicho o lo hecho está tan impregnado por la personalidad del actor —llamémosle «carisma», con vocablo muy de ahora— que su mayor o menor intensidad define el rendimiento y la estela de su obra mejor que cualquier otra cualidad.

Don Enrique llegó a la cátedra de Química inorgánica de la Universidad madrileña a sus cuarenta y tres años. Para entonces había ejercido la enseñanza en la Junta de Ampliación de Estudios y la Facultad de Farmacia, como auxiliar, y conocía al día el estado de su ciencia en el mundo, pues se había doctorado en Leipzig y en Ginebra, y había sido profesor en esta última, aparte otras estancias docentes en Baltimore, en

Zurich y otras universidades, más su pertenencia a numerosas academias y sociedades químicas europeas y americanas.

Su llegada a la Facultad de Ciencias fue el comienzo de su gloria profesional y también de su calvario. Por lo pronto, llegó con ruido. En la oposición se enfrentó Moles con otro peso pesado, y el tribunal debió pasar no pocas perplejidades. La votación hubo de realizarse tres veces. En la primera, dos votos fueron para un opositor, y los otros dos para el otro; igual ocurrió en la segunda. En la tercera, última reglamentaria, los cuatro votos (Casares, del Campo, Jimeno y Ladreda) fueron para Moles. No había quinto voto, pues un vocal (don Paulino Savirón) había cesado por enfermedad. El «respetable» acogió el fallo con división de opiniones; hubo ruidosas expresiones de disconformidad y hasta se cruzaron algunas bofetadas. Era el 27 de abril de 1927. En España gobernaba don Miguel Primo de Rivera.

Esperaban a don Enrique en la Sección de Química otros dos catedráticos: don Luis Bermejo (Orgánica) y don Angel del Campo (Analítica). Había entonces sólo dos laboratorios: uno en San Bernardo, en el jardín; el otro, en el Museo Antropológico, a distancia de muchos tiros de piedra.

La incorporación de don Enrique a la Sección de Químicas de la Facultad de Ciencias debió ser un revulsivo para la larga resignación de sus otros dos colegas, pues el triunvirato modificó enseguida el plan de estudios, dando entrada, entre otras muchas novedades, a la enseñanza de Química física, que don Enrique había comenzado a profesar en España doce años antes, al amparo de la Junta de Ampliación de Estudios. Al acogerla la Universidad, la Junta suprimió su enseñanza, con lo que aparece claro que los planes de la Junta no pretendían suplantarla a la Universidad, sino dinamizarla.

El nuevo plan imponía el necesario complemento experimental en la enseñanza de la Química. Y esto sí que era revolucionario en España. Sin embargo, hubo suerte y se consiguió enseguida. En la esquina de las calles de San Bernardo y Reyes se estaba obrando para instalar allí con mayor holgura los servicios administrativos de la Universidad. Moles se presentó en las obras, cinta métrica en mano, y al poco preparó un destino distinto para aquellos locales: laboratorios de la Sección de

Químicas. Se dice que don Enrique llegó a amenazar al Ministro con el escándalo de renunciar a la cátedra si se posponía la enseñanza experimental a la expansión burocrática.

El pleito lo ganó la Química, tanto por el peso de los argumentos como porque, entretanto, fue elevado uno de los catedráticos, don Luis Bermejo, a rector de la Universidad.

El edificio quedó perfecto: fue preparado para que destacara por su sobriedad, limpieza, silencio, orden... Había que cambiar la mentalidad del estudiante. Quizás sea un índice de las novedades externas el hecho de que la puerta de acceso, por San Bernardo, fuera giratoria y los suelos de madera noble o de linóleo, y siempre se veían encerados cuidadosamente. Estos refinamientos resultaban heteróclitos en el ambiente estudiantil del Madrid del 28, muy próximo todavía al mundo de aventuras descrito por Pérez Lugín en su *Casa de la Troya*. En todo caso, «los de ciencias» presentaban un estilo que permitió el ensayo y el éxito.

El efecto del primer encuentro en aquel ambiente y con aquel profesor y su liturgia era imborrable, por su ruptura con todas las normas al uso: la puerta del aula se abría a la hora en punto, entrábamos los doctores y ante nuestra vista atónita aparecían dos encerados previa y pulcramente grafiados por don Enrique; allí estaba el programa, el guión, los gráficos, la bibliografía y otros datos de la lección del día, que debíamos copiar en un cuarto de hora, pasado el cual entraba en el aula el autor de aquella ilustre pirotécnica preparatoria. Era entonces don Enrique un hombre fuerte, de buen parecer, vestido con sobriedad elegante y sin otra demasía que unas patillas de pico chocantes por su infrecuencia. Solía cubrirse con bata muy larga, cruzada, hecha a medida y de corte personalísimo.

Su dicción era cuidadosa y clara, la voz agradable, el tono convincente. Una licencia frecuente en él era la pronunciación exagerada de las esdrújulas y sobreesdrújulas que daba a las frases un gracioso tono suspensivo y un colorido singular.

Al principio, toda esta parafernalia embargaba un poco y desconcertaba más. Pero pronto se entraba en situación, porque las explicaciones no eran nada farragosas y los conceptos aparecían bien tratados y jamás perdían el sentido del algo que

era el claro argumento de la lección, de manera que la clase, como conjunto, resultaba un ejercicio de consecuencia y cada pasaje aparecía lógico, natural y tan evidente y necesario que cuando ya se andaba entrado en materia, uno asimilaba aquello pensando que si no lo hubiera descubierto otro lo hubiera alumbrado uno mismo. Después, con el tiempo, se llegaba a la conclusión de que aquella facilidad era sólo aparente y tenía más del arte inductivo del buen maestro que de listura propia; y que la brevedad de los programas, además de un acicate, no era sino traducción de la capacidad de síntesis de don Enrique y una muestra de su generosidad académica, pues renunciaba a apabullarnos con su amplísima erudición para librarnos del empacho y la utopía de empollarse el *Ephraim*. La clave de su acierto expositivo estaba en el uso de la tabla periódica larga como base de la presentación de la Química inorgánica, didáctica anticipada y fecunda, como el tiempo ha demostrado.

Las prácticas —ya se ha dicho— adquirieron especial importancia. Se extendieron a todas las asignaturas con análogo rigor. Don Enrique nos imponía construir por nosotros mismos la mayor parte del utillaje. «El hombre de laboratorio debe ser capaz de limar con una sierra y de serrar con una lima»; era una frase, me parece que de Bunsen, que don Enrique hizo suya.

El profesor Moles introdujo otros importantes usos didácticos: uno eran *los coloquios*, reuniones donde un alumno ponente exponía un tema y todos —todos los que se atrevían— intervenían sobre la cuestión. Siempre bajo la impresionante presidencia de don Enrique y con participación de los ayudantes. Otra novedad fueron las *reválidas experimentales*. Las que se hacían con Moles eran una introducción al tema de tesis doctoral; por eso se publicaban frecuentemente en los *Anales*, pues solían tener originalidad bastante. Resultaban muy largas. La mía —si se me permite la referencia personal— me llevó casi tres años, pero tenía conclusiones originales para bastar como tesis a muchas escuelas de ayer y de hoy.

Otra preocupación suya fue la perfección del conocimiento de *los idiomas*. Consiguió que ya en la carrera fuéramos capaces de *hacer una bibliografía competente* interpretando textos de revistas y libros ingleses, alemanes y franceses.

La apertura de horizontes emprendida por Moles para la Química española no podía dejar de participar de su experiencia alemana, país en el que la Universidad había sido el motor de un desarrollo químico-industrial —colorantes, medicamentos, explosivos, fertilizantes, etc.— que en cincuenta años había llevado a Alemania a la situación de líder del mercado químico en el primer tercio del siglo. Quiso crear la especialidad químico-industrial en 1932, y no lo logró, de momento, por la fuerte oposición del sector ingeniero, al que se unió, con evidente torpeza, la F.U.E. de Ciencias. Yo fui, con otros compañeros de curso, testigo presencial del enfrentamiento dialéctico de Moles con los huelguistas que no consiguieron, como era natural, sumarnos a su huelga en contra de los intereses de la Sección de Químicas. Digamos que la especialidad se logró después y a nivel doctoral, en 1944. Pero ya no la viviría don Enrique.

Su magisterio cesó al iniciarse la guerra civil, y no lo recuperó más. La guerra aventó a su escuela; de los veintitantos colaboradores que le seguían en 1936 sólo tres lograron cátedra, pues el ambiente era poco propicio para intentarlo. Y aun así, de esos tres sólo uno llegó a profesar en la materia propia de la escuela —por la bonhomía de don Emilio Jimeno, sin duda—. De los otros dos, uno profesó por Historia de la Farmacia y el otro por Química industrial. Hoy ya sólo queda este último en activo.

Por fortuna, la obra profesoral de Moles ha dejado unos resultados que desbordan la sola consideración de lo que su escuela sea, porque a él se debe mucho de lo que hoy es huella permanente en los químicos españoles; aunque algunos ni lo sospechan, por haber sido excluido prematuramente de la convivencia universitaria, y por lo mismo que cuando el Duero llega alegre y poderoso al Atlántico se puede permitir la ignorancia gratuita de que todo empezó en la sierra de Urbión.

A don Enrique —para mí un regeneracionista, hijo del 98— «le dolía España» por el costado de la Universidad, que él quería científica. ¡Si viera qué lejos está todavía! Su intento y él merecieron mejor suerte. Y ya que la Historia no es reversible, por lo menos deben saber los españoles que existió este *don Enrique Moles Ormella*, catedrático de la Universi-

dad, lo que quiso hacer por una España mejor y qué hicieron de él las circunstancias. No se cumplió en don Enrique eso de que *España hace los hombres y los gasta presto*, pues se hizo solo y fuera de España, y no fue gastado, porque su talento y voluntad quedaron excluidos cuando aún tenía por delante tres lustros largos de maduro y fecundo magisterio; muchos años, demasiados para vivir de los propios sueños.

Esos sueños suyos y el cariño de un puñado de fieles fue todo el bagaje universitario que acompañó hasta el final a quien tanto se esforzó por la universidad española.

## V. ENRIQUE MOLES, INVESTIGADOR

JUAN SANCHO GÓMEZ  
Catedrático de Química física

Enrique Moles Ormella fue insigne investigador, gran profesor y maestro de una generación de investigadores, y formó parte del selecto grupo de hombres que en el primer tercio de nuestro siglo logró, con su esfuerzo tenaz, que la ciencia española alcanzase talante europeo, ya que no cuantitativa, sí cualitativamente.

Moles era un extraordinario dibujante y en su juventud bohemia se dedicó a la pintura. Abandonó la idea de ser pintor después de una visita al Museo del Prado, al no sentirse capaz de llegar a la genialidad de un Velázquez o de un Goya. Esta decisión nos ilumina una faceta importante de la personalidad de Moles: la de no emprender un trabajo para el que no esté o se sienta capacitado para alcanzar la meta final.

En el inicio de su carrera científica, en los comienzos de este siglo xx, España presentaba un retraso considerable en investigación científica con respecto al resto de Europa.

Con el propósito de obviar esta situación, se creó en 1907 la Junta para Ampliación de Estudios, que tan intensa y fructífera labor realizó para remediar el atraso de la ciencia en España. Es precisamente esta Junta la que, en 1908, concede a Moles, ya Doctor en Farmacia, una pensión de estudios para trabajar en Leipzig.

De la memoria presentada a la Junta para Ampliación de Estudios, a su regreso, recogida por Berrojo en su tesis doctoral sobre «Enrique Moles y su obra», se deduce un Moles asombrado y admirado, pero no amedrentado ante la relevancia de la investigación científica en Alemania. Su talante queda patente en un párrafo de esta memoria, en el que, entre las dificultades encontradas en su labor, declara: «... pero lejos de anonadarnos por ello, antes nos parecía adquirir nuevos bríos a cada nuevo fracaso. Y es que el más negativo de los resultados tenía para nosotros algo de positivo, un experimento que no salía bien nos hacía ver los defectos de lo hecho y lo que era conveniente hacer, nos daba, en fin, ideas nuevas. Además los fracasos repetidos aumentan la tenacidad del experimentador, fortalecen su voluntad para llegar al éxito». Durante toda su vida mantuvo Moles esta fortaleza de espíritu, alimentada sin duda por el recuerdo de su infancia, cuando a la cabecera de su cama de convaleciente, su hermano mayor Juan, le leía a Séneca. En sus dos años de estancia en Alemania tuvo ocasión de iniciarse en una nueva rama de la ciencia desconocida en España: la Química física. Le causa gran impresión la complejidad y fragilidad de los aparatos utilizados, lo que haría necesaria la ayuda frecuente del soplador de vidrio o del mecánico para las reparaciones. Pensando que al regreso a España no iba a encontrar estas facilidades de infraestructura, aprendió a trabajar el vidrio, a soldar y a torneear. De aquí provenía su preocupación por dotar a los centros españoles, en que luego desarrolló su labor, de eficaces talleres de todo tipo. Las instalaciones del Instituto Nacional de Física y Química (Rockefeller) fueron la consecuencia feliz de esta preocupación.

De vuelta a España, y en los laboratorios de la Junta para Ampliación de Estudios, en Madrid, publica Moles una serie de trabajos sobre el cloruro de cromilo, así como acerca de constantes y disolventes en ebulloscopia y crioscopia, simultaneando esta labor con su colaboración en los trabajos que sobre Magnetoquímica dirigía don Blas Cabrera.

En 1915 inició Moles su trabajo en el laboratorio de Química física, que el profesor Guye dirigía en la Universidad de Ginebra. Esta estancia, que se prolonga dos años largos, fue

decisiva en la vida científica de don Enrique. La tesis que sobre «Revisión del peso atómico del bromo. Determinación de la densidad normal del gas ácido bromhídrico» presentó en 1916, le sirvió para obtener el grado de Doctor en Físicas por la Universidad de Ginebra, y es el primer hito de una larga serie de trabajos que habrían de llevar a Moles a ocupar un puesto preeminente en el mundo científico de su época. El profesor Guye, apreciando el talento, actividad y entusiasmo de su colaborador, le había apoyado para la dispensa de todas las exigencias administrativas requeridas en aquella Universidad. El convencimiento de Guye del valor de Moles le facilitó su habilitación como «Privat docent», y su nombramiento como asistente de Química teórica. Luego propuso su nombramiento como profesor de Química física en las Universidades de Baltimore y Zurich. El patriotismo de Moles le hizo rechazar estas ofertas, pues su deseo era trabajar en y por su patria.

La escuela de Guye, que continuó luego Moles en Madrid, defendía la tesis de que los valores de los pesos atómicos de los halógenos, así como los del nitrógeno, carbono y azufre, obtenidos por métodos físico-químicos, la determinación de la masa del litro normal del compuesto gaseoso, en este caso, son más fiables que los obtenidos por los métodos químicos clásicos.

Los métodos físico-químicos se caracterizan por dar valores directamente relacionados con el del oxígeno, que era el patrón entonces establecido, mientras que los métodos químicos tienen como patrón secundario a la plata y se requiere el conocimiento de otros valores auxiliares.

Aunque el ánimo inquisitivo de Moles le lleva a tratar diversos temas, su labor investigadora, de regreso en Madrid, queda definitivamente ligada al campo de los pesos atómicos, donde dentro de una programación seria de largo alcance, logra resultados importantes con técnicas experimentales de gran dificultad, utilizando un gran rigor científico en la interpretación de los resultados.

Con sus métodos de alta precisión fue determinando Moles los pesos atómicos del flúor, bromo, iodo, oxígeno, nitrógeno, azufre, sodio, argón, etc., y sus valores fueron, en la mayor

parte de los casos, aceptados por la Comisión Internacional de Pesos Atómicos e incorporados a la Tabla Internacional.

Este tronco principal de investigación, el de los pesos atómicos, se desarrolla con dos preocupaciones fundamentales: la preocupación química y la preocupación física. Esto lleva a Moles a emprender una serie de investigaciones colaterales imprescindibles.

La preocupación química le lleva a realizar trabajos sobre la obtención de sustancias muy puras y el estudio de agentes desecantes para gases, que concluirían en importantes estudios sobre sales hidratadas.

La preocupación física le hizo estudiar correcciones tales como la causada por la contracción de los materiales vacíos y la debida a la adsorción de gases por las paredes de vidrio de los matraces, así como hizo necesario desarrollar nuevos artificios para aumentar la precisión en las medidas de presión.

La serie de trabajos acerca de las densidades-límite de los gases, sobre la base de que todos los gases presentan la densidad como función lineal de la presión, es fundamental en la labor de Moles. Al relacionar directamente las densidades-límite del gas problema y del oxígeno, obtenidas ambas por el mismo operador y en el mismo aparato, se elimina la necesidad del conocimiento de magnitudes absolutas. Importa únicamente conocer con toda exactitud: presión, temperatura, peso del gas y corrección de adsorción.

Cerca de 70 publicaciones de trabajos experimentales sobre determinaciones de pesos atómicos y más de 125, incluyendo otros relacionados directamente con estas determinaciones, da idea de la labor realizada.

En la labor científica de Moles no hay que olvidar aquí las revisiones críticas sobre los pesos atómicos de diversos elementos, de gran relieve internacional, que le llevaron, junto con su prestigio de investigador, a ser designado miembro de las Comisiones Internacionales de Pesos atómicos, de la que fue Secretario, y de la de Patrones Químico-físicos; así como de la de Nomenclatura química y de la de Tablas de constantes. Entre las revisiones críticas, merece mención especial la publicada en 1935 acerca del peso atómico del hidrógeno, que difiere según sea éste obtenido por vía química o por vía elec-

trófica. En este último caso, el valor encontrado para el peso atómico del hidrógeno resulta notablemente inferior al obtenido con hidrógeno preparado por vía química. Esta diferencia la atribuye Moles al hecho de la no existencia de deuterio en el hidrógeno electrolítico.

La necesidad de disponer de productos muy puros en las determinaciones de pesos atómicos dio lugar a una serie de numerosos trabajos, algunos de los cuales se refieren a la síntesis de sustancias de difícil obtención y cuyas referencias bibliográficas mostraban profundas discrepancias. La mayor parte de estos trabajos relacionados con la obtención de sustancias muy puras se dedican a estudiar la descomposición térmica de sales hidratadas, una especie de análisis térmico diferencial rudimentario.

Otro tema de investigación, en el cual Moles desarrolló una amplia labor, fue el referente a disoluciones y disolventes. Desde solubilidades de gases en diversos disolventes y mezclas, hasta estudios sobre las propiedades de un disolvente particular, fueron objeto de su atención.

Más de 260 trabajos de investigación publicó Moles, bien con su sola firma o acompañado por alguno de sus colaboradores. Muchos trabajos hay, firmados solamente por éstos, en los que hacen notar que han sido dirigidos por Moles. Una verdadera escuela investigadora se había formado, y en 1936 estaba madura para los mejores logros. Don Enrique volcó en su labor investigadora su gran poder organizador, su enorme entusiasmo, su inagotable energía, su vastísimo saber, su enorme ingenio y su gran inteligencia. Su espíritu crítico le llevaba a no considerar nunca una obra terminada, y siempre la creía susceptible de perfeccionamiento. De aquí las aparentes repeticiones de temas con los mismos o distintos colaboradores, buscando siempre una precisión mayor, una mejora experimental o la rectificación de datos dudosos.

Su capacidad innata para la investigación queda patente en el ejercicio práctico de la oposición a Cátedra, en la que obtuvo la de Química inorgánica de la Facultad de Ciencias de Madrid. En el curso de la misma, Moles modifica sobre la marcha las técnicas clásicas existentes para la preparación de las sustancias propuestas por el Tribunal, obteniendo los pro-

ductos con un grado de pureza y de rendimiento superiores a los indicados en la literatura.

La labor investigadora de Moles se llevó a cabo en el Laboratorio de Investigaciones Físicas, los viejos laboratorios del «Hipódromo», de la Junta para Ampliación de Estudios, hasta que en 1931 se trasladó a los nuevos locales del Instituto Nacional de Física y Química (Rockefeller), en cuya construcción tan decisivamente había intervenido. Su labor se ve bruscamente interrumpida por nuestra guerra civil. Exiliado en París (1939), su enorme prestigio científico internacional permitió que fuese nombrado «Maître de Recherches» por el Centro Nacional para la Investigación Científica del Ministerio de Educación Nacional francés. El gobierno del Mariscal Petain, bajo la ocupación alemana, ratificó el nombramiento. Se le ofrecieron cátedras en Munich, Los Angeles y varias otras Universidades, pero él prefirió volver a su patria, manteniendo la misma actitud que en 1917 le hizo regresar de Ginebra.

De vuelta en España, en diciembre de 1941, se le condena a cadena perpetua y, finalmente, es puesto en libertad por sexagenario. Pero su afán investigador no ha decaído, y en las prisiones de Torrijos y de Porlier redacta varios trabajos, tres de los cuales fueron publicados en revistas extranjeras, y, una vez en libertad, desarrolla una importante labor en el Instituto de Biología y Sueroterapia, IBYS, donde había sido acogido entrañablemente, estudiando las propiedades y utilización de los peroxihidróxidos o perhidroles (foto 4).

La labor científica de Moles fue ampliamente reconocida en el foro internacional, como lo demuestran los premios Cannizzaro, Van't Hoff y Solvay, concedidos por la Accademia Nazionale dei Lincei, de Roma, y las de Ciencias de Amsterdam y Bruselas, respectivamente, así como muchas otras distinciones de diversas Sociedades científicas internacionales.

Como muestra al reconocimiento que en el mundo científico internacional tenía la labor realizada por Moles, recordamos aquí el acuerdo adoptado el 17 de diciembre de 1937 en Neuchatel por la Comisión del Instituto Internacional de Cooperación Intelectual, en colaboración con las Uniones Internacionales de Física y Química, en el que se declaraba Laboratorio Internacional al de Moles en Madrid.



Foto 4.—Moles, investigador en un laboratorio farmacéutico. 1949.



Como impulsor de la investigación, no hay que olvidar su intervención en la Sociedad Española de Física y Química, desde 1922, sacándola de un peligroso bache que atravesaba. A partir de entonces, su vinculación a esta Sociedad es total, haciendo de los *Anales* una revista con prestigio internacional, en la que exponer la labor científica española.

Fue pieza clave en las relaciones de la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada con las Sociedades científicas españolas, fruto de las cuales fue el encargo a España de organizar el IX Congreso Universal de Química Pura y Aplicada, primero después de la guerra europea, que se celebró en Madrid en 1934, y que constituyó un éxito de organización, labor llevada a cabo fundamentalmente por Moles. Sus relaciones internacionales venían facilitadas por su conocimiento de idiomas. Dominaba, aparte el castellano y el catalán, el francés, el alemán, el inglés y el italiano, y entendía el ruso y el polaco.

Noviembre de 1983.

## VI. LA QUÍMICA DE ENRIQUE MOLES Y LA POESÍA DE ANTONIO MACHADO

AUGUSTO PÉREZ-VITORIA  
Catedrático de Química inorgánica

En abril de este año, ordenaba el material destinado a una conferencia en Santander sobre el profesor Moles. Por aquellos días compré las *Poesías completas* de Antonio Machado<sup>1</sup>. Al ir las leyendo me di cuenta de una cierta correlación entre la obra de los dos hombres: a pesar de haber desarrollado sus actividades en campos bien distintos: el uno escribía, elogiaba o proponía en verso lo que el otro realizaba en su quehacer científico en prosa.

De esta coincidencia y de otras varias que omito por la limitación de tiempo, nació la idea de reunir la Ciencia y la Cultura en una breve disertación para este acto, como un ejemplo más de que a fines del siglo xx no son ya ni antagónicas, ni siquiera separables, como lo fueron durante décadas. Ac-

tualmente, como decía muy bien el buen amigo y compañero Angel Vián en una conferencia en la Universidad de México: se han impuesto profundos cambios sociales y morales, para readaptar los valores culturales de la ciencia y acompasar las ciencias humanas y la tecnología<sup>2</sup>. Yo añadiré que al considerar en permanencia los factores culturales y sociales de la actividad científica se conseguirá que las aplicaciones de la ciencia, o tecnologías, que son los únicos aspectos peligrosos del quehacer científico, dejen de serlo.

Y tras esta breve justificación del tema de esta intervención, vayamos ya con la primera de las poesías (\*) de Machado que encuentran su eco en las actividades científicas de Moles. Figura con el número XXIX de los «Proverbios y Cantares». Es una de las más conocidas, ya que se le ha puesto música y, como canción, recorre el mundo. Dice así:

### XXIX

Caminante, son tus huellas  
el camino, y nada más;  
caminante, no hay camino,  
se hace camino al andar.  
Al andar se hace camino,  
y al volver la vista atrás  
se ve la senda que nunca  
se ha de volver a pisar.  
Caminante, no hay camino,  
sino estelas en la mar.

Durante toda su vida científica, Moles dejó sus huellas en todos los puestos que ocupó. Así, hizo camino al andar:

- Con la introducción en España de la enseñanza de la Química física, en los cursos teórico-prácticos iniciados en el Laboratorio de Investigaciones Físicas de la Junta para Ampliación de Estudios, en 1911, y regularmente continuados hasta que doce años después esta materia

---

(\*) Poesías recitadas por la señorita Carmen Cabrera Navarro.

- figurara en el plan de estudios de Ciencias Químicas, en 1923;
- Al andar hizo camino, al introducir las Tesinas al final de la Licenciatura, primeras huellas estudiantiles en el camino de la futura investigación y que hoy aparecen en la senda de todos los jóvenes científicos españoles;
  - Hizo camino al andar, al recordar en su trabajo «Wolframio, no tungsteno» y más tarde en su discurso de ingreso en la Academia de Ciencias, en 1934, que el nombre de este metal debe ser el que le dieron los logroñeses hermanos Elhuyar, al descubrirlo hace ahora doscientos años;
  - No había camino en España, y lo creó al andar, para la utilización de las inmensas posibilidades pedagógicas del sistema periódico o natural de los elementos, en la enseñanza de la Química inorgánica, y creó el camino, insisto, cuando a partir del año académico 1927-1928, lo empleó regularmente como base de sus enseñanzas en los dos cursos de dicha asignatura.

En contra de lo que dice la poesía, es seguro que no volvió la vista atrás; tenía demasiados caminos que abrir y recorrer hacia adelante, para no preocuparse ya más de las sendas que inició tantas y tantas veces y en las que siempre se sintió acompañado y apoyado por los mejores, tanto catedráticos como colaboradores y estudiantes.

Esto supuso, a veces, uno o varios «enérgicos tirones», casi siempre con éxito, a los que preferían andar sólo por caminitos bien trillados, o a otros aún que deseaban no caminar ni mucho ni poco, por considerar que lo más urgente era: no cambiar nada de nada; alguno que otro, en fin, de los definidos jocosamente por Machado, en cuatro versos llenos de sabor:

—Nuestro español bosteza,  
¿Es hambre? ¿Sueño? ¿Hastío?  
Doctor, ¿tendrá el estómago vacío?  
—El vacío es más bien en la cabeza.

En otra serie de sus «Proverbios y Cantares», dedicados éstos a otro eminente español, José Ortega y Gasset, dice Machado:

Despacito y buena letra:  
el hacer las cosas bien  
importa más que el hacerlas.

Tan sabio proverbio, lo aplicó Moles desde época temprana de su vida. Siendo aún adolescente dibujaba y pintaba, su porvenir artístico era prometedor. Pero al llegar a Madrid, con sus veinte años, para iniciar el Doctorado en Farmacia, se precipitó a visitar el Museo del Prado. Al admirar allí las obras maestras expuestas, especialmente las de El Greco, vio lo que era pintar bien y, creyendo que no llegaría nunca a ese nivel, allí terminó el pintor Enrique Moles.

Al firmar las oposiciones a la cátedra de Química inorgánica, no se limitó a presentarse con el indispensable Doctorado, sino con cuatro: en Farmacia y en Ciencias Químicas de Madrid; en Ciencias Físicas, de Ginebra, y otro de Ciencias Químicas, de Leipzig. Los consiguió despacito, como recomienda el poeta, de 1906 a 1922, y los debió trazar con buena letra, ya que en todos ellos tuvo la máxima calificación.

Y despacito, pero con qué seguridad y con qué buena letra se preparaban y llevaban a cabo las investigaciones con Moles: bibliografía completa, bien consultada, bien ordenada; resultados comprobados y precisos. Así, las sucesivas revisiones y mejoras en las ultraprecisas determinaciones de pesos atómicos, fueron un fruto más de su permanente deseo de hacer las cosas mejor que bien, y no consecuencia de críticas justificadas de otros investigadores. Estoy pensando en los que determinaban los pesos atómicos por métodos químicos, que examinaban con el máximo rigor los resultados siempre impecables de Moles y sus colaboradores.

La obsesión de la buena letra, del bien hacer, se extendía también a todos los detalles relacionados directa o indirectamente con la investigación. Así, como lo recuerda Carlos Nogareda en su libro-homenaje<sup>3</sup> a Moles: los voluminosos aparatos de vidrio (foto 5) empleados a menudo en las investiga-

ciones en Químicas física e inorgánica, tenían que estar montados con rigor geométrico, tanto en sus distintos elementos como en las soldaduras; el ángulo recto de los codos debía medir, precisamente, 90°, ni uno más ni uno menos, precisión que Moles comprobaba, dice Nogareda, a simple vista, como si tuviera en sus ojos un goniómetro, un nonius, un nivel y una plomada. Así de bien hacía las cosas Moles, y ahí están como muestra permanente de su buen hacer, más de 260 trabajos de investigación.

Volvamos a Machado para citar un poema que figura con el número IX, poema que si mi hija hubiera estado presente en el homenaje hubiera recordado ciertamente, ya que de ella lo aprendí cuando cursaba el español en sus estudios de bachillerato en Francia:

La plaza tiene una torre,  
 la torre tiene un balcón,  
 el balcón tiene una dama,  
 la dama una blanca flor.  
 Ha pasado un caballero  
 —¡quién sabe por qué pasó!—,  
 y se ha llevado la plaza,  
 con su torre y su balcón,  
 con su balcón y su dama,  
 su dama y su blanca flor.

Moles tenía una cátedra, en la cátedra había unos laboratorios, los laboratorios tenían un grupo importante de colaboradores; tenía un sillón en la Academia de Ciencias; era Secretario general de la Sociedad Española de Física y Química, que tenía muchos socios, socios que tenían una magnífica revista, tenía, tenía...

No pasó un caballero, como en la poesía, sino los cuatro jinetes del apocalipsis de la guerra, quién sabe por qué pasaron, pero, como en la poesía, se llevaron la cátedra y el Rockefeller, con sus laboratorios y sus colaboradores, con sus colaboradores y sus pesos atómicos; y la Academia, con su sillón y su medalla; y la Sociedad, con sus socios y su revista...

Y, después de haberlo perdido todo, quedó sólo Enrique

Moles, el Hombre (con una H mayúscula), Hombre al que se refería Antonio Machado por boca de Juan de Mairena, diciendo: «Por mucho que un hombre valga, nunca tendrá valor más alto que el de ser hombre»<sup>4</sup>. Y como Moles valía mucho y era, además, Hombre (insisto, con H mayúscula), solo y privado de todo lo que componía su vida científica e incluso su libertad, continuó trabajando. En la cárcel, primero, donde fue recluso tras ser condenado víctima de una serie de persecuciones y procesos contradictorios en sus resoluciones de los que más vale no hablar. Y allí, en las prisiones de Torrijos y Porlier de Madrid, preparó cinco trabajos, de los que tres fueron publicados en el extranjero, naturalmente. Cuando quedó en libertad y fueron cancelados todos sus antecedentes penales —pero sin ser reintegrado en ninguno de sus puestos científicos— trabajó durante diez años en los laboratorios IBYS, volviendo así a la investigación farmacéutica, alternando con viajes al extranjero. Participó en reuniones científicas, entre ellas las de la Comisión Internacional de Pesos Atómicos, de la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada, en la que era Secretario-Ponente; conferencias en las Sociedades Químicas de Francia<sup>5</sup> y de Bélgica o en la Universidad de La Habana, precisamente en la Facultad y en la Academia de Farmacia, en 1951, que fue ya su última salida al extranjero.

Fue una víctima más de la maldición tan magistralmente descrita por Machado en los cuatro últimos versos, tan conocidos, del poema LIII, de «Proverbios y Cantares», que dice así:

Españolito que vienes  
al mundo, te guarde Dios  
Una de las dos Españas  
Ha de helarte el corazón.

Y a Enrique Moles Ormella le helaron el corazón de muchos modos y maneras. Ninguno tan eficaz como el privarle de trabajar en su laboratorio, de sus colaboradores, de sus investigaciones químicas. Por eso, a pesar de su fortaleza y de su enorme fuerza de voluntad y con plenas facultades creativas, con el corazón helado, el cerebro debía fallar, y así fue, pues falleció víctima de una trombosis cerebral. Era el 30 de marzo

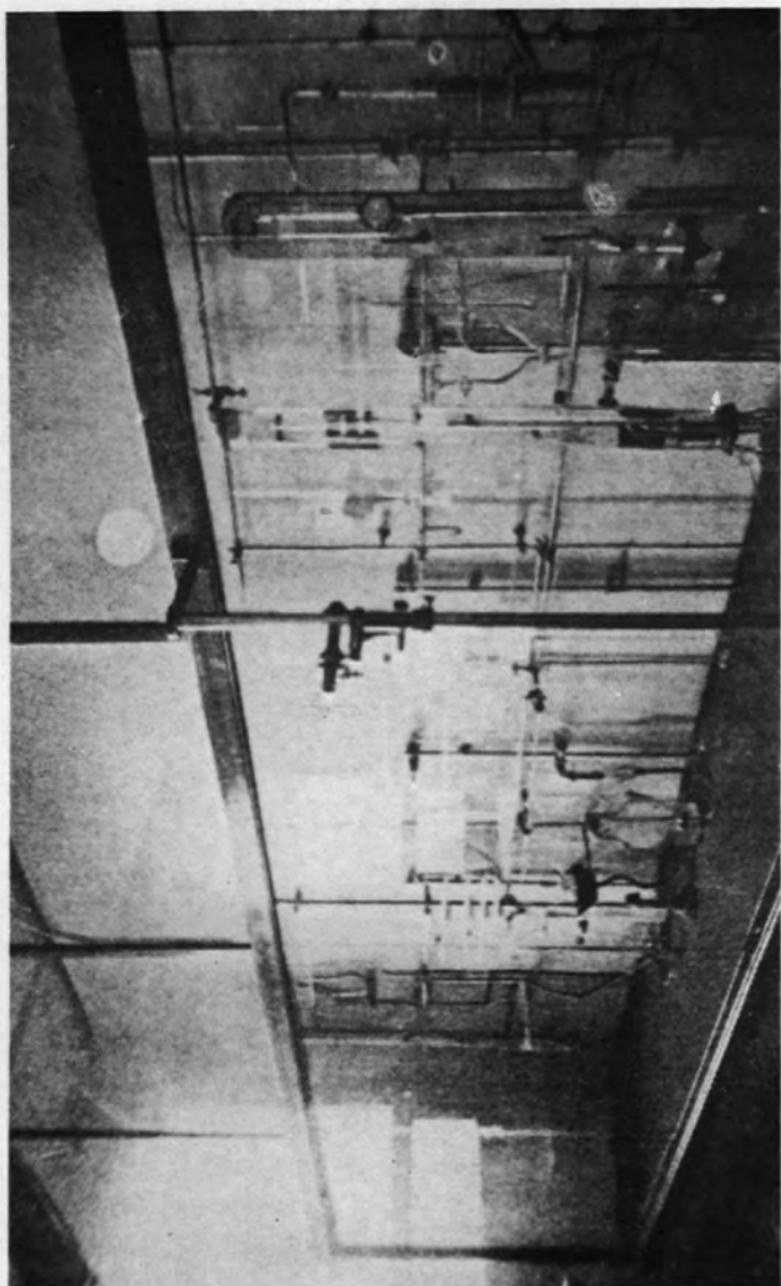


Foto 5.—I. N. F. Q. Una instalación para gases.



de 1953. Si Antonio Machado hubiera vivido ese 30 de marzo, hubiera dedicado al maestro Moles unos versos muy parecidos a los que figuran —núm. CXXXIX— en la poesía que inicia el capítulo ELOGIOS, dedicados en febrero de 1915 al Maestro Francisco Giner de los Ríos, en estos términos:

Como se fue el maestro,  
 la luz de esta mañana  
 me dijo: Van tres días  
 que mi hermano Francisco no trabaja.  
 ¿Murió? ... Sólo sabemos  
 que se nos fue por una senda clara,  
 diciéndonos: Hacedme  
 un duelo de labores y esperanzas.  
 Sed buenos y no más, sed lo que he sido  
 entre vosotros: alma.  
 Vivid, la vida sigue,  
 los muertos mueren y las sombras pasan,  
 lleva quien deja y vive el que ha vivido.  
 ¡Yunques, sonad; enmudeced, campanas!

No habría tenido que cambiar ni una letra del final de la poesía, que termina diciendo:

Allí el maestro un día  
 Soñaba un nuevo florecer de España.

Moles, como Giner de los Ríos en su propio campo, soñó y trabajó para que floreciera en España una nueva Química, y lo logró, alcanzando un éxito y un nivel que nadie alcanzó, ni antes ni después. El florecer fue muy breve, el jardín se secó y casi desapareció. Pero las semillas eran sanas, la tierra bien preparada y, a pesar de todos los pesares, Moles dejó muy buenos jardineros que continuaron la tarea, cuando les dejaron y pudieron. Por eso siguen existiendo en España flores químicas que, aún hoy, tienen aroma de Moles.

Que las jóvenes generaciones científicas universitarias, siguiendo el ejemplo del maestro, inspirándose en su buen quehacer, emprendan su tarea con ardor, con entusiasmo por el trabajo bien hecho, lean sus conferencias, sus discursos, espe-

cialmente el de ingreso en la Academia de Ciencias<sup>6</sup>; lean también a Antonio Machado, para ver si conseguimos que, en un día no muy lejano, no haya ya dos Españas, y entre tanto que ninguna de ellas hiele el corazón del españolito —o de la españolita— que al mundo viene. Así, uniendo Ciencia y Cultura, «despacito y con buena letra», como recomienda el poeta, sin preocuparse demasiado de que las posibilidades de trabajo, de investigación y de enseñanza no sean aún las más adecuadas —Moles no se arredró nunca por la falta de medios<sup>7</sup>— contribuyan, como sólo la JUVENTUD puede hacerlo, al progreso de la Química en España, tanto en la enseñanza, en la investigación, en la tecnología o en la economía; en suma, de la Química en todas sus facetas. Será la mejor y más seria manera de honrar permanentemente la memoria del gran maestro que fue en la enseñanza, en la investigación y también en la industria, Enrique Moles Ormella.

Madrid, 9 de noviembre de 1983.

## BIBLIOGRAFIA Y NOTAS

<sup>1</sup> MACHADO, A.: *Poesías completas*. Selecciones Austral. Espasa-Calpe, octava edición, Madrid, 1982, 424 págs.

<sup>2</sup> VIÁN ORTUÑO, A.: Conferencia en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), el 3 de diciembre de 1979. Publicada en *Deslinde* (Cuadernos de Cultura Política Universitaria del Centro de Estudios sobre la Universidad), con el título original, optimista y hasta alegre, de «Poema y problema social del desarrollo científico tecnológico», núm. 124, abril de 1980.

<sup>3</sup> Ver en la cita <sup>1</sup>, cap. I, la página 44.

<sup>4</sup> Ver en la cita <sup>1</sup>, página 7.

<sup>5</sup> Ver en la Lista de trabajos el número 261.

<sup>6</sup> Ver cita <sup>2</sup>, cap. I.

<sup>7</sup> Ver, p. ej., en el capítulo I, la anécdota citada al describir los trabajos sobre Magnetoquímica de Moles y Cabrera. Añadamos que las dificultades mencionadas en el texto surgieron cuando «para poder trabajar con Weiss, durante el verano de 1912, Cabrera decide trasladarse con toda su familia a Zurich, donde le espera Moles, sin escribir previamente a Weiss». Esto explica el descansillo. Para más detalles véase Cabrera Sánchez, N.: «Apuntes biográficos acerca de mi padre don Blas Cabrera y Felipe». Artículo publicado en la obra: *En el Centenario de Blas Cabrera*. Universidad Internacional de Canarias «Pérez Galdós», julio de 1979, 623 págs.

### CAPÍTULO III

## DOS TRABAJOS SINGULARES DE E. MOLES

### I. EL PRIMER TRABAJO PUBLICADO

En 1902, la Sociedad Española de Historia Natural encargó a su socio, y estudiante de Farmacia, Enrique Moles, el dibujo de un curioso ejemplar de palmera que existía en el Parque de la Ciudadela de Barcelona. El joven estudiante no se limitó a preparar un buen dibujo a pluma, sino que lo acompañó de una descripción, breve pero completa, de la palmera en cuestión. Así, publicó su primer trabajo en el *Boletín de la Sociedad Española de Historia Natural*, vol. 2, págs. 212-14, 1902.

**Palmera (*Phoenix dactylifera* L.) ramificada de Barcelona**

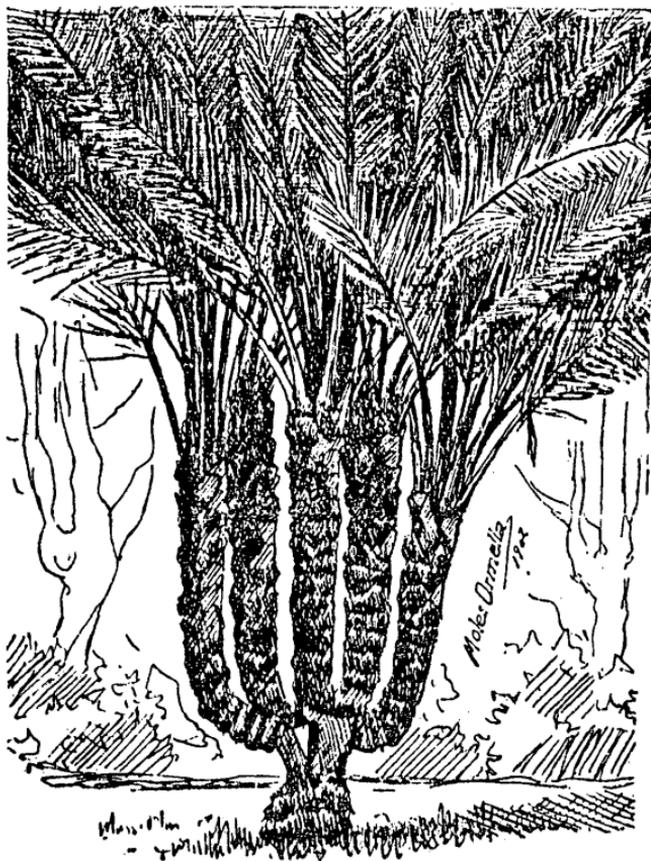
POR

ENRIQUE MOLES ORMELLA

Habiéndose dignado la *Sección de Barcelona*, de la SOCIEDAD ESPAÑOLA DE HISTORIA NATURAL, encargarme de hacer un dibujo del ejemplar de palmera de dátiles ramificada, existente en el Parque de Barcelona, tengo el honor de presentar hoy el citado dibujo, acompañado de algunas notas referentes a dicho curioso ejemplar.

Hállase dicha palmera en uno de los parterres situados frente al Pabellón de la Sociedad Protectora de Animales y Plantas y a no mucha distancia del estanque del Parque citado.

Viene a tener, en conjunto, de seis y medio a siete metros de altura, de los cuales corresponden unos tres y medio al tronco, tomada esta medida desde el suelo a la parte superior de la rama más alta, o sea, la del centro, y otros tres y medio metros, aproximadamente, desde esta parte hasta la cima.



Las cinco ramificaciones del tronco poseen abundantes palmas. En cada una de ellas pueden observarse claramente hasta catorce cortes consecutivos, quedando el resto y en la parte inferior confuso.

Presenta el tronco inferior único en la parte izquierda, casi

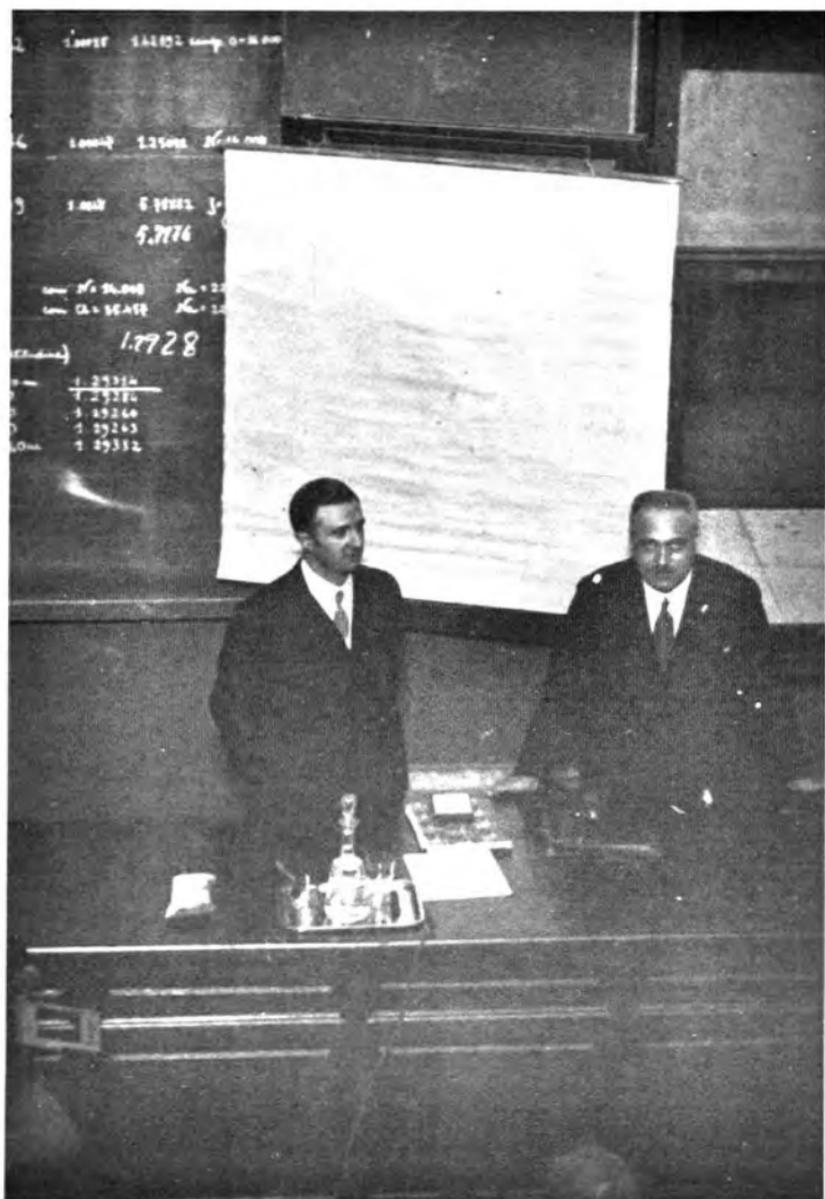


Foto 6.—El Prof. E. Moles, acompañado por el Prof. N. Parravano, en su conferencia: *Dieci anni di ricerche sui gas*. Accademia Nazionale dei Lincei, Roma. 19-V-1926.



en el centro, una grieta que afecta la forma de triángulo isósceles, con la base hacia arriba.

El grueso es de treinta y cinco a cuarenta centímetros en el tronco inferior único, y en las ramas de veinte a veinticinco centímetros.

No hay duda que se trata del *Phoenix dactylifera* L., puesto que las hojas de la palmera citada son radiantes y pectinadas, con los segmentos agudos y plegados longitudinalmente; los segmentos superiores están reducidos a espinas.

## II. VEINTE AÑOS DE INVESTIGACIONES ACERCA DE DENSIDADES GASEOSAS (\*)

En una conferencia pronunciada en el Instituto Químico de la Universidad de Roma, en mayo de 1926 (foto 6), con la emoción sentida al ocupar la misma Cátedra desde la que el gran Cannizzaro definía como ley la llamada hipótesis de Avogadro, piedra angular sobre la que se apoyan los métodos actuales de determinación de pesos moleculares y atómicos, a partir de las densidades gaseosas, hube de exponer a los colegas italianos, reunidos en gran número, los resultados de mis diez primeros años de investigaciones sobre los gases<sup>1</sup>. Circunstancias bien distintas las de entonces. Las de ahora recuerdan con exceso el momento inicial de mi labor en este capítulo de la Química física.

Año de 1916. Los aliados pasaban por momentos difíciles. Ginebra, oasis de paz, colmada de convalecientes de guerra, sentía ya las dificultades y carestías del cercano terrible conflicto. Tras una labor intensa de doce meses, había terminado yo en mayo mi trabajo sobre «La densidad normal del gas ácido bromhídrico. Peso atómico del bromo» que, patrocinado por mi maestro Ph. A. Guye, me fue admitido como tesis al

---

(\*) La publicación de este trabajo ha parecido de especial interés, ya que a pesar de ser el resumen más completo de los trabajos de Moles y su Escuela sobre pesos atómicos, es poco conocido. Consecuencia de haber sido publicado en el vol. I, págs. 1-19, de la revista *Madrid*, que, a partir de 1937, apareció por breve tiempo en Valencia, en el ambiente «difícil» de la guerra civil.

doctorado *és Sciences physiques*. A mi regreso a Madrid, en otoño de 1917, implanté, en el viejo laboratorio de investigaciones físicas, las nuevas técnicas aprendidas en Ginebra, que ya, sin interrupción, y modificadas y mejoradas constantemente, he venido practicando, en unión de mis colaboradores, hasta el momento actual.

Año de 1936. La República española pasa por momentos difíciles. Valencia, oasis de paz, cobija a los evacuados de la ciudad mártir y empieza a sentir las dificultades y carestías del terrible conflicto cercano. Tras una labor fecunda e intensa de los últimos doce meses, me ha sido dable condensar en tres memorias, que aparecen en Viena, Praga y París<sup>2</sup>, los resultados que juzgo fundamentales en el dominio que con preferencia vengo cultivando.

Trataré de reseñar la labor realizada en estos veinte años, con referencia a pesos moleculares de gases y pesos atómicos de ellos deducidos.

Estas investigaciones se basan en las conocidas leyes generales de los gases y, especialmente, en la ley de Avogadro: «Volúmenes iguales de diferentes gases, tomados bajo condiciones idénticas, contienen igual número de moléculas»; por tanto, las masas relativas de estos volúmenes, se comportarán entre sí como los respectivos pesos moleculares. Es sabido, también, que esta ley, como las restantes de los gases, sólo rige para el estado *ideal*, desviándose de ella, más o menos, los gases *reales*, es decir, que se trata de una ley límite. La determinación de los pesos moleculares comporta, por tanto, no sólo el conocimiento de la masa del litro (densidad absoluta)<sup>3</sup> del gas y la del oxígeno, tomado como patrón, sino también la ley de la desviación al principio de Avogadro. Así, el peso molecular se venía formulando del modo siguiente:

$$M = M_1 \frac{L}{L_1} \cdot \frac{1 + \lambda_1}{1 + \lambda}$$

siendo  $M$  y  $M_1$  los pesos moleculares del gas y del oxígeno;  $L$  y  $L_1$  las correspondientes masas del litro normal, y  $1 + \lambda$  y  $1 + \lambda_1$  las desviaciones respectivas a la ley de Avogadro. Necesitamos, pues, en cada caso, determinar los dos factores

fundamentales. Esta determinación supone, para la masa del litro normal, medidas de presión, de temperatura, de volumen y de peso. En cada una de estas medidas es necesario introducir varias correcciones, al parecer insignificantes, pero que resultan indispensables en las medidas de precisión.

Como no pretendo dar un resumen histórico completo, sino, únicamente, ofrecer una síntesis de mi labor, habré de referirme únicamente al método experimental, que considero consagrado definitivamente, o sea, el método de las *densidades-límite* de D. Berthelot<sup>4</sup>. Este método puede definirse como sigue: «La ley de Avogadro, según la cual *volúmenes iguales de todos los gases encierran el mismo número de moléculas*, es una ley que se cumple exactamente a presiones muy débiles. Por consiguiente, los pesos moleculares de los gases son proporcionales a sus densidades-límite. La escala de pesos moleculares, definida por las densidades-límite (lo mismo que la definida por las relaciones gravimétricas analíticas), no representa otra cosa que un sistema de números proporcionales que ha de referirse a un gas patrón. Por esta razón intervienen forzosamente en los cálculos la densidad y la compresibilidad del gas. La precisión del resultado final aumenta por el hecho de tomar en cuenta relaciones y no valores absolutos. En nuestro sistema actual de pesos atómicos el patrón de referencia es el oxígeno, para el que se acepta  $O_2 = 32,000$ . Por tanto, resulta que el peso molecular de un gas es igual a 32 veces la relación de su densidad-límite a la del oxígeno:

$$M = 32,000 (L_{lim} : L'_{lim}),$$

expresión equivalente a la antes indicada.

Los métodos seguidos en la medida de la masa del litro de un gas son, principalmente: el de los matraces, debido a Regnault, y el del volúmetro. En el primer caso, matraces de vidrio provistos de llave, perfectamente limpios y calibrados, se pesan vacíos y llenos, a 0°, del gas, bajo una presión conocida. En los volúmetros, el aparato de vidrio, todo él soldado, y bien calibrado, se llena de gas a 0° y bajo presión determinada, mediante un gasógeno, que se pesa antes y después del llenado (desplazamiento). O, bien, se llena el volúmetro de gas a presión determinada, y este gas se absorbe en un medio ade-

cuado, que se pesa luego (absorción). Así quedan determinados peso y volumen pudiendo, por tanto, deducir la *densidad*.

Toda instalación destinada a determinar la masa del litro de un gas comprende dos partes esenciales: la destinada a la obtención y purificación química del gas, seguida de la purificación física del mismo, y una segunda parte que se destina a la determinación de la masa del litro, y comprende medidas de presión, volumen, temperatura y peso. Ambas partes, construidas enteramente de vidrio, forman una sola pieza, aislable en sectores mediante llaves de vidrio de cierre excelente. Los diez primeros años de nuestra labor podemos llamarlos años de la *preocupación química*. Los últimos diez años resultan los años de la *preocupación física*. Con ello queremos dar a entender que, en un principio, nuestra atención se concentró en variar los métodos de obtención y purificación del gas. En la segunda etapa hemos conseguido aumentar en una potencia de diez la precisión de las medidas por el refinamiento en la parte física de las mismas.

\* \* \*

**GASES PUROS.**—Se toma como criterio de la pureza de un gas la constancia del punto de ebullición, estando líquido, y la identidad de la masa del litro normal para muestras obtenidas por métodos diferentes. En cada caso, el gas obtenido por vía química se purifica, primero, químicamente, pasándole sobre reactivos adecuados, para retener presuntas impurezas. A continuación, el gas químicamente puro se condensa y se destila o sublima, fraccionadamente, utilizando, como de costumbre, la fracción media. Nuestra experiencia de varios años ha puesto de manifiesto un hecho sorprendente, cual es el que un gas, tratado del modo antedicho, pueda, no obstante, arrastrar impurezas líquidas o sólidas, procedentes de la reacción o de la purificación, después de un recorrido de varios metros, a través de sistemas líquidos y sólidos, retenidos por tapones de lana de vidrio y aun existiendo diferencias de muchas decenas de grados entre los puntos de ebullición del gas y de las impurezas (tal ocurre con el arrastre de gotitas de ácido sulfúrico, de partículas de anhídrido fosfórico, empleados como

desecantes, con el arrastre de bromo por el gas bromhídrico, de iodo por el gas iodhídrico, etc.).

Creemos haber conseguido eliminar estos inconvenientes mediante dos artificios sencillos. Primero, al destilar el gas, se le hace *borbotear* a través de una pequeña cantidad (medio cc.) del mismo, líquido, manteniendo constantes durante la operación la presión y la temperatura. Con el borboteo, introducido por nosotros, se consigue la vaporización *ideal*, es decir, que sólo debe pasar vapor puro, quedando en el líquido las impurezas. La teoría así lo exige. Segundo, en la parte destinada a la purificación física, se intercalan uno o varios filtros de vidrio prensado (Schott) para gases, que retienen toda clase de partículas sólidas o líquidas, e incluso (y esto lo juzgo esencial) evitan el desplazamiento del vapor de mercurio, de las bombas de vacío, de los manómetros, etc., hacia los matracos de densidad.

DESECANTES.—Una de las impurezas más difíciles de eliminar de los gases y de los aparatos donde éstos se manejan, es la humedad. Los desecantes más eficaces, anhídrido fosfórico y ácido sulfúrico concentrado, no siempre pueden utilizarse por reaccionar con los gases en cuestión. Por este motivo hemos propugnado el empleo de otros desecantes, con evidente mejora en la técnica, que, además de no reaccionar con los gases, presenta la gran ventaja económica de ser regenerables. Me refiero, especialmente, al empleo de percloratos anhidros de magnesio, de bario y de aluminio. La avidez de éstos por la humedad, sobre todo en el primero y el último, son comparables y aun rebasan la del anhídrido fosfórico <sup>6</sup>.

LA CORRECCIÓN DE ADSORCIÓN.—Cuando un recipiente de vidrio *vacío* (quiero decir, sin aire ni gas alguno en su interior) se llena de un gas, una parte de éste queda retenido, *adsorbido*, por la superficie interna, formando una película más o menos adherente. Al tratar de determinar la densidad, resulta que, pesando un recipiente lleno de gas a presión y temperatura determinadas, obtenemos el peso del gas que llena el volumen del recipiente, aumentado en el peso de la película adherida a las paredes.

Esta causa de error, sospechada desde hace bastante tiempo, ha querido eliminarse por medios más o menos eficaces. Hemos sido nosotros los primeros en propugnar una técnica racional y adecuada que consiste en determinar en cada caso el coeficiente de adsorción por  $\text{cm}^2$  de superficie, que permite calcular la corrección correspondiente al litro, para el recipiente utilizado, y pesar éste primero, perfectamente vacío (bajo una presión inferior a 0,005 mm.), y luego lleno de gas. De este modo puede aplicarse con seguridad la corrección deducida de la experiencia.

El estudio sistemático de esta corrección, iniciado con la colaboración de Miravalles, y luego con la muy eficaz de M. Crespi, abarca más de una docena de gases, en especial los estudiados en mi laboratorio. Merced a esta corrección, aplicada de modo sistemático, se ha conseguido demostrar que el método de las densidades-límite es aplicable a todos los gases, aun los llamados *fácilmente condensables*, resultado que juzgo de considerable interés.

LA CONTRACCIÓN DE LOS MATRACES VACÍOS.—Hemos indicado ya que la medida de la densidad supone la determinación del *peso* de gas que llena un volumen determinado. Ahora bien; el recipiente *vacío*, que se llena de gas, experimenta, por el hecho de la variación de presión interna durante el llenado, una pequeña variación de volumen. Es decir, el recipiente vacío se *contrae* por la presión externa de la atmósfera, disminuye de volumen. Esta contracción, descubierta de modo independiente por Agammennone y por Lord Rayleigh, ha sido estudiada por primera vez, de modo sistemático, por nosotros con Miravalles, llegando a la conclusión de que la contracción es función lineal de la presión, del volumen y del espesor de las paredes (peso de vidrio). Para una atmósfera de presión puede expresarse por la fórmula empírica establecida por nosotros:

$$c = \frac{V}{p} \times 15,5 \times 10^{-6} \text{ ml.}$$

siendo  $c$  la contracción por litro,  $V$  el volumen del recipiente

(supuesto esférico),  $p$  el peso de vidrio (sin las llaves), 15,5 un factor numérico. Para cualquier otra presión basta multiplicar por el valor,  $P$ , de ésta, expresado en atmósferas. La fórmula resulta válida para matraces de 200 a 20.000 ml. de capacidad y de cualquier clase de vidrio. La contracción, tanto mayor cuanto menor es el espesor de las paredes, motiva dos pequeñas correcciones, a saber: 1.ª El volumen verdadero del matraz es función de la presión interna y debe tenerse en cuenta en cada caso. 2.ª La pérdida de peso por el aire desplazado, según el principio de Arquímedes, depende, asimismo, de la presión interna, o sea, que el matraz vacío pesa aparentemente más que el lleno. Estas dos correcciones se compensan en parte, sobre todo para gases de peso específico próximo al del aire.

**CORRECCIÓN DEL CAPILAR DE LA LLAVE.**—Los matraces de vidrio para determinar densidades llevan soldada una llave, también de vidrio, cuidadosamente esmerilada y engrasada, terminada en tubo capilar y que cierra herméticamente el recipiente (véase, p. ej., la fig. 1.ª). Cuando se llena el matraz de gas (a 0° C), y una vez lleno, se cierra y se separa del aparato para suspenderlo de la balanza, resulta que lleva en la parte externa del capilar de la llave el mismo gas encerrado en el interior del matraz. Si este gas es *más denso* que el aire, tropezamos con una nueva causa de error, puesta de manifiesto por nosotros con T. Toral, para el caso de anhídrido carbónico y del óxido nitroso y para otros varios gases, tanto más considerable cuanto mayor sea el volumen del capilar referido al del matraz. En efecto, al pesar el matraz *vacío*, el capilar exterior queda lleno de aire atmosférico. Al pesarlo *lleno*, debido al manejo cuidadoso del matraz y a la difusión lenta del gas, queda éste llenando el capilar, originando un aumento de peso que debe computarse. El error así originado excede de 1 : 10.000, límite mínimo en esta clase de medidas.

Hemos insistido mucho acerca de esta causa de error, poco tenida en cuenta, y que se corrige *lavando* con aire el capilar exterior antes de la pesada.

**MEDIDAS DE PRESIÓN.**—Uno de los factores para el que la

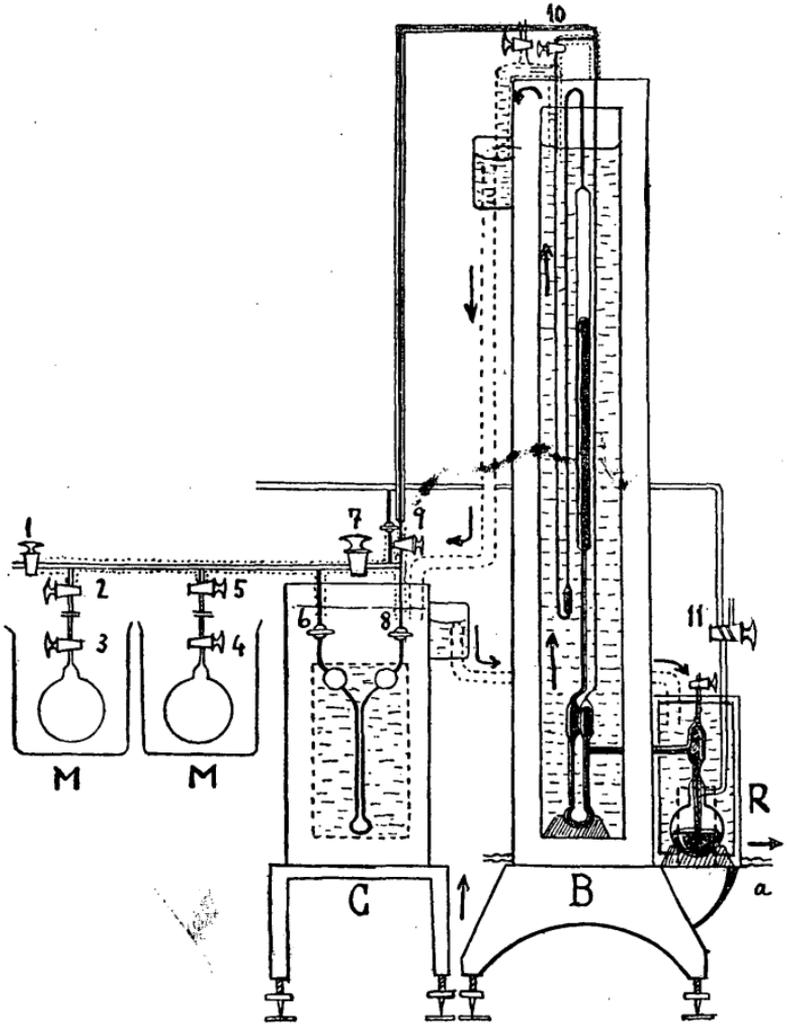


Fig. 1.º

precisión resultaba hasta hace poco menos satisfactoria, era la presión. Aun cuando se atendía a mejorar las lecturas con empleo de anteojos y catetómetros, con artificios de iluminación que eliminaran el paralaje, empleando retículo y micrómetro ocular graduado en 0,01 de milímetro, parecía difícil exceder mucho de la precisión de 1 : 10.000 en las lecturas. Se atendía a proteger la columna barométrica con baños de aire o de agua para el equilibrio térmico, se procuraba una corrección adecuada de temperatura, empleando varios termómetros colocados a diferentes alturas. Y, no obstante, en las medidas aparecían siempre puntos erráticos no explicados. Creemos haber llegado a una perfección satisfactoria en esta medida tomando las precauciones necesarias para conseguir: 1.º, que la temperatura sea la misma, a  $\pm 0,01^\circ$ , en la columna barométrica y en el recipiente compensador, o sea, en toda la masa de mercurio; 2.º, que el equilibrio de temperatura se extienda a todas las tuberías que enlazan la sección de medida del aparato, y 3.º, evitar toda contaminación del mercurio por tubos de caucho, grasa de llaves o por el contacto con el gas estudiado.

Antes que nosotros, algunos autores tomaron precauciones para una u otra de estas causas de error; pero no para todas. Nosotros hemos sido los primeros en corregirlas simultáneamente todas.

Para conseguirlo hemos utilizado varios artificios, de los cuales se reproduce uno en la figura 1.ª. El esquema resulta fácil de comprender. El barómetro, B, va colocado dentro de un baño con agua, lo mismo que el recipiente, R, y el compensador, C. Este último, cargado de aceite *Apiexon*, sirve no sólo para aumentar la precisión en las medidas de presión, sino también para aislar el mercurio del barómetro de la acción del gas estudiado. Mediante una bomba adecuada, movida a motor, se hace circular el agua a través de los tres baños, que comunican entre sí, en el sentido marcado por las flechas, estableciéndose igualdad de temperatura en todo el recorrido, a  $\pm 0,01^\circ \text{C}$ . *Sólo así* puede garantizarse que la temperatura atribuida al mercurio sea la que marcan los termómetros.

Los matraces, M, van colocados en baños llenos de hielo picado y lavado. Para evitar cualquier error accidental en la lectura de presión, todas las tuberías de enlace entre baróme-

tro compensador y matraces van construidas en tubo de dobles paredes (tubo Dewar), o van protegidas por una capa de amianto. La maniobra del mercurio se hace completamente a través de vidrio, sin contacto con tubos de caucho o de llaves engrasadas; la entrada o salida del mercurio se consigue haciendo un vacío o inyectando aire a presión, a través de la llave 11.

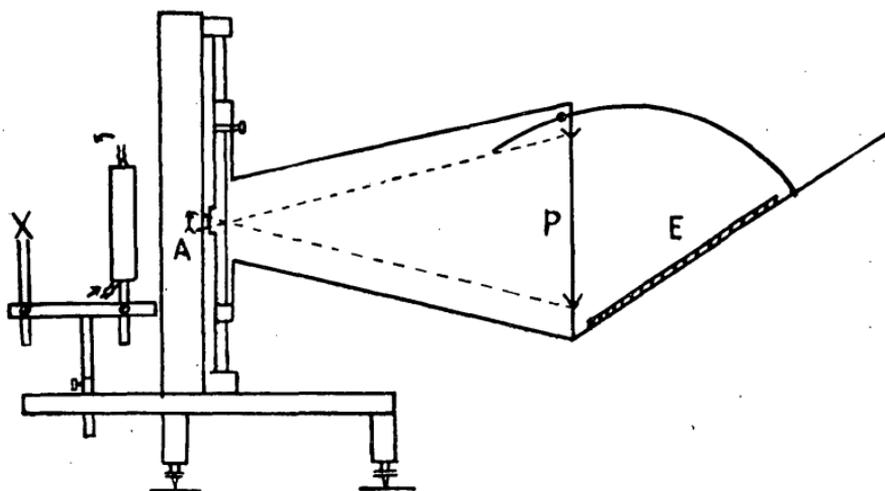


Fig. 2.<sup>a</sup>

El compensador, C, que aísla el mercurio del gas medido (el espacio entre las llaves 7, 8, 9 y 10, va lleno de aire puro y seco), sirve al mismo tiempo para indicar la igualdad de presión entre barómetro y matraces. Para ello, se ha aumentado la precisión leyendo la igualdad de nivel entre las dos ramas del compensador, C, sobre un proyector representado en la figura 2. En ella, X representa un foco luminoso que, a través de un filtro atérmico, alumbra los meniscos en A, proyectándose a través de una lente de aumento, sobre una escala graduada en milímetros sobre vidrio deslustrado, P. El aumento es de diez veces, y para mayor comodidad en la lectura, ésta se hace sobre la imagen recibida en el espejo, E, que tiene una inclinación de 45°. Teniendo en cuenta la densidad del aceite

(aprox. 0,8) del compensador y que puede apreciarse  $\pm 0,10$  milímetros, directamente, resulta que puede garantizarse la lectura a  $\pm 0,003$  milímetros de mercurio.

La constancia e identidad de los meniscos superior e inferior, se mantiene de este modo  $\pm 0,001$  milímetros. En las medidas repetidas, hechas sobre el micrómetro ocular, se alcanza una precisión media de  $\pm 0,003$  milímetros. Referida esta precisión a las lecturas extremas de presión, o sea, 380 y 760 milímetros; resulta un error medio de 0,3 a  $0,7 \times 10^{-5}$ , límite extremadamente satisfactorio, rara vez alcanzado en este género de medidas y que muestra la eficacia de las modificaciones introducidas.

DEFINICIÓN DE LA TEMPERATURA.—Hemos indicado ya que, por definición, la densidad de un gas se considera siempre a  $0^{\circ}\text{C}$ , o sea, en el punto de fusión del hielo. Pocos son los casos en que se haya comprobado la constancia de esta temperatura en el baño en que van colocados los matraces. Por lo general, se ha tratado, a lo más, de comprobar la temperatura absoluta del baño; sin preocuparse de su constancia o *definición*.

Nosotros hemos podido poner de manifiesto esta definición mediante el empleo de un termómetro metastático Beckmann, que permite la lectura directa de  $\pm 0,001^{\circ}$ . Los ensayos hechos en diferentes ocasiones con hielo *puro*, obtenido con agua bidestilada, exenta de gases, y con hielo industrial lavado, dieron el siguiente resultado, casi sorprendente por lo satisfactorio:

				$\Delta$	
Hielo puro	...	...	...	$t = 5,368^{\circ}$	
Hielo industrial lavado	...			5,369	+ 0,001
»	»	»	...	5,366	— 0,002
»	»	»	...	5,368	$\pm 0,00$
»	»	»	...	5,368	$\pm 0,00$

de donde parece deducirse que la temperatura del baño, en unidades absolutas, viene definida con un error del orden de  $\pm 0,5 \cdot 10^{-6}$ .

**PESADAS.**—La técnica de las pesadas ha alcanzado una precisión extremada, en lo que a instrumentos se refiere. No obstante, en nuestro caso especial, por tratarse de pesadas de objetos de gran volumen y diferencias pequeñas de peso, resulta indispensable el empleo de contrapesos de la misma materia, de igual volumen e igual superficie externa, para eliminar de este modo las causas externas de error (depósito de polvo o de humedad, variaciones de la densidad del aire durante la pesada). Para la reducción de las pesadas al vacío, la influencia de la variación de la densidad del aire atmosférico durante las pesadas tiene escasa influencia, como puede demostrarse por un cálculo sencillo. Aun bajo la hipótesis inadmisibles de que en el curso de una medida (3-4 días) las variaciones fueran de 710 a 685 milímetros, y de 17 a 25° (condiciones extremas para Madrid) el error medio sobre la pesada, para gases cuya densidad esté comprendida entre 0,77 y 1,98, sería del orden de  $0,3-0,5 \times 10^{-5}$ .

En lo referente a *fidelidad* de las balanzas, un par de ejemplos han de ser bastante demostrativos.

*Gas carbónico a 760 milímetros*

	Brazo derecho	Brazo izquierdo	Media
Peso de gas ... ..	1,13120	1,13122	1,13121 ± 0,00001

*Gas oxígeno a 380 milímetros*

	Brazo derecho	Brazo izquierdo	Media
Peso de gas ... ..	0,33158	0,33159	0,331585 ± 0,000005

o sea, que el error es siempre del orden de  $10^{-5}$ .

La instalación de nuestras balanzas, en el Instituto Nacional de Física y Química, es satisfactoria en lo que se refiere a temperatura y eliminación de vibraciones. El esquema de la figura 3 da una idea de esta clase de instalaciones. La ba-

lanza colocada sobre una placa de mármol va apoyada sobre un soporte de acero empotrado en un bloque de piedra artificial, construido en el sótano del edificio. Dicho soporte pasa libremente a través del piso, lo mismo que queda libre la con-

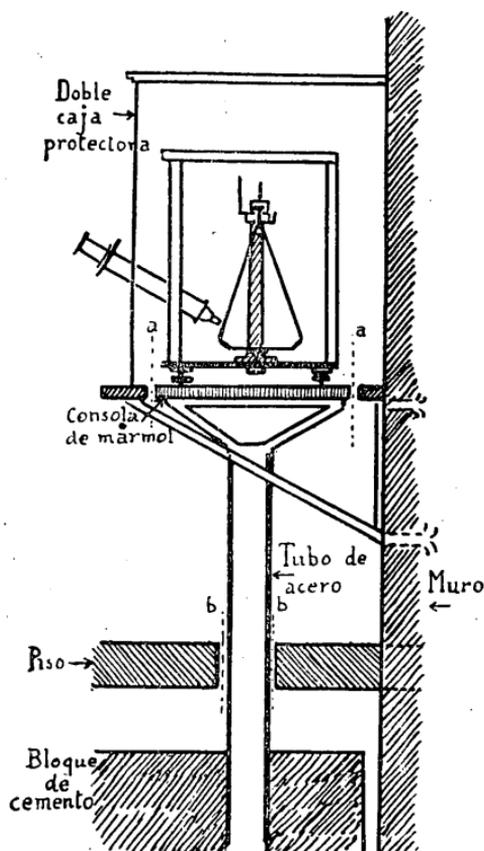


Fig. 3.<sup>a</sup>

sola de la plataforma de apoyo de la doble caja protectora de la balanza. Este aislamiento respecto de muros y piso queda patente por las ranuras aa y bb, y garantiza la ausencia total de vibraciones. La lectura hecha con microscopio queda garantizada a  $\pm 0,005$  miligramos.

Hemos de llamar la atención sobre una causa de error no mencionada en ninguna parte, y que hemos comprobado reiteradas veces. Cuando la instalación de rayos X del Instituto, situada a gran distancia del cuarto de balanzas, funcionaba, se producían perturbaciones consistentes en una variación constante del cero de la balanza, que únicamente se remediaba pesando cuando no funcionaban los kenotrones. La explicación del fenómeno no ha surgido todavía.

De lo que antecede se deduce que en el momento actual, y merced a las modificaciones que hemos introducido en la técnica de la determinación de densidades gaseosas, el error metódico de las medidas queda reducido a  $\pm 0,7-0,8 \cdot 10^{-5}$ , a pesar de que hemos limitado, en época reciente, el número de medidas a una docena o menos. Por tanto, la precisión conseguida es 4-5 veces superior a la conseguida, en el mejor de los casos, en la primera decena de 1916-1926 para series de 40-50 medidas.

RESULTADOS.—Continuando en un principio el tema iniciado en Ginebra de la revisión del peso atómico de los halógenos, nos pareció interesante efectuar la revisión del peso atómico del flúor, conocido entonces con poca seguridad. Para ello llevamos a cabo, con T. Batuecas, la determinación de la densidad del gas fluoruro de metilo, de técnica difícil y laboriosa, como ocurre para los derivados gaseosos del flúor. El gas se obtuvo por dos métodos básicamente diferentes, y las medidas se extendieron a diferentes presiones para poder deducir el valor límite. Los resultados medios obtenidos fueron:

Presión	N.º de medidas	Masa del litro L <sub>0</sub>
1,0 atm.	23	1,54507
0,666 »	15	1,53576
0,333 »	8	1,52665

de donde se calcula el peso molecular del gas, y de éste el peso atómico del flúor, que resulta

$$F = 18,998$$

o sea, 19,00, en números redondos, en lugar del valor más elevado aceptado hasta entonces,  $F = 19,02$ . Nuestro resultado fue admitido en la Tabla internacional.

MASA DEL LITRO DE OXÍGENO.—En aquella época, esta constante parecía muy bien definida, admitiéndose como más verídico el valor  $L_0 = 1,42905$ . Nos pareció conveniente determinarla nosotros, a título de control de nuestras medidas e instalaciones. Con gran sorpresa nuestra, obtuvimos, con Batuecas, el valor sensiblemente más bajo,  $L_0 = 1,42890$ . La diferencia de 1 : 10.000 merecía la pena de ser aclarada. Para ello, emprendí una revisión crítica sistemática de *todos* los resultados exactos conocidos en aquella época y, al mismo tiempo, en colaboración con González Núñez, emprendimos la revisión experimental. Resultado de la revisión crítica fue demostrar que se había prescindido en los cálculos de ciertas pequeñas correcciones indispensables y que, tomándolas en cuenta todas, el promedio del conjunto de 159 medidas diferentes, realizadas por diez distintos autores, con aparatos diferentes y con gas de diferentes procedencias, era

$$L_0 = 1,42892,$$

valor casi idéntico al obtenido con Batuecas, y, por tanto, que corregía al admitido generalmente. Por otra parte, la revisión experimental con González condujo a los resultados siguientes (1922):

Procedencia del gas	N.º de medidas	Masa del litro
Permanganato potásico ... ..	19	$L_0 = 1,42890$
Clorato sódico-potásico ... ..	6	1,42863
Oxidos de plata y mercurio ...	14	1,42906
Electrolisis de la barita ... ..	6	1,42900
	45	1,42892

La confirmación no podía ser más satisfactoria, y dio motivo a una rectificación de dicha constante en las tablas inter-

nacionales. Como la modificación era de trascendencia, dos especialistas norteamericanos, Baxter y Starkweather, creyeron necesaria una comprobación (1926). Realizaron, para ello, 66 medidas con gas de tres manantiales diferentes, y así llegaron a una media,  $L = 1,42901$ , de acuerdo con el valor antiguo. Esto motivó una crítica, por parte de la Comisión alemana de pesos atómicos, que se creyó obligada a rectificar el resultado mío, adoptando de nuevo el clásico. Yo defendí con argumentos sólidos mi punto de vista, y pronto vino la realidad a darme la razón, puesto que en el trabajo de los norteamericanos se había deslizado un error sistemático, y, al rectificar (poco sinceramente), quedó como correcto el valor  $L = 1,42896$ . Con esto quedaba consagrado definitivamente el valor que había yo preconizado, y que adquirió carta de naturaleza internacional. Ya veremos luego que, en los años últimos, la confirmación ha sido rotunda.

**PESOS ATÓMICOS DEL NITRÓGENO Y DEL SODIO.**—En una de mis revisiones críticas (1916) tuve el *atrevimiento* de poner de manifiesto un desliz de consideración en un trabajo de uno de los magnates de los pesos atómicos, el profesor T. W. Richards, de la Universidad de Harvard. Este atrevimiento me ha valido el boicot sistemático de muchos colegas norteamericanos en años sucesivos. Para sincerarme, pareció necesaria una revisión experimental del peso atómico del sodio, que emprendí con J. M. Clavera. En esta revisión se llevó a cabo: 1.º, la determinación de la densidad del gas nitrógeno, obtenido de la pirolisis del trinitruro de sodio,  $\text{NaN}_3$ ; 2.º, la transformación del trinitruro en nitrato, deduciendo de este modo la relación sodio: nitrógeno: oxígeno. De la densidad del nitrógeno se calculó el peso atómico,  $N = 14,008$ , y con éste y la segunda relación, se obtuvo para el sodio el valor  $\text{Na} = 22,998$ , de acuerdo completo con lo previsto. Mi crítica quedaba, pues, justificada.

**LA MASA DEL LITRO DE AIRE. DENSIDAD DEL NITRÓGENO ATMOSFÉRICO.**—Del mismo modo que para la densidad de sólidos y líquidos se toma como unidad el agua de  $4^\circ \text{C}$ , para las densidades gaseosas, un grupo de investigadores, sobre todo

de escuela francesa, tomaba como unidad el aire, a 0°. Ahora bien; existían indicios, puestos de manifiesto por Loomis, Morley, Jolly y Guye, de que el aire, que, como es sabido, es una *mezcla* de oxígeno y nitrógeno, con pequeña proporción de los llamados gases nobles, variaba en su composición en relación con las condiciones externas, hasta el punto de haberse formulado una ley de Loomis-Morley-Guye, según la cual la densidad del aire alcanza un máximo, para los mínimos de presión y a presiones altas resulta mínima. Este hecho, de indudable interés geofísico, merecía una revisión profunda, tanto más cuanto que existían numerosos resultados analíticos contradictorios. La revisión, que duró más de dos años, la efectuamos con M. Payá en la forma siguiente: se determinó la densidad del aire de un modo sistemático para Madrid y Barcelona, tomando mensualmente muestras, en especial durante los períodos de grandes oscilaciones barométricas (equinoccios). Además, y para comprobar otra relación entre densidad y altitud, que creímos notar nosotros, se ensayaron muestras de aire captado al nivel del mar, en Valencia y en Algeciras, y en la Sierra de Guadarrama, a 1.400 metros de altitud. Los ensayos se hicieron extensivos al nitrógeno atmosférico para completar la explicación. He aquí los resultados principales:

<i>Aire de Madrid.</i> Veinticuatro muestras captadas desde octubre de 1920 a septiembre de 1921. La variación extrema de presión fue de 689 a 715 milímetros. Se confirma plenamente la ley L-M-G, o sea, que las densidades son <i>simbáticas</i> de las presiones. Como valor medio de la densidad encontramos $L_0 = \dots \dots \dots$	1,29315
<i>Aire de Barcelona.</i> Se captaron doce muestras entre septiembre de 1921 y noviembre de 1922. La variación de presión estuvo comprendida entre 752 y 771 milímetros. También aquí quedó confirmada la ley L-M-G. El valor promedio de la densidad = $\dots \dots \dots$	1,29285
<i>Aire de Valencia.</i> Dos muestras. Densidad media ...	1,29266
<i>Aire de Algeciras.</i> Dos muestras. Densidad media ...	1,29263
<i>Aire de Guadarrama.</i> Una muestra. Densidad ...	1,29332

Aparte de la confirmación de la ley L-M-G, estos datos ponen de relieve un hecho sorprendente, y es: que la densidad *normal*, en contra de lo previsto por la ley de Dalton-Laplace, aumenta con la altitud. Este aumento de la densidad supone un aumento: 1.º, en la proporción relativa de oxígeno de la mezcla; 2.º, en la proporción relativa de gases nobles del nitrógeno bruto. Ambas conclusiones pudimos confirmarlas por la experiencia.

El análisis (absorción del oxígeno mediante fósforo blanco o mediante cobre al rojo) nos confirmó la proporción *calculada*, a partir de la densidad, de tal modo que hemos podido prever la composición, a partir de los datos de densidad, con mayor exactitud de la que puede darnos el análisis corriente.

Para el nitrógeno atmosférico (aire privado de oxígeno), cuya diferencia de densidad respecto del nitrógeno químico o puro, dio lugar al genial descubrimiento de los gases nobles, por Lord Rayleigh y Ramsay, hemos podido demostrar que rige la misma ley de L-M-G, y la descubierta por nosotros respecto de la altitud.

He aquí algunos datos:

<i>Nitrógeno del aire de Madrid.</i> Cinco muestras.	
Densidad ... ..	$L_0 = 1,25681$
<i>Nitrógeno del aire de Barcelona.</i> Seis muestras.	
Densidad ... ..	1,25669
<i>Nitrógeno del aire de Valencia.</i> Dos muestras.	
Densidad ... ..	1,25666

Estos datos, en unión de los hallados con Clavera para el nitrógeno puro, nos permitieron más adelante corregir el peso atómico del argón.

PESO ATÓMICO DEL IODO.—Para completar el cuadro de los halógenos, emprendimos con R. Miravalles la revisión de la densidad del gas yoduro de hidrógeno, revisión erizada de dificultades por la enorme sensibilidad fotoquímica del gas y su reactividad con mercurio, grasa de llaves, etc. Fue preciso que Miravalles trabajara encerrado en una cabina con luz

roja únicamente. Juzgo indudable la acción sedante de esta luz sobre los nervios, ya que de otro modo la paciencia benedictina de que hubo de dar muestras mi colaborador, durante veintisiete meses, no tendría explicación. En este tiempo, y a fuerza de insistencia, pudimos realizar con éxito hasta cuarenta medidas de la densidad a tres presiones diferentes. Para la densidad normal hallamos  $L = 5,7888$ . Para el iodo se dedujo un peso atómico provisional,  $I = 126,92$ , que en época reciente se ha confirmado plenamente.

NUEVA REVISIÓN DEL OXÍGENO.—Aprovechando la circunstancia de tener montado y calibrado el volúmetro utilizado con Clavera para la densidad del nitrógeno (obtenido del  $\text{NaN}_3$ ), realizamos con M. Crespí unas medidas volumétricas de la densidad del gas patrón, oxígeno, que se obtuvo por pirolisis del permanganato potásico.

Dos medidas muy concordantes dieron como promedio del valor

$$L_0 = 1,428945,$$

en perfecto acuerdo con el resultado general y también con el obtenido con González Núñez.

PESOS ATÓMICOS FUNDAMENTALES. NUEVA REVISIÓN DEL PESO ATÓMICO DEL NITRÓGENO.—En 1925 despierta en mí la preocupación por los llamados pesos atómicos fundamentales, o sea, de aquellos que sirven de base a las revisiones de los demás. En este grupo deben incluirse: hidrógeno, cloro, bromo, iodo, nitrógeno, carbono, azufre, sodio y potasio. Me llamaba la atención que espíritus críticos tan sutiles como Guye se engolfaran en disquisiciones críticas que, en lugar de borrarlas, ahondaban más las discrepancias notadas entre los resultados químicos y los físico-químicos. Aleccionado por mi experiencia anterior en el caso del oxígeno, antes referido, llevé a cabo una revisión, *a fondo*, de los datos referentes a hidrógeno, cloro y bromo, con el resultado sumamente halagüeño de demostrar: 1.º, que el peso atómico del hidrógeno más probable era  $H = 1,0078$ , en lugar del admitido, 1,0076 (hoy sabemos que el anterior valor corresponde a hidrógeno casi puro,

H<sup>1</sup>). Teniendo en cuenta la proporción de 1 : 6.000 de deuterio o H<sup>2</sup> que contiene el gas ordinario, su peso atómico probable sube a 1,008); 2.º, que los pesos atómicos físico-químicos más exactos del cloro, Cl = 35,458, y del bromo, Br = 79,918, son prácticamente idénticos a los valores químicos, Cl = 35,457 y Br = 79,916. Así quedó liquidada una cuestión que venía arrastrándose durante años.

CASO DEL NITRÓGENO Y LA PLATA.—La casi totalidad de las revisiones *químicas* de pesos atómicos se hacen por el método berzeliano, que consiste en determinar una relación del tipo, halogenuro del elemento: halogenuro de plata. Ahora bien; como la plata no da óxidos bien definidos, ha hecho falta buscar relaciones menos directas al oxígeno, y, en primer término, la síntesis del nitrato que conduce a plata: oxígeno: nitrógeno. Pero para este caso es necesario definir bien el nitrógeno, y esta consideración nos inclinó a realizar una nueva revisión del peso atómico de este elemento, a partir de la densidad del gas. La revisión se llevó a cabo en colaboración con Clavera, empleando esta vez el método de los matraces, en vez del volúmetro como antes. Se extremó el cuidado en la obtención del gas, llegando de este modo a un conjunto de treinta y nueve medidas parciales, cuyos valores medios fueron los que siguen:

Método de obtención	N.º de medidas	Peso del litro
Pirolisis del nitrito amónico.	16	1,25052
Reducción del óxido nítrico.	8	1,25050
Oxid. de urea con hipobromito ... ..	5	1,25047
Oxidac. de urea con nitrito.	10	1,25048
	39	1,25049

Con este resultado, y mediante el factor de compresibilidad correspondiente, pudo deducirse para el peso atómico del nitrógeno el valor

$$N = 14,0082$$

que, aplicado a la síntesis de nitrato de plata, nos da para esta última el valor  $Ag = 107.880$ , resultado ideal, cuyo defecto sería, como decía el maestro W. Ostwald, el de resultar «zu gut ausgegangen», o sea, *demasiado* bueno. ¡Otro anillo más, bien remachado, en la cadena que enlaza armónicamente resultados químicos y físico-químicos! Así lo reconoció el eminente analista Hoenigschmid, primera autoridad en la materia.

NUEVAS REVISIONES CRÍTICAS. PESO ATÓMICO DEL ARGON. CASO DEL AMONIACO.—Prosigo en mi tarea de crítica objetiva, poniendo de manifiesto (en 1927) que el valor más probable del llamado *volumen molecular normal* (relación entre peso molecular y densidad en el oxígeno) era  $R = 22.4148$ , con una probabilidad superior a 1 : 30.000, y que el peso atómico del nitrógeno era  $N = 14,0082$ , con una probabilidad todavía mayor, de donde resultaba que el valor admitido para la plata  $Ag = 107,880$ , podía darse con un error máximo de  $\pm 0,001$ .

El estudio del nitrógeno atmosférico, los nuevos datos referentes a la densidad normal del nitrógeno químico y los resultados más recientes hallados para la composición del aire, me permitieron en el mismo año publicar una revisión crítica de la densidad y el peso atómico del argon. Para este elemento se daba el valor  $A = 39,88$ , y yo hallo  $A = 39,94$ , que se incorpora a la tabla internacional.

Voy a referirme a la revisión crítica de la densidad del amoniaco, seguida de la revisión experimental. Chocaba mucho que este gas se desviara, al parecer, profundamente de las leyes generales, conduciendo para el peso atómico del nitrógeno a un resultado inadmisibles por lo bajo. En efecto; los valores de la densidad que parecían más verídicos y concordantes, daban en promedio  $L_0 = 0,7708$ , de donde se deducía para el nitrógeno  $N = 13,993$ . Al realizar la revisión *a fondo* pude comprobar, una vez más, que los resultados aparecían falseados por no haber tenido en cuenta pequeñas correcciones, al parecer insignificantes. El valor más probable de la densidad tendía a  $0,7713$  y con ella se obtenía ya  $N = 14,007$ , muy parecido al admitido como más probable. Esto motivó la revisión emprendida con Batuecas, primeramente, y luego, ya en condiciones de máximo refinamiento, con J. Sancho. Con Batuecas reali-

zamos una revisión bajo el signo de la *preocupación química*. De un respetable conjunto de noventa medidas parciales realizadas a cuatro presiones diferentes, con gas de tres fuentes distintas, se dedujo para el peso del litro  $L_0 = 0,7717$  que, con el factor de desviación a la ley de Avogadro, 1,0157, permitió calcular para el peso atómico  $N = 14,007$ , que venía a confirmar nuestras previsiones. Más tarde hemos descubierto en los resultados de Batuecas una causa de error sistemático, que hace bajar el peso del litro a 0,7714, sin alterar mucho el peso atómico. Con Sancho hemos confirmado este último valor.

PESO ATÓMICO DEL CARBONO. DENSIDAD DEL GAS ÓXIDO DE CARBONO.—La errata puesta de manifiesto en el valor dado por Richards, para el peso atómico del carbono (que tan a mal me tomó su autor), dejaba en pie la duda de cuál fuera el valor más probable de dicho peso atómico. Parecía muy probable que estuviera comprendido entre 12,00 y 12,01, más cercano del primero que del segundo. Para comprobarlo, iniciamos con Rodríguez Pire, y continuamos con la señorita Salazar, la revisión de la densidad del gas óxido de carbono. Estas medidas se practicaron ya bajo el signo de la *preocupación física*, ya que el nuevo Instituto Nacional de Física y Química (Fundación Rockefeller) estaba construyéndose y no tardaríamos en disponer de instalaciones modelo. R. Pire obtuvo como promedio de siete medidas parciales, la densidad  $L = 1,25011$ , que conduce para el peso atómico al valor  $C = 12,009$ . Una primera serie de veintiséis medidas realizadas con T. Salazar dio como promedio  $L = 1,25004$ , de donde se deduce para el peso atómico  $C = 12,007$ . Este resultado merecía una atención especial y venía a confirmar previsiones más formuladas en revisiones críticas anteriores. Hemos de ver en seguida cómo la experiencia vino a confirmarlo de manera brillante.

ULTIMA ÉPOCA. NUEVAS INSTALACIONES. LA ESPECTROSCOPÍA DE BANDAS Y LA DESAPARICIÓN DE CUERPOS SIMPLES Puros.—En febrero de 1932 se inauguró oficialmente el nuevo Instituto, que venía ya funcionando desde agosto de 1931. Tenemos en él instalaciones que pueden calificarse de únicas en el mundo. Así lo reconocen los colegas que nos visitan y, en

especial, los químicos que concurrieron al IX Congreso Internacional de Química en la primavera de 1934. A estas instalaciones (\*) corresponden ya las descritas al principio para las medidas de presión, temperatura, volumen y peso. Se impone que estas instalaciones perfectas den un rendimiento máximo, y a ello se dirigen nuestros esfuerzos. *A tout seigneur tout bonheur!* Nuestra actuación de algunos años en la Facultad de Ciencias nos ha permitido la selección de un grupo nutrido de jóvenes colaboradores entusiastas, para quienes el trabajo en el Instituto resulta un ideal insuperable.

El concepto clásico de cuerpo simple o elemento químico, rudamente sacudido por el descubrimiento de la isotopía a principios del siglo xx, motivó el que se establecieran dos categorías de elementos: elementos *físicos*, constituidos por una sola clase de átomos, y elementos *químicos*, constituidos por una sola clase de materia. Entre los elementos químicos los hay *simples*, *puros*, constituidos, como los elementos físicos, por una sola clase de átomos, y elementos *mixtos*, que son la gran mayoría, y están constituidos por mezcla de varios isótopos. Ahora bien; en la última década, los físicos han demostrado, por el estudio de los espectros de bandas, que elementos considerados hasta entonces como simples puros, eran mixtos en realidad. Tal ocurre con el oxígeno, mezcla de átomos de masa 16, 17 y 18, con predominio del primero, el nitrógeno, mezcla de átomos 14 y 15; el carbono, mezcla de átomos 12 y 13.

Por un momento pudo creerse que la naturaleza mixta del oxígeno iba a motivar su desplazamiento como elemento patrón del sistema actual de pesos atómicos, ya que por alguna circunstancia la proporción relativa de los componentes podría variar, dando lugar a variación de la masa mixta. Felizmente, ha demostrado la práctica que, del mismo modo que puede mantenerse la definición daltoniana de elemento químico, puede conservarse el oxígeno ordinario como elemento patrón químico, puesto que las posibles variaciones no alcanzaban a los errores experimentales. Disponíamos, así, de dos escalas de pesos atómicos, una física y otra química, pasando de una a otra me-

---

(\*) Una vez más, las exigencias de espacio han llevado a suprimir una fotografía que figuraba en esta página y unos comentarios finales no científicos, que no son ya de actualidad.

dante el factor 1,000275, que expresa la relación entre oxígeno mixto: oxígeno 16.

Ahora bien; este descubrimiento de los físicos resulta una nueva prueba, y de las más recias, en pro de la teoría de la unidad de la materia, tan sólidamente apoyada sobre la ley de los números isotópicos enteros de F. W. Aston, y explica las pequeñas fracciones decimales de los pesos atómicos fundamentales del carbono y el nitrógeno. De ahí, el nuevo interés, más exaltado que nunca, de las revisiones de las densidades gaseosas de oxígeno y derivados gaseosos de carbono y nitrógeno. La nueva armonía del mundo material y las derivaciones de la ley genética reclamaban otra vez nuestra atención. La nueva y más reciente etapa de nuestra labor queda, pues, casi totalmente absorbida por estas revisiones.

FISONOMÍA NUEVA Y DEFINITIVA DEL MÉTODO DE LAS DENSIDADES-LÍMITE.—Durante dos o tres décadas se ha venido discutiendo si el método de las densidades-límite de D. Berthelot, enunciado al principio, tenía carácter universal o necesitaba de retoques para los gases llamados fácilmente condensables (con la temperatura crítica superior a 0°). Abridgábamos, tiempo ha, la convicción de que las supuestas desviaciones provenían de errores experimentales. El perfeccionamiento de la técnica, que permitía en las medidas una perfección al menos diez veces superior al límite fijado hasta aquí, o sea, de 1 : 10.000, el estudio sistemático de corrección de adsorción y el descubrimiento de otras causas de error, nos colocaban en posición extremadamente favorable para realizar dicho propósito, en parte ya logrado en el momento actual.

He aquí nuestro nuevo enunciado del método de las densidades-límite, bajo la base de que *todos* los gases presentan la densidad como función lineal de la presión, o sea, que

$$L_p = a + bp.$$

*Si determinamos la masa del litro de un gas a varias presiones comprendidas entre 0,5 y 1,0 atmósferas, y a continuación se determina la masa del litro de oxígeno, en condiciones idénticas y por el mismo autor, obtendremos dos series de valores que, después de todas las correcciones y referidos, siem-*

pre a 760 milímetros, por la fórmula de los gases perfectos, permiten extrapolar gráfica o analíticamente a la presión límite  $p = 0$ , o sea, la densidad límite,

$$L_p, L_{p'}, L_{p''}, \dots \dots L_{lim} \text{ (gas)}$$

y

$$L'_p, L'_{p'}, L'_{p''}, \dots \dots L'_{lim} \text{ (oxígeno)}$$

La relación de las densidades - límite  $L_{lim} : L'_{lim} = R_o$ , multiplicada por 32,000, nos da el peso molecular buscado,

$$M = 32,00 \times R_o$$

O bien, con cada par de valores, se establece una relación  $R_p$  que, tomada en serie, permite la extrapolarción a la relación límite  $R_o$

$$R_p, R_{p'}, R_{p''}, \dots \dots R_o$$

que se utiliza como en el caso anterior. El conocimiento de la ley de compresibilidad, o de la desviación a la ley de Avogadro, resulta de este modo, no premisa, sino consecuencia de las medidas. Con la máxima simplicidad el método adquiere la máxima lógica.

El nuevo enunciado no requiere tampoco el conocimiento de magnitudes *absolutas*. No interesa, de modo especial, la densidad *normal*. No hace falta conocer tampoco el volumen molecular normal. Además, con el establecimiento de *relaciones*, se compensan o eliminan gran número de pequeños errores sistemáticos (tal ocurre con posibles diferencias en la densidad del mercurio empleado, con errores de calibrado de los matraces, con errores en la escala barométrica, etc. Importa únicamente conocer con toda exactitud: presión, temperatura, peso de gas y corrección de adsorción). Ya vimos antes que esto puede conseguirse de modo muy satisfactorio. El método requiere, en cambio, que el oxígeno, gas patrón, sea estudiado en cada caso por cada autor y en el mismo aparato que el gas. Esto sirve para la *tipificación*, no sólo del aparato, sino también del operador, y con ello se obtiene una garantía plena de los resultados.

**LAS NUEVAS REVISIONES. RELACIONES MOLECULARES MÚLTIPLES.**—En esta etapa de *consolidación* de nuestra labor, cada dato lleva el aval de una confrontación doble o triple. Insistiendo en fijar las magnitudes de los pesos atómicos fundamentales, se han estudiado, en primer término, los que parecían más discutidos: carbono y nitrógeno. Se da en ellos la circunstancia feliz de ofrecer pares de compuestos *isosteros*, es decir, sistemas que, por tener idéntico número y ordenación de electrones externos, muestran propiedades casi idénticas de orden físico-químico. Cada par de isosteros se relaciona, además, con el oxígeno, estableciendo de este modo cadenas del tipo óxido de carbono: nitrógeno: oxígeno, o bien, anhídrido carbónico: óxido nitroso: oxígeno.

El primer par de isosteros,  $\text{CO} : \text{N}_2 : \text{O}_2$ , estudiado con la señorita Salazar, careció, tal vez, de pequeñísimos refinamientos de técnica. Pero los resultados fueron netamente satisfactorios, ya que la precisión excedió, en mucho, a lo conseguido hasta entonces. Dado el grado de precisión, fue necesario introducir por vez primera la corrección de adsorción, muy exigua para gases de la índole de óxido de carbono, nitrógeno y oxígeno. El resumen siguiente resulta muy demostrativo en este sentido. Son datos referentes al oxígeno obtenidos, en colaboración con González (1922), por Baxter y Starkweather (1926), y ahora con la señorita Salazar (1934). Damos, para compararlos, los datos de la densidad a 760 milímetros, y los acompañamos de las diferencias extremas,  $\Delta_1$ , del error medio sobre cada medida aislada,  $\Delta_2$  y  $\Delta_3$  sobre la media final:

Método	Moles & González (1922)	Baxter & Starkweather (1926)	Moles & Salazar (1934)
Electrolisis . .	1,42900 ( 6 m.)	1,42902 (41 m.)	
$\text{KMnO}_4$ . . . .	1,42890 (19 m.)	1,42896 (15 m.)	1,428932 (10 m.)
Cloratos . . . .	1,42863 ( 6 m.)	1,42896 ( 9 m.)	1,428935 ( 4 m.)
$\Delta_1$	$110 \times 10^{-5}$	$105 \times 10^{-5}$	$10,2 \times 10^{-5}$
$\Delta_2$	$32 \times 10^{-5}$	$27 \times 10^{-5}$	$2,2 \times 10^{-5}$
$\Delta_3$	$5 \times 10^{-5}$	$4 \times 10^{-5}$	$0,4 \times 10^{-5}$

Como se ve, la serie última presenta errores diez veces menores que las otras dos, a pesar de ser éstas mucho más numerosas, de tal modo que podemos atribuir al valor medio una precisión de 40-50 veces mayor. Las relaciones moleculares se determinaron para las presiones de 0,5 y 1,0 atmósferas, ya que la validez del método para estos gases no ofrece duda. He aquí los resultados:

	$L_{670/760}$	$L_{380/760}$	$L_{lim}$	$R_o$
CO ... ..	1,25000	1,24974	1,24948	0,87520
O <sub>2</sub> ... ..	1,42893	1,42829	1,42765	
N <sub>2</sub> ... ..	1,25047	1,25020	1,24992	0,87552

De ahí se deduce para  $O = 16,000$   
 $C = 12,0064$   
 $N = 14,0083,$

con una ínfima inseguridad en la tercera decimal.

Para la relación  $CO_2 : N_2O : O_2$ , revisada con la señorita Toral, hacía falta un estudio más detenido que pusiera de manifiesto que la ley

$$L_p = a + bp,$$

se cumplía efectivamente. El estudio se hizo extensivo a cuatro diferentes presiones de 1,00 , 0,750 , 0,6667 y 0,5000 atmósferas para el anhídrido carbónico, aceptando que el gas óxido nitroso, como isostero del anterior, se comportaría de modo idéntico. La primera parte tuvo una confirmación brillante. Los resultados para  $CO_2$ , pueden expresarse con toda precisión por la fórmula

$$L_p = (1,963331 \pm 0,000008) + 0,013606 p.$$

De este modo llegamos al sistema:

	$L_{760/760}$	$L_{380/760}$	$L_{lim}$	$R_o$
CO <sub>2</sub> ... ..	1,976938	1,970128	1,963331	1,375229
O <sub>2</sub> ... ..	1,428940	1,428295	1,427640	
N <sub>2</sub> O ... ..	1,978215	1,970990	1,963765	1,375522

de donde se deduce para  $O = 16,000$   
 $C = 12,0069$   
 $N = 14,0083,$

en excelente concordancia con los anteriores, y que echan por tierra los resultados de los investigadores ingleses Cawood, Patterson y Whytlaw-Grey, que pretendían obtener un valor del carbono  $C > 12,010$ .

En colaboración con J. Sancho, hemos realizado una nueva revisión de la densidad del amoníaco a diferentes presiones, en cuya técnica se mantuvo por primera vez en esta clase de medidas todo el sistema dentro de hielo, o sea, a  $0^{\circ} C$ : matraces, barómetro y tubos de enlace, quedando el resultado exento, por tanto, de la corrección de temperatura. Algunas de las medidas se han realizado en noviembre y diciembre de 1936, interrumpiéndolas a veces porque la trepidación del bombardeo impedía las pesadas...

Daré esta serie con detalle. El oxígeno lo midió ya antes, en el mismo aparato, C. Roquero, quien confirmó, además, el valor a 760 milímetros del amoníaco.

P	$L_p(NH_3)$	:	$L_p(O_2)$	=	$R_p$		$R_o$
1,0000	0,77140		1,428940		0,539840	}	0,532260
0,7500	0,76852		1,428624		0,537945		0,532256
0,6667	0,76755		1,428590		0,537312		0,532214
0,5000	0,765603		1,428290		0,534329		
0,0000	0,759809		1,427610		0,532224		0,532242

De ahí hemos calculado para  $O = 16,0000$   
 $N = 14,0079$

en perfecto acuerdo con los anteriores resultados.

Otras medidas realizadas en unión de la señorita Garrido para nitrógeno: oxígeno confirman totalmente los anteriores resultados.

de donde  $R_o(N_2 : O_2) = 0,87550,$   
 $N = 14,008.$

Finalmente, parece oportuno dar ahora el conjunto de re-

sultados obtenidos últimamente, para el oxígeno, gas patrón, junto con los valores deducidos para el volumen molecular normal:

Autor	$L_{760/760}$	$L_{lim}$	$V_0$
Moles & Salazar . .	$1,42893 \pm 0,00001$	1,427650	$22,4144 \pm 0,0001$
Moles & Toral . . .	$1,42894 \pm 0,00001$	1,427643	$22,4145 \pm 0,0001$
Moles & Roquero .	$1,42894 \pm 0,00001$	1,427619	$22,4149 \pm 0,0001$
Moles & Garrido .	$1,42894 \pm 0,00001$	1,427620	$22,4149 \pm 0,0001$

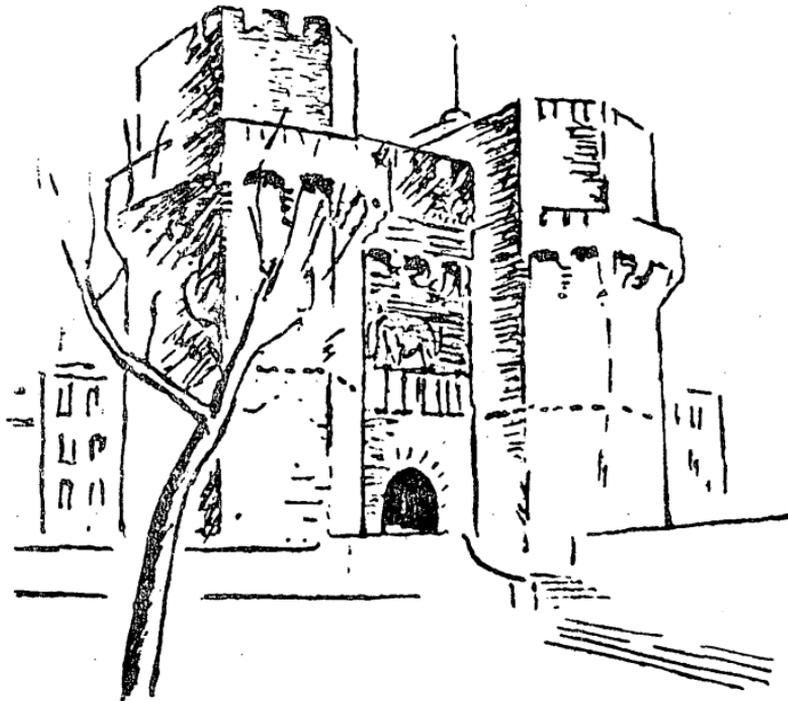
conjunto que constituye la máxima garantía para las medidas ejecutadas en el nuevo Instituto, y que permite considerar asegurado el valor de la densidad *normal* del oxígeno en *algunas millonésimas* y el de  $V_0$  a  $\pm 0,0001$ , límite inusitado y no conocido hasta aquí.

PRECISIÓN Y EXACTITUD. SU VALOR EDUCATIVO.—En el anterior resumen de veinte años de labor, en el tema de las densidades gaseosas, nos ofrece el balance hasta veinticuatro revisiones de densidades gaseosas, once revisiones críticas, nueve constantes universales, cuyo valor ha sido rectificado, y unas cincuenta publicaciones en diferentes idiomas. Se han rectificado leyes referentes al aire, hallando otras para el mismo y para el nitrógeno. Se ha formulado el método de las densidades límite de modo sencillo, previa la aplicación rigurosa de correcciones nuevas o renovadas. Cabe preguntar ahora si realmente tiene trascendencia social el trabajo de alta precisión en la forma relatada, y qué puede importarle a la masa cuál sea el valor de la cuarta, la quinta o la sexta decimal. Recordaré, a este propósito, que las tablas de pesos atómicos las utilizan en sus cálculos y análisis, diariamente, muchas decenas de miles de químicos de todo el mundo, a los que nosotros, especialistas, debemos la sinceridad de los resultados mejores. El interés de estas constantes en economía puede hacerse patente por la anécdota siguiente ocurrida en 1905. Debido, principalmente, a la labor de mi antiguo maestro Guye, en dicho año se introduce una rectificación básica en la tabla de pesos atómicos, y se da el caso de que un cargamento de mineral de cobre, destinado a un puerto yanqui, debía pagar impuesto de

aduana con arreglo a determinada partida del arancel. Hecho el análisis, unos químicos lo expresan según la tabla rectificada, y otros según la clásica, promoviéndose pleito, ya que la diferencia implicaba una diferencia de pago arancelario de unas 750.000 pesetas... ¡El pleito se decidió a favor de la modernidad!

Como disciplina mental, el trabajo de precisión lo juzgo excelente, y ningún otro medio contribuye más eficazmente a saber plantear los problemas, encauzarlos y resolverlos. De mis colaboradores citados en esta reseña son Catedráticos de Universidad, Jefes de industria o Catedráticos de Institutos, con personalidad propia, acusada: Batuecas, Clavera, Crespí, González Núñez, Miravalles, Rodríguez Pire, Sancho. Otros han iniciado de modo eficaz su carrera docente o técnica, y todos habrían de influir beneficiosamente en nuestros medios académicos y técnicos.

Valencia y enero de 1937.



## BIBLIOGRAFIA Y NOTAS

<sup>1</sup> *Gazzeta Chimica Italiana*, 56, 915; 1926.

<sup>2</sup> *Monatshefte für Chemie*, 69, 342; 1936; Collection of Czechoslovak Chemical Communications, VIII, 479; 1936. *Journal de Chimie Physique*, 34, 1937 (en prensa).

<sup>3</sup> El llamado litro *normal*, viene definido como la masa del litro de un gas, medida a 0°, bajo una presión de mercurio de 760 milímetros y a 0° también, reducido al nivel del mar y a la latitud de 45° (atmósfera *normal*); por tanto, la masa del litro a 0° y bajo 1 atmósfera.

<sup>4</sup> D. BERTHELOT: *Journ. Phys.* (III), 8, 273; 1899; *C. R.*, 145, 320, 1907.

<sup>5</sup> El uso de los percloratos anhídricos como desecantes se ha industrializado, sobre todo, en los Estados Unidos de América, motivando patentes y calificativos más o menos adecuados. Esperamos que también el perclorato de aluminio, último que hemos estudiado, se verá pronto bautizado e industrializado, sin mencionar, naturalmente, los estudios nuestros.

Los estudios sobre desecantes para gases realizados en mi laboratorio desde 1932, en colaboración con C. Roquero, J. González de Barcia, E. Velasco, C. Garayzábal y E. Mairlot, abarcan los percloratos de magnesio, bario y aluminio, el gel de sílice, el peróxido de bario, el anhídrido bórico, el sulfato cálcico y el carbonato potásico.



## CAPÍTULO IV

### MEMORIA DE JUAN JOSE Y FAUSTO DE ELHUYAR, SOBRE EL DESCUBRIMIENTO DEL WOLFRAMIO (1783), COMENTADA POR E. MOLES (1934)

En febrero de 1933 se conmemoró el primer centenario del fallecimiento de Fausto de Elhuyar, en una sesión extraordinaria de la Sociedad Española de Física y Química, conjuntamente con corporaciones profesionales, de enseñanza y de investigación de Ingenieros de Minas. En su disertación sobre «Elhuyar, químico», el profesor Moles informó del propósito de la Sociedad de la que era Secretario general, de «editar una *Biblioteca de clásicos españoles de la Ciencia*, en la que han de figurar, en primer término, Martí, Elhuyar y los que contribuyeron al auge científico de nuestro país en el período de 1775 a 1825. Es indispensable que procuremos todos que no subsista ya más el desconocimiento de nuestros hombres geniales que habrán de servir de norma y estímulo a las jóvenes generaciones». Este excelente proyecto no llegó a realizarse, por lo que ha parecido oportuno aprovechar la publicación del presente volumen, en una colección cuyos fines coinciden exactamente con los previstos por Moles para la *Biblioteca de clásicos de la Ciencia*, para hacer realidad su proyecto, publicando la Memoria (\*) original sobre el descubrimiento del wolframio.

---

(\*) La Memoria que aquí se presenta es una reproducción de la publicada por la revista vasca *Elhuyar* (Garibai, 23-3. a., San Sebastián-4), en el vol. 9, núm. 3, págs. 288-331, 1983. Nos es muy grato expresar nuestro profundo agradecimiento a don Iñaki Irazabalbeitia Fernández, coordinador de la revista *Elhuyar*, por su amable autorización para re-

Se han añadido los comentarios del profesor Moles —en su discurso de ingreso en la Academia de Ciencias— a los principales párrafos del texto de los Elhuyar. Se han reunido así, en un conjunto insuperable, la Memoria original y los comentarios acertados, precisos y elogiosos del maestro, que tanto se ocupó, por escrito y de palabra, por divulgar y enaltecer tal descubrimiento español, desde la publicación de su famoso artículo de 1928: «Wolframio, no tungsteno. Vanadio o eritronio» (Lista de trabajos núm. 153).

Todo ello, precisamente en este año 1983, especialmente simbólico, en el que coinciden la Conmemoración del Centenario del nacimiento de Moles y el Bicentenario del descubrimiento del wolframio, por los eminentes logroñeses hermanos Elhuyar.

---

producir el texto por ellos publicado en honor de los Elhuyar. Ello contribuirá, ciertamente, al deseo común de hacer conocer a las nuevas generaciones de químicos una de las más brillantes páginas de la investigación científica española: el descubrimiento del elemento 74.

EXTRACTO  
DE LAS  
JUNTAS GENERALES  
CELEBRADAS  
POR LA  
REAL SOCIEDAD BASCONGADA  
DE LOS  
*AMIGOS DEL PAIS*  
EN LA CIUDAD DE VITORIA  
POR SETIEMBRE DE 1783.



CON LICENCIA.

EN VITORIA : Por Gregorio Marcos de Robles y Revilla,  
Impresor de la misma Real Sociedad.

( 46 )

COMISIONES SEGUNDAS  
*de Ciencias y Artes útiles.*

NUMERO I.

*Analisis quimico del volfram , y exá-  
men de un nuevo metal , que entra  
en su composicion por D. Juan Fo-  
séf y Don Fausto de Luyart de la  
Real Sociedad Bascongada.*

§. I.

---

---

**E**L volfram es una de las substancias singu-  
la-

( 47 )

lares del reyno mineral, sobre cuya composicion han variado mucho las opiniones de los mineralogistas. Henckel ( *a* ) dice en su piritologia que es una mina de estaño arsenical y ferruginosa. Cronsted ( *b* ), y Valerio ( *c* ) lo han mirado como una alabandina mezclada con hierro y estaño. Justi ( *d* ) asegura que contiene hierro, arsénico, algo de estaño y una tierra no metálica, á los quales añade aun Baumer ( *e* ) azufre y tierra caliza. Scopoli ( *f* ) dice que es una mina de estaño, que dá veinte y ocho libras por quintal. Mr. Sage ( *g* ) piensa que es una combinacion del hierro con el basalto, y otros autores lo hacen compuesto de otras varias mezclas. Pero el único que ha exâminado con atencion este fosil

es

( *a* ) Pyritologie cap. 9.

( *b* ) Försök til mineralogie eller mineral rikets upställning. § 117.

( *c* ) Sistema mineralogicum tom. 1. fol. 345.

( *d* ) Gruntriss des mineral reichs fol. 58.

( *e* ) Naturgeschichte des mineral reichs tom. 1. fol. 448.

( *f* ) Enleitung zur Kenntniss und Gebrauch der Fossilien fol. 104.

( *g* ) Elemens de mineralogie docimastique tom. 1. fol. 209.

( 48 )

es Lehmann. ( *b* ), que refiere una multitud de experimentos , de los quales concluye que está compuesto de una tierra vitrescible combinada con mucho hierro , y una porcion muy pequeña de estaño. Los experimentos siguientes harán ver que lo que este autor llama tierra vitrescible tiene propiedades muy diferentes de las que debieran caracterizarla como tal, y que el producto ferruginoso contiene otra materia que él no conoció. CM. 1

Este fosil , que los alemanes han llamado *wolfram* ó *wolfarth* , y cuyo nombre se ha traducido en latin por *spuma lupi* , solo se ha encontrado hasta ahora en las minas de estaño ; pues aunque varios autores quieren hacerlo mas comun , es un error que proviene de que confunden algunas minas de hierro espejadas con el verdadero wolfram , como se conoce por sus descripciones , y por las piezas que con frecuencia se hallan' en los gabinetes baxo de este nombre. Por los malos efectos que produce esta materia en las fundiciones de los minerales de estaño , de los quales es muy difícil el separarla por los lavages , á

cau-

---

( *b* ) Physicalisch chymische Schriften fol. 275.

CM. Comentarios de E. Moles, pág. 141.

( 49 )

causa de su grandísima pesadez , le han dado tambien algunos el nombre de *lupus jovis*. No conocemos á este fosil ningun nombre español , ni tenemos noticia de que se haya hallado aun en el pais ; por lo que nos vemos precisados á usar del aleman , hasta que con el tiempo pueda descubrirse otro mas castizo.

## §. II.

Ete fosil es de un color negro pardusco. Se encuentra en masas , disperso y cristalizado en prismas hexâedros chatos apuntados con quatro caras , y estas apuntaduras terminadas en bisel. Interiormente es resplandeciente , y de un lustre que se acerca al metálico. Su fractura es hojosa con hojas chatas , pero algo confusas , y por algunos lados mas desigual que hojosa , y muy rara vez estriada. Quando la fractura es hojosa se observan partes separadas testáceas. Sus fragmentos son angulares indeterminados con bordes poco agudos. Es siempre opaco. Raspándolo dá un polvo pardo rojizo obscuro. Es blando , y extremamente pesado , y su pesadez expecifica es : : 1 : 6 , 835.

G

El

( 50 )

El volfram que hemos empleado en los experimentos siguientes tenía estos caracteres, y era de las minas de estaño de Zinnualde en las fronteras de la Saxonia , y de la Bohemia.

### §. III.

1. Por sí solo no puede fundirse con el soplete , solo se redondean los ángulos , pero el interior conserva su estructura y color sin alterarse.

2. Con la sal microcómica se funde con efervescencia , y forma un vidrio de un roxo jacinto en la llama exterior , y mucho mas oscuro en la interior.

3. Con el borax hace tambien efervescencia , y forma en la llama interior un vidrio de un amarillo verdoso , que en la exterior se vuelve rojizo.

4. Habiendo puesto una porcion de volfram en un crisol á un fuego fuerte durante una hora se hinchó , quedó esponjoso , y de color pardusco , tomó una semivitrificación , y era atraible por el iman.

5. Mezclado en partes iguales con el nitro , y echado en un crisol roxo *detona* , ó  
por

( 51 )

por mejor decir hierve con una llama azul en los bordes, y se levantan vapores nitrosos. Echándolo despues en agua se disuelve en parte, y unas quantas gotas de ácido producen en esta disolucion un precipitado blanco.

CM. 2

## §. I V.

1. Habiendo puesto al fuego en un crisol dos ochavas de volfram molido con quatro de alkali vegetal se fundió parte con bastante facilidad; y habiendo vaciado esta mezcla sobre una chapa de cobre, quedó en el crisol una porcion negra, que despues de bien *edulcorada* pesaba 37. granos.

2. Lo que cayó sobre la chapa se echó despues sobre el agua destilada, que habia servido para *edulcorar* el residuo del crisol, y filtrado el licor quedó sobre el filtro un polvo de color mas claro que el anterior, y que despues de bien lavado pesaba 9. granos. De esto resulta que la porcion disuelta por el alkali equivale á 98. granos.

3. El residuo negro que quedó en el crisol era atraible por el iman, y ensayado por medio del soplete daba con la sal microcósmi-

G 2

ca

( 52 )

ca un vidrio de color amarillo verdoso en la llama interior , y en la exterior una bolita, que al enfriarse presentaba un color roxo carmesí , y despues quedaba de un amarillo rojizo. Este último fenomeno nos indicó en esta materia una mezcla de hierro y alabandina. ( i ) Para separar de este residuo la parte de  
vol-

---

( i ) Este fenomeno curioso es muy útil para descubrir la alabandina mezclada con el hierro en qualquier estado que éste se halle. Es constante que la llama exterior del soplete calcina en general los metales , y que la interior les dá una porcion de flogisto. Hay muy poca diferencia en los efectos que producen estas dos llamas sobre el hierro , y en ambas dá éste á la sal microcómica un color verde mas ó menos cargado segun la cantidad que se emplea ; pero á la alabandina la llama exterior le dá un color roxo carmesí , que se desvanece en la interior. Siendo esto así es facil explicar la mudanza del color carmesí en amarillo rojizo en la mezcla de estas dos materias. La alabandina calcinada en la llama exterior presenta el color carmesí , que le es propio en este estado ; pero al enfriarse quita al hierro una porcion de su flogisto , y con ella pierde su color , y el hierro privado de esta parte dá un color amarillo de miel á la sal microcómica. Si en la mezcla hay mayor cantidad de alabandina que de hierro , como sucede en el caso actual , no hallando aquella todo el flogisto necesario , es muy natural el que dé al amarillo un matiz de roxo , y que de este resulte el amarillo rojizo.

La alabandina es un mineral negro , que varía mucho en quanto á su aspecto y figura , y es de mucho uso

( 53 )

volfram que podia haber quedado sin descomponerse , y exponerlo de nuevo á la operacion , lo desleimos en agua ; pero viendo que se sostenía con facilidad en ella , abandonamos nuestro intento , conociendo que debia ser muy poco ó nada lo que quedaba sin descomponer.

4. El otro residuo que quedó sobre el filtro lo atría tambien el iman ; pero su color era mas claro que el del anterior , y su accion sobre la sal microcómica indicaba contener mucha menos mezcla de alabandina.

5. Sobre la disolucion , ( §. IV. n. 2. ) que pasó clara por el filtro , echamos poco á poco ácido nítrico , y al instante se formó un precipitado blanco , que *edulcorado* varias veces , despues de haber separado el licor , conservaba un gusto dulce al principio , y des-

---

en las fábricas de vidrios y cristales , para quitarles el color verde , que sin esto sacarian. Gahn y Bergmann quimicos suecos , han descubierto últimamente que esta materia es la cal de un metal particular distinto de todos los demas que se conocen , y han dado medios para reducirlo al estado metálico , é indagado varias de sus propiedades , como puede verse en el segundo tomo de los opúsculos físico quimicos del segundo. Este ilustre escritor ha dado el nombre de *magnesium* á este nuevo metal,

( 54 )

despues picante y amargo , que ocasionaba una sensacion desagradable en la garganta, y cuya disolucion en el agua hacia rojear el papel azul de girasol. No pudimos determinar por entonces con exâctitud la cantidad de este precipitado , porque observamos que se disolvía bastante en las aguas de *locion*. Indagaremos mas adelante su naturaleza.

## §. V.

1. Logrados estos resultados por la via seca , pasamos á exâminar esta materia por la húmeda , y para esto pusimos en una redoma de vidrio cien granos de volfram molido, sobre el qual echamos una porcion suficiente de ácido marino , para cubrir el polvo hasta el grueso de un dedo. Esta redoma la colo-

---

romándolo del nombre magnesia , que ordinariamente se dá en latin á su mineral , y haciéndolo neutro para distinguirlo de una tierra particular que tiene este mismo nombre. Nosotros podemos evitar este equívoco , llamando alabandina al metal , y al mineral cal de alabandina , con especificacion del hierro ú otras materias con que se halle mezclado , y conservar el nombre de magnesia á la tierra. En este sentido emplearemos á lo menos por ahora estas voces. CM. 3

( 55 )

locamos en un baño de arena ; y habiendo hecho hervir el licor durante una hora , observamos que el polvo se volvía amarillo. Esta particularidad , y las propiedades ácidas que reconocimos en el precipitado blanco ( §. IV. n. 5. ) nos hicieron sospechar desde luego que la materia de que provenía este color podría ser el producto particular que Scheele químico sueco , ha encontrado nuevamente en una piedra llamada *tungstene* ó piedra pesada. ( k ).

Nuestra sospecha se hizo mas verosímil quando habiendo dexado reposarse el polvo, decantado el licor ácido, y *edulcorado* el residuo con agua destilada , echando despues alkali volátil cáustico , desapareció al instante el color amarillo , y quedó diáfano el licor. En vista de esto decantamos este líquido , y despues de haber *edulcorado* el residuo con agua destilada , lo volvimos á hacer hervir con nuevo ácido , que presentó los mismos fenomenos que el primero , y lo mismo el alkali volátil con que se repitió despues la operacion anterior , y así alternamos con el ácido

---

( k ) Journal de phisique. Fevrier 1783.

( 56 )

do y el alkali volátil , hasta que solo quedó un poco de polvo , que ni en el uno ni en el otro quiso disolverse , y el qual pesaba dos granos.

2. Este pequeño residuo era en parte quartzoso , y en parte parecia cal de estaño por el color lacteo que quedaba al enfriarse al vidrio , formado por medio del soplete con esta materia y la sal microcómica. Sin embargo no podemos asegurar que fuese verdaderamente estaño , porque su pequeña cantidad no permitió el hacer los experimentos necesarios para confirmarlo.

3. Despues juntamos las disoluciones acidas con sus aguas de locion correspondientes , y las hicimos evaporar hasta reducir las á unas quatro onzas , y lo mismo se hizo con las alkalinas , pero éstas no se evaporaron.

4. Dispusimos del mismo modo otras dos disoluciones por el ácido vitriólico , y por el nitroso , de las quales la primera tomó un color azul , y la segunda amarillo , lo que nos confirmó aun mas en lo que sospechabamos; pero como estas disoluciones se hacian con mas lentitud que la marina , las abandonamos, para seguir con ésta nuestras indagaciones.

To-

( 57 )

5. Tomamos despues la octava parte de la disolucion ácida , ( §. V. n. 3. ) y habiéndola ensayado con el alkali prusiano nos dió un azul muy abundante ; pero conociendo que en esta disolucion habria alabandina , y sabiendo que ésta se precipita juntamente con el hierro, recurrimos á otro medio , por el qual pudiesen separarse estas dos materias. ( 1 ) Para esto tomamos la disolucion restante , en la qual echamos una onza de ácido marino. Como habia disminuido mucho por esta operacion

H

( pues

---

( 1 ) Bergmann propone dos métodos para hacer esta separacion. El primero es evaporar á seco la disolucion, calcinar el residuo, y echar sobre él una porcion de ácido nitroso con un pedazo de azucar : en esta operacion el ácido disuelve facilmente la alabandina, y con dificultad el hierro. El segundo se reduce á precipitar ambos metales por medio del alkali prusiano ; de lo qual resulta que la alabandina que se combina con la parte colorante del azul de prusia, forma un compuesto soluble en el agua, y así puede separarse del hierro por los lavages ; pero ambos métodos tienen sus inconvenientes. En el primero el ácido nitroso disuelve parte del hierro, y así no es enteramente exácto : y el segundo, aunque indica con facilidad la cantidad de hierro, como la alabandina, vá mezclada en las aguas con la sal neutra que se ha formado en la precipitacion, no es posible determinar su cantidad, sino con mucho trabajo ; por lo que el método que hemos empleado nos ha parecido más aproposito para este fin.

( 58 )

( pues fue preciso reducirlo casi á seco ) echamos sobre el residuo quatro onzas de agua destilada , y despues de haber saturado el exceso de ácido con alkali fixo hasta que empezaba á enturbiarse el licor , pusimos la redoma en un baño de arena , y la hicimos hervir por espacio de un quarto de hora. Al paso que se calentaba la disolucion se formó un precipitado muy abundante , y habiéndola filtrado pasó clara y sin color , y lo que quedó sobre el filtro , que pesaba doce granos , era atraible por el iman despues de calcinado , y el vidrio que formó con la sal microcós mica no dió indicio alguno de contener alabandina.

6. Habiendo exâminado despues la disolucion clara por medio de unas gotas de alkali prusiano dió un precipitado pardusco , sin el menor átomo de azul ; por lo que pasamos á precipitarla enteramente , sirviendonos del alkali fixo vegetal no cáustico , y esto se hizo en tres tiempos , haciendo dar cada vez un hervor al líquido. Los dos primeros precipitados ensayados por medio del soplete , dieron con la sal microcós mica vidrios de color carmesí como la alabandina mas pura en  
la

( 59 )

la llama exterior , y en la interior desaparecía el color , y quedaban diáfanos. El tercero daba tambien con esta sal un vidrio del mismo color , pero que enfriándose quedaba algo lácteo , y que en la llama interior se conservaba tambien blanquecino. Este fenomeno nos indicaba una porcion , aunque infinitamente pequeña , de tierra caliza , ó de cal de estaño en esta materia ; pero mas nos inclinamos á que fuese la primera , porque á ser cal de estaño no hubiera aguardado á precipitarse la última. En quanto á la tierra caliza tampoco podemos asegurar su origen ; acaso provendría de las aguas que habiamos empleado , sin embargo de haberse puesto el cuidado posible en su destilacion. Los tres precipitados reunidos pesaban veinte y quatro granos y medio , y por la calcinacion se reduxeron á diez y nueve y quarto de cal negra. Pero si añadimos á esto lo correspondiente á la octava parte de la disolucion que precipitamos separadamente por el alkali prusiano , el total de la alabandina en estado de cal negra será veinte y dos granos , y el del hierro trece y medio.

7. Acabado esto , tomamos la mitad de

H 2

la

( 60 )

la disolucion alcalina ( §. V. n: 3. ), sobre la qual echamos gota á gota ácido nitroso muy desleido en agua , y se formó al instante un precipitado blanco copioso. Decantada la disolucion , se echó agua destilada sobre el precipitado para edulcorarlo ; pero viendo que se disolvía parte de él , y siendo nuestro ánimo determinar la cantidad , volvimos á echar sobre él la disolucion que habiamos decantado , para recoger lo que se habia disuelto , y la hicimos evaporar hasta que quedó en seco. Luego recogimos el residuo , y lo pusimos en una cazuelilla de barro dentro de la mufia de un horno de copela , y así se evaporó el nitro ammoniacal , y quedó una materia amarilla de color de azufre , que pesaba veinte y ocho granos. Como esta cantidad provenía de la mitad de la disolucion , resultaba que los cien granos de volfram , contenian cincuenta y seis de esta materia ; pero habiendo observado que el ondon de la cazuelilla quedaba amarillo la rompimos , y vimos que esta materia habia penetrado el barro del grueso de una línea ; por lo que repetimos esta operacion , sirviéndonos de un fondo de matrás de vidrio en lugar de cazuelilla,

y

( 61 )

y nos aseguramos de este modo que el volfram contiene unos sesenta y cinco por ciento de esta materia.

De estos mismos ensayos repetidos varias veces así por la vía seca, como por la húmeda resulta que el volfram está compuesto de alabandina, hierro, y una materia amarilla, cuyas propiedades exponremos luego. En quanto al cuarzo, y el poco de estaño que hemos sospechado en el residuo insoluble, creemos deban mirarse mas como partes extrañas que esenciales á la composición del volfram; pues no será mucho que proviniendo esta materia de unas minas de estaño, en que la matriz ordinaria es cuarzo, se hallen mezclados con ella algunos átomos de estos dos, de modo que se hagan imperceptibles á la vista.

La proporcion de estos principios por la vía húmeda es en cien granos de volfram.

Alabandina en estado de cal negra. . . . . 22. granos.

Cal de hierro. . . . .  $13\frac{1}{2}$

De la materia amarilla. 65.

Re-

( 62 )

Residuo de cuarzo y es-  
taño. . . . . 02.

---

102.<sup>1</sup>/<sub>2</sub>

---

CM. 4

Aunque el producto en hierro y alabandina por esta vía parezca mayor que el que sacamos por la seca, que solo eran quarenta y seis granos en todo, sin embargo de que el ácido marino volatiliza siempre algo de hierro, debe considerarse que el crisol no pudo lavarse tan perfectamente que no quedase algo pegado á sus paredes, y que además de esto el hierro y la alabandina, logrados por la vía seca, se acercan al estado regulino, y que los de la húmeda están mas calcinados. De esto mismo proviene que la suma de los productos que aquí se indican es mayor que la de los cien granos de volfram de que provienen. La materia amarilla contribuirá tambien algo á esta diferencia; pues no sabemos si en el volfram se halla precisamente en este mismo estado.

Para completar este analisis seria preciso

SO

( 63 )

so formar de nuevo el volfram , reuniendo estos principios en las proporciones en que los hemos hallado ; pero esta es una operacion que no hemos podido llegar á efectuar. No hemos hallado , ni vemos ningun medio para hacerlo por la via húmeda , y la dificultad de fundir el hierro y la alabandina , y aun mas la materia amarilla , ( que es mayor como se verá luego ) son obstáculos que no hemos podido vencer para lograr nuestro intento por la via seca.

El exámen que hemos hecho de esta materia amarilla del precipitado blanco , producido por el ácido nitroso en la disolucion alcalina fixa , ( §. IV. num. 5. ) y del que ocasionó el mismo ácido en la disolucion alcalina volátil , ( §. V. num. 7. ) nos ha acabado de convencer que estos productos son enteramente semejantes á los que obtuvo Scheele ( *m* ) en su analisis de la piedra pesada , y para mayor seguridad los hemos comparado con los que hemos sacado por el mismo método de una piedra pesada de las minas de  
*Schlas-*

---

( *m* ) Journal de phisique Fevrier 1783.

( 64 )

*Schlackenwalde* en la Bohemia ( *n* ), y se han hallado ser la misma cosa. Sin embargo no podemos disimular que nuestras experiencias nos han hecho ver que lo que dicho autor y Bergmann han mirado como sal simple ácida, es una sal muy compuesta, que varía según los procedimientos que se emplean para formarla, como se verá por los experimentos siguientes hechos con la materia amarilla.

CM. 5

## §. V I.

Para poder hacer con formalidad este exámen nos propusimos recoger una buena porcion de esta materia amarilla. Con este fin fundimos seis onzas de volfram con otro tanto de alkali vegetal, disolvimos esta mezcla en agua destilada, filtramos el licor, y lo evaporamos á seco. De este modo logramos una sal blanca, sobre la qual echamos, despues de haberla molido bien, ácido nitroso, y se puso á hervir en un baño de arena, y con esta operacion se volvió amarillo el pol-

---

( *n* ) Cien granos de esta piedra dieron sesenta y ocho de materia amarilla, y treinta de cal.

( 65 )

polvo. Decantamos despues el licor , y echamos sobre el residuo nuevo ácido , con el qual hicimos lo mismo que con el anterior, y esto se repitió tercera vez , para despojarlo de todo el alkali. El polvo que quedó lo calcinamos en la mufla de un horno de copela , y salió muy amarillo y puro.

CM. 6

## §. V I I.

r. Esta materia es enteramente insípida, y su pesadez específica es :: 1 ; 6 , 12. ( o )

I

En-

( o ) El método que hemos empleado para determinar la pesadez específica , así de esta materia , como de otras que veremos luego , es el siguiente : primero , se pone un frasquito de cristal bien seco en uno de los platos de una balanza delicada , y en el otro perdigones, ú otra qualquiera materia para hacer equilibrio , se introduce despues en él en pedacitos , ó en polvo una porcion de la materia sólida , cuyo peso específico se quiere conocer , y se tiene cuenta de su peso. Segundo, despues se llena el frasco de agua destilada , dexando dentro la materia que se exâmina , se anota el peso total de las dos , se substrahe de él el de la materia sólida, y la resta indica el peso del agua. Tercero, hecho esto se vacia la botella , se limpia bien , se vuelve á llenar de agua destilada , y se pesa. Substrayendo del peso del agua de esta tercera operacion el del agua de la segunda, la resta es el peso del agua que ocupaba en la tercera

( 66 )

2. Ensayada por sí sola con el soplete se conserva amarilla en la llama exterior , aunque sea sobre un carbon ; pero en la interior se vuelve negra , y se hincha , pero no se funde.

3. Con la sal microc6smica hace efervescencia , y forma en la llama interior un vidrio

operacion el mismo espacio que la materia s6lida en la segunda , y por consiguiente de volumen igual al suyo ; y comparando esta resta con el peso de la materia s6lida , el resultado es la pesadez especifica de 6sta.

Este m6todo d6 en general mayor pesadez especifica 6 los cuerpos , que la balanza hidrost6tica , porque examin6ndose en pedazos pequenos se disminuye mucho el n6mero de sus poros ; y as6 el volfram , que por la balanza hidrost6tica d6 6 , 835 , como queda dicho en su descripcion , por este otro m6todo d6 6 , 931 , reduci6ndolo 6 pedacitos del grosor de una lenteja . Con las materias reducidas 6 polvo fino , los resultados no son tan ex6ctos y constantes : unas tienen mas peso espec6fico que quando est6n en pedacitos , y otras menos . Esta diferencia proviene de que en las que d6n un resultado menor es dif6cil , por mas que se revuelva el frasco , que el agua llene bien todos los intersticios que quedan entre los granos del polvo ; por esto el volfram reducido 6 polvo d6 un resultado menor que por la balanza hidrost6tica : y en quanto 6 la mayor pesadez especifica en polvo que en pedazos , solo se observa en las materias que en estado s6lido son muy porosas , y en las que tienen alguna afinidad con el agua , que llena ent6nces bien todos los intersticios. CM. 7

( 67 )

drio transparente de color azul , mas ó menos intenso, segun la proporcion , pero sin mezcla de roxo. En la exterior se desvanece enteramente el color , pero vuelve á recobrarlo en la interior. Si se repite muchas veces esta alternativa , ó se mantiene largo tiempo en qualquiera de las dos llamas sobre un carbon , llega á perder de tal modo el color , que es imposible el volvérselo á dar. Este efecto proviene del alkali de las cenizas , que por su combinacion le quita el color , como sucede añadiendo un poco el alkali fixo , ó de nitro á un globulo del mismo vidrio nuevamente formado , y cuyo color sea intenso , pues al instante lo dexan diáfano.

4. Con el borax hace tambien efervescencia , y forma un vidrio amarillo pardusco y transparente , que conserva este color en ambas llamas.

5. Con el alkali mineral hace tambien efervescencia , y se combina sin presentar fenomeno particular.

## §. V I I I.

1. Esta materia no se disuelve en el agua,  
 12 pe-

( 68 )

pero triturándola con ella forma una emulsion, que atraviesa los filtros sin aclararse, y se mantiene largo tiempo sin depositarse. Solo se observa quando está muy cargada, que al cabo de algunos dias se forma hácia el hondon una nube mas densa que en lo demas del frasco, y al cabo de tres meses se conserva aun algo turbia. CM. 8

2. Los ácidos vitriólico, nitroso y marino no tienen ninguna accion sobre ella, ni basta la trituracion para que se deslíe y forme con ellos una emulsion. El ácido acetoso le dá un color azul, pero no la disuelve.

3. Esta materia se disuelve enteramente en el alkali vegetal caústico, no solo por la via seca, sino tambien por la húmeda, pero el resultado sale siempre con exceso de alkali. Si sobre esta disolucion se echan unas gotas de ácido nitroso, se forma al instante un precipitado blanco, que se vuelve á disolver agitando el licor, y echando de nuevo ácido vuelve á presentar el mismo fenomeno, y esto dura mientras la disolucion conserva exceso de alkali, pero el licor adquiere á proporcion mas amargura. Si se echa mas ácido de lo necesario para saturar este exceso, el pre-

( 69 )

precipitado que se forma no se redisuelve por mas que se revuelva , y filtrando la disolucion en este estado , queda sobre el filtro una sal blanca , y el licor que pasa claro , contiene nitro , y una porcion de esta misma sal. La sal que queda sobre el filtro tiene despues de edulcorada un sabor dulce al principio, y despues picante y amargo , y produce una sensacion desagradable en la garganta : se disuelve en el agua , y su disolucion hace ro-  
jear el papel azul de girasol.

Esta sal es semejante á la que sacamos por medio del ácido nitroso de la disolucion alcalina ( §. IV. num. 5. ), y es tambien la misma que obtuvo Scheel en su analisis de la piedra pesada ( §. I. let. f. ) ; á la qual dió el nombre de ácido , mirándola como un ácido simple. Aunque convenimos en que contiene un ácido , vamos á hacer ver que está combinado con una porcion de alkali , y del ácido precipitante , y que solo en este estado tiene propiedades ácidas.

## §. I X.

Las propiedades de esta sal varían bastante-

( 70 )

tante segun las circunstancias que acompañan á la precipitacion , como podrá conocerse por lo que sigue.

1. Con el soplete se funde por sí sola , y con los fundentes presenta los mismos fenomenos que la materia amarilla.

2. Puesta á calcinar en una cazuelilla, despide un olor de ácido nitroso , y se vuelve amarilla ; pero enfriándose queda blanca , insípida é insoluble , y éste residuo se funde por sí solo con el soplete.

3. Echando sobre una porcion de esta sal qualquiera de los ácidos vitriólico, nitroso ó marino , le dán un color amarillo , y en la disolucion filtrada se encuentra una sal neutra á base de alkali vegetal , respectiva al ácido que se ha empleado. Si esta operacion se hace en una retorta , y se emplea el ácido vitriólico , pasa al recipiente una porcion de ácido nitroso.

Si en lugar de echar el ácido sobre la sal , se echa sobre su disolucion , no se forma precipitado , ni aun haciendo hervir el licor , si es poca la cantidad de ácido ; pero la disolucion pierde el sabor dulce , y adquiere mas amargura. Si se echa ácido en abundan-

( 71 )

dancia , y se hace hervir el licor , se forma un precipitado amarillo semejante en todo á la materia amarilla que empleamos para formar esta sal. (§. VIII. num. 3.)

4. El ácido acetoso , ó vinagre destilado disuelve enteramente esta sal por medio de la ebullicion , y dexando enfriar despues la disolucion se deposita en las paredes del vaso una materia blanca tenaz como la cera, que lavada y amasada entre los dedos forma una masa glutinosa como la liga , la qual produce en la lengua una impresion mantecosa muy dulce , y dexándola al ayre toma un color pardo obscuro , pierde su tenacidad , y adquiere un sabor amargo. Esta materia se disuelve en el agua , y le dá un gusto dulce al principio , y despues amargo ; hace rojear el papel azul de girasol , y tiene las demas propiedades de la sal precedente , excepto que se vuelve azul con el ácido vitriólico , y que precipita el vitriolo de cobre. No podemos asegurar si ademas de la parte metálica del alkali , y del ácido acetoso , conserva esta sal algo de ácido nitroso ; pero lo cierto es que hemos logrado una sal absolutamente  
se-

( 72 )

semejante , empleando el ácido acetoso en lugar del nitroso en la precipitacion de la disolucion del polvo amarillo en el alkali fixo del modo siguiente.

Evaporamos á seco esta disolucion alkalinica , echamos sobre el residuo ácido acetoso; y habiéndolo hecho hervir , se disolvió la mayor parte. Decantamos al instante el licor, y dexándolo enfriar se formaron unos cristales en figura de barbas de pluma ; y habiéndolos edulcorado despues de separado el líquido , observamos que tenian un gusto dulce , aunque no tan sobresaliente como el de la sal anterior , y despues amargo : su disolucion hacia rojear el papel azul , y el espíritu de vino la precipitaba , pero quedaba emulsiva. El residuo que quedó sin disolverse era de la misma naturaleza. Estos mismos cristales puestos en digestion con nuevo ácido acetoso , se disolvieron , y le dieron un color azul ; pero habiéndolo dexado enfriar , desapareció poco á poco este color , y se depositó en las paredes del vaso una materia glutinosa, que tenia las mismas propiedades que la de antes. Si en lugar de dexar enfriar esta disolucion se continúa en hacerla hervir , desapare-

ce

( 73 )

ce el color azul , y no se precipita nada , ni aun al enfriarse ; y continuando la ebullicion hasta concentrarla casi á seco , y echando espíritu de vino para separar la sal acetosa alkalina que ha podido formarse , se precipita un polvo blanco , que despues de edulcorado con nuevo espíritu de vino , tiene un gusto amarguísimo , y es muy soluble en el agua , y esta disolucion no hace rojear el papel azul de girasol , ni azulear el que está preparado con el vinagre. Con el soplete presenta los mismos fenomenos que las sales acetosas precedentes : con el ácido vitriólico se vuelve azul su disolucion : con el vitriolo de cobre de un precipitado blanco : y en fin en todo lo demas no se distingue de ellas. Todas estas sales se vuelven por la calcinacion primero azules , y despues amarillas , y enfriándose quedan blancas.

Parece que en estas sales , aunque compuestas todas de los mismos principios , es á saber de la parte metálica , de alkali , y de ácido acetoso , sus diferentes proporciones , y el estado de combinacion mas ó menos perfecto , son la causa de la diversidad de sus sabores , y pequeña diferencia en las demas

K pro-

( 74 )

propiedades. Estas partes constituyentes se han descubierto del modo siguiente.

Habiendo echado sobre la disolucion así del precipitado formado por el ácido nítrico (§. VIII. num. 3. ), como de estas sales obtenidas por medio del ácido acetoso, una porcion de agua de cal, se formaron unos precipitados blancos, y todos eran una verdadera piedra pesada reengendrada. Habiendo echado despues sobre los licores filtrados ácido aereo, para precipitar la cal que les quedaba; y habiéndolos hecho hervir, así para efectuar mejor esta precipitacion, como para despojarlos del exceso de ácido aereo que tenian, encontramos en las disoluciones despues de filtradas y evaporadas á seco sales neutras, que en la que provenia de la precipitacion por el ácido nítrico eran nitro á base alcalina, y nitro calizo, y en las que resultaban del ácido acetoso en las dulces sal acetosa alcalina, y en la amarga esta misma sal, y una porcion de alkali aereado; lo que prueba que en todas ellas habia alkali, y el ácido empleado para su precipitacion.

6. Echando sobre la disolucion del precipitado formado por el ácido nítrico (§. VIII. num.

( 75 )

num. 3.) las disoluciones vitriólicas de hierro, cobre y zinc, las de sal marina mercurial, alumbre y alkali prusiano, no resulta ningun precipitado; pero el nitro calizo, y las sales acetosas de cobre y plomo dán precipitados blancos. El alkali prusiano no forma tampoco precipitado con las sales acetosas. ( §. IX. num. 4.)

Estos experimentos prueban suficientemente que esta sal no es un ácido simple, sino una sal compuesta de la materia amarilla, alkali fixo, y del ácido precipitante. La combinacion de esta materia amarilla con el alkali volátil, cuyas propiedades son muy semejantes á las de la sal anterior, acabará de aclarar este punto, haciendo ver que el ácido que ha logrado Scheele de la descomposicion de la piedra pesada por la via húmeda, es tambien una sal compuesta.

## §. X.

1. El polvo amarillo se disuelve tambien enteramente en el alkali volátil; pero esta disolucion sale siempre con exceso de alkali.
2. Esta disolucion la pusimos á evaporar

K. 2

en

( 76 )

en un baño de arena , y se formaron unos cristalillos en forma de agujas , que tenían un sabor picante y amargo , y hacían una impresion desagradable en la garganta , y su disolucion hacia rojear el papel azul de girasol. El licor que los cubría adquirió las mismas propiedades. Habiendo repetido esta operacion con diferentes porciones de estos mismos cristales , dexando las unas mas tiempo en el fuego que las otras , logramos disoluciones con tanto mas exceso de ácido , quanto mas tiempo sufrieron el fuego , y durante esta operacion despedían todas un olor de alkali volátil.

Estos cristales perdieron su alkali volátil por la calcinacion , y el residuo que quedó era un polvo amarillo enteramente semejante al que empleamos para formar esta disolucion , y habiendo hecho esta operacion en una retorta , el polvo que quedó era azul. Esta sal precipita las sales vitriólicas de hierro , cobre , zinc , y el alumbre , el nitro calizo , la sal marina mercurial , las sales acetosas de plomo y cobre , y con el agua de cal reengendra la piedra pesada. El ácido vitriólico la descompone , y dá un precipitado azul , el nitroso y el marino lo dán amarillo. El alkali

( 77 )

li prusiano no ocasiona ningun precipitado.

3. Habiendo echado ácido nitroso sobre otra porcion de la disolucion , con exceso de alkali , se precipitó un polvo blanco , que despues de bien edulcorado tenia un sabor dulce al principio , y despues picante y amargo , y su disolucion hacia rojear el papel azul de girasol. Esta sal es enteramente semejante al precipitado blanco que obtuvimos en el analisis de volfram ( §. V. num. 7. ) , y el ácido que sacó Scheele de la piedra pesada §. III. let. c. y d. de su memoria.

Esta sal es semejante á la que obtuvimos de la disolucion alkalina fixa ( §. IX. num. 3. ) , excepto en las propiedades siguientes : 1<sup>a</sup>. que su disolucion se descompone haciéndola hervir , se vuelve emulsiva de color azul , y se precipita un polvo azul sin propiedades salinas : 2<sup>a</sup>. que por la calcinacion se vuelve amarilla , y en vasija cerrada azul , y este residuo no se funde con el soplete : 3<sup>a</sup>. que con el ácido vitriólico se vuelve azul : 4<sup>a</sup>. que con el alkali fixo despide un olor de alkali volátil : 5<sup>a</sup>. que con el agua de cal , ademas de formar una piedra pesada reengrendrada , despide al mismo tiempo olor de alkali volátil,

y

( 78 )

y evaporado el licor, despues de decantado, dá solamente nitro calizo. En fin esta combinacion es mucho mas débil que la del alkali fixo. Esto prueba que esta sal es tambien una sal triple formada del polvo amarillo de alkali volátil, y del ácido precipitante, y que así de ningun modo debe mirarse como ácido simple.

Sinembargo no podemos menos de hacer justicia á los Señores Scheele y Bergman. Sabemos que la piedra pesada, de la qual han sacado estos productos, es un fosil muy raro, y poco conocido, y nos consta particularmente que han tenido muy poca cantidad para hacer con formalidad su exámen; pues de lo contrario no hubieran dexado de indagar sus propiedades con la exâctitud y sagacidad que reynan en sus obras maestras. Continuemos ahora con la materia amarilla.

## §. X I.

I. Este polvo se vuelve azul dexándolo en un parage claro, y con mucha mas prontitud exponiéndolo al sol, y el azul es mas intenso en este último caso.

Ha-

( 79 )

2. Habiendo tenido á un fuego fuerte durante media hora cien granos del mismo polvo en un crisol de Zamora bien tapado, salió una masa esponjosa de un negro azulado, cuya superficie estaba cristalizada en agujas finas como la mina de antimonio plumosa, y el interior compacto, y del mismo color. Era bastante dura para no pódese despedazar con los dedos, y moliéndola se reduxo á polvo de color azul obscuro. No pudimos saber con exâctitud su disminucion, por haberse empapado una parte en la masa del crisol. Su pesadez específica era en pedacitos :: 1 : 5, 7, y en polvo :: 1 : 9, 55. (p) Triturando este polvo con agua se formó una emulsion azul, que pasó por los filtros sin aclararse. Calcinándolo en la mufla de un horno de copela se volvió amarillo con  $\frac{2}{100}$  de aumento en su peso.

3. Habiendo mezclado cien granos del mismo polvo con otros ciento de azufre, y habiendo puesto esta mezcla en un crisol de

---

(p) Este es un exemplo de la mayor pesadez específica en polvo que en masa, por ser esta materia muy esponjosa en este último estado.

( 80 )

de Zamora, á un fuego fuerte por espacio de un cuarto de hora, salió una masa de un azul obscuro, que podia despedazarse con los dedos, y cuyo interior presentaba una cristalización en agujas finas como las precedentes, pero transparentes, y de color de lápiz lázuli obscuro. Esta masa pesaba quarenta y dos granos, y puesta sobre unas ascuas, no despedía olor de azufre.

4. Habiendo puesto otros cien granos de este polvo en un crisol de Zamora, guarnecido con carbonilla, y bien tapado, á un fuego fuerte, en el qual estuvo hora y media, encontramos rompiendo al crisol despues de enfriado, ( *q* ) un boton que se reducía á polvo entre los dedos. Su color era gris, y examinándolo con un lente, se veía un conjunto de globos metálicos, entre los quales habia algunos del tamaño de una cabeza de alfiler, cuya fractura era metálica, y de color de acero. Pesaba sesenta granos, y por consiguiente habia disminuido quarenta. Su pesadez es-

pe-

---

( *q* ) La primera vez que hicimos este experimento rompimos el crisol, sin dexarlo enfriar enteramente; y así que tuvo la materia contacto con el ayre, se encendió, y su color gris se volvió en un instante amarillo.

( 81 )

pécífica era :: 1 : 17 , 6. Habiendo puesto parte de él á calcinar , se volvió amarillo con  $\frac{24}{100}$  de aumento de peso. Habiendo puesto una porcion de este polvo en digestion con el ácido vitriólico , y otra con ácido marino , no padecieron ambas mas alteracion que la de disminuir  $\frac{2}{100}$  de su peso ; pues decantado el licor , y exâminando el polvo con un lente , se reconocian aun los granos con aspecto metálico. Ambos licores ácidos daban con el alkali prusiano un precipitado azul ; lo que nos dió á conocer que la pequeña disminucion provenía de una porcion de hierro, que sin duda recibió el boton del polvo del carbon en que se envolvió. El ácido nitroso, y el agua régia estrageron tambien de otras dos porciones la parte de hierro ; pero ademas las convirtieron en polvo amarillo enteramente semejante al que empleamos para esta operacion. CM. 9

## §. X I L

1. Habiendo puesto cien granos de oro,  
L y

( 82 )

y cincuenta del polvo amarillo en un crisol de Zamora guarnecido con carbonilla , y habiéndolo tenido en un fuego fuerte por espacio de tres cuartos de hora , salió un boton amarillo, que se despedazaba entre los dedos , cuyo interior presentaba granos de oro separados de otros de color gris ; lo que indicaba no habia habido fundicion perfecta , pero tambien al mismo tiempo que esta materia hacia mas refractario al oro ; pues el calor que sufrió era mucho mas que suficiente para fundir este metal. Este boton pesaba ciento treinta y nueve granos , y por consiguiente hubo una disminucion de once granos. Habiendo copelado este boton con plomo , quedó el oro puro en la copela ; pero esta operacion se hizo con bastante dificultad.

2. Habiendo hecho una mezcla de plata y polvo amarillo en las proporciones precedentes , y habiéndola expuesto á un fuego fuerte con las mismas circunstancias durante cinco cuartos de hora , salió un boton , que se desmoronaba con facilidad entre los dedos, y en el qual se observaban los granos de la platina mas blancos que lo regular , y algunos de ellos notablemente mudados en quanto

( 83 )

to á su figura. Este boton pesaba ciento y quarenta granos , y por consiguiente hubo una disminucion de diez granos. Habiéndolo puesto á calcinar tomó un color amarillo con muy poco aumento de peso ; y habiéndolo lavado despues para separar la platina , quedaron ciento diez y ocho granos de ésta con color negro : puesta esta porcion de nuevo á calcinar á un fuego fuerte en una mufla , no sufrió alteracion sensible en el peso ni en el color ; pues ni amarilleaba , ni tenia el color gris de la platina , sino que se conservó negra como se puso. Es de advertir que en los lavages no se puso tanto cuidado en recoger toda la platina , como en despejarla bien del color amarillo , que por esta razon las aguas de locion se llevaron parte del polvo fino negro , y por consiguiente el aumento que conservó la platina despues de lavada y calcinada segunda vez , debe computarse en mas de los diez y ocho granos que indicaba por su peso.

Habiendo mezclado el polvo amarillo con los demas metales en las mismas proporciones que con los precedentes , y habiéndolos tratado del mismo modo , nos dieron los resultados siguientes.

L 2

Con

§ 4 )

3. Con la plata formó un boton blanco gris algo esponjoso, que con algunos golpes de martillo se estendía bastante; pero continuándolos se hendía y despedazaba. Este boton pesaba ciento quarenta y dos granos, y es la aligacion mas perfecta que hemos logrado despues de la del hierro.

4. Con el cobre dió un boton de un roxo de cobre, que tiraba al gris esponjoso bastante ductil, y pesaba ciento treinta y tres granos.

5. Con el hierro crudo ó colado de calidad blanca dió un boton perfecto, cuya fractura era compacta, y de color blanco gris. Era duro, agrio, y pesaba ciento treinta y siete granos.

6. Con el plomo formó un boton de un gris obscuro con muy poco lustre, esponjoso, muy ductil, y que al martillararlo se abria en hojas. Pesaba ciento veinte y siete granos.

7. El boton formado con el estaño era de un gris mas claro que el del precedente, muy esponjoso, algo ductil, y pesaba ciento treinta y ocho granos.

8. El del antimonio era de color gris, resplandeciente, algo esponjoso, agrio,  
Y

( 85 )

y se despedazaba con facilidad. Pesaba ciento y ocho granos.

9. El del bismuto presentaba una fractura, que mirándola en cierta dirección era gris con lustre metálico, y mudando de dirección parecía terrosa, y sin lustre alguno; pero en ambos casos se distinguía una infinidad de agujeros esparcidos en toda la masa. Este botón era bastante duro, agrio, y pesaba sesenta y ocho granos. (\*)

11. Con el mineral de la alabandina dió un botón de color gris azulado, y aspecto terroso, y su interior examinándolo con un lente se asemejaba á una escoria de hierro impura. Pesaba ciento y siete granos.

### §. X I I I.

Estos experimentos realizan las sospechas de Bergmann, que considerando la pesadez específica de esta materia, y la propiedad de colorar la sal microcósmica, y el borax, congetura (r) que es de naturaleza metálica. La mudanza de su color al paso que se  
car-

---

( r ) Journal de phisique Fevrier 1783.

(\*) En ninguno de los abundantes comentarios publicados sobre esta «MEMORIA», hemos visto mencionada la omisión —común a las dos ediciones españolas y a la inglesa— del punto 10 de este capítulo. Este punto sí figura en la versión francesa (Toulouse, 1784) y se refiere al ensayo de aleación del wolframio con el cinc. A. P. V.

( 86 )

carga de flogisto : la disminucion de peso absoluto , y aumento de pesadez específica en la misma proporcion : el aspecto metálico que recibe á un fuego fuerte con la carbonilla , y las propiedades que presenta en este estado: las diferentes aligaciones mas ó menos perfectas que forma con los metales : y la disminucion de pesadez específica , y aumento de peso absoluto á medida que disminuye en su combinacion el flogisto , son pruebas incontestables de su naturaleza metálica. El polvo amarillo debemos pues considerarlo como una cal metálica , y el boton regulino que se logra combinando este polvo con el flogisto por medio de la carbonilla , como un verdadero metal. Pero ademas de estos dos estados puede este metal , como el arsénico , reducirse á ácido ; pues aunque no hemos podido lograrlo hasta ahora libre de toda combinacion con propiedades verdaderamente ácidas , las combinaciones que forma con los alkalis , y sobretodo con el volátil , cuyo compuesto presenta propiedades ácidas , nada equívocas , son suficientes para asegurar que verdaderamente toma el estado ácido , y tal vez multiplicando los experimentos , podrá

( 87 )

drá descubrirse en breve el método para tenerlo puro , como se ha hecho con el ácido arsenical.

Este metal presenta varias propiedades, que lo distinguen de todos los demas que se conocen , como son : 1º. su pesadez específica que es : : 1 : 17 , 6 . : 2º. los vidrios que forma con los fundentes : 3º. la dificultad en fundirse , que es mayor que la de la alabandina : 4º. el color amarillo de la cal que dá por la calcinacion , la qual no hemos podido llegar á fundir : 5º. las aligaciones con los demas metales , distintas de las que forman éstos entre sí : 6º. su insolubilidad á lo menos directa en los ácidos vitriólico , marino y nitroso , y en el agua régia , y el color amarillo que toma con estos dos últimos : 7º. la facilidad con que en este estado de cal se combina con los alkalis , y las sales que resultan de estas combinaciones : 8º. la emulsion que forma su cal triturándola con agua , aun quando tiene cierta cantidad de flogisto : 9º. la indisolubilidad de esta cal en los ácidos vitriólico , nitroso , marino y acetoso , y el color azul que toma con este último. Todas estas diferencias son bastante notables , para que

( 88 )

que podamos mirar esta materia metálica como un metal *sui generis*, distinto de todos los demas.

Daremos á este nuevo metal el nombre de volfram, tomándolo del de la materia, de la qual lo hemos sacado, y miraremos ésta como una mina, en que este metal está combinado con el hierro y la alabandina, como queda probado. Este nombre le corresponde mejor que el de tungusto ó tungsteno, que pudiéramos darle en atencion á haber sido la tungstene ó piedra pesada la primera materia de que se ha sacado su cal, por ser el volfram un mineral que se conocia mucho antes que la piedra pesada, á lo menos mas generalmente entre los mineralogistas, y que el término volfram está ya recibido en casi todos los idiomas de Europa, aun en el mismo Sueco. Mudamos su terminacion m. en n. para acomodar mejor al genio de nuestra lengua las denominaciones de las sales que se forman con esta substancia, llamándolas sales volfránicas.

### Comentarios de E. Moles (1934)

- CM. 1 - «En esta introducción se pone de manifiesto, de modo absolutamente natural y sencillo, que sus autores conocen corrientemente la bibliografía química francesa, alemana y sueca. Indudablemente, las más completas para un tema de química mineral como el que iba a desarrollarse.»
- CM. 2 - «Los ensayos del wolfram, por vía seca, demuestran "cuán provechosas fueron para don Fausto de Elhuyar las enseñanzas recibidas en los seis meses que permaneció en Upsala junto a Bergmann". En esta parte y en el párrafo cuarto, número 3, dan los autores reseña detallada de observaciones nuevas para su tiempo, y que se refieren a la caracterización del manganeso junto al hierro.»
- CM. 3 - «Prescindiendo de algunos de los términos un tanto anacrónicos utilizados en los anteriores párrafos, se ve claramente que los autores se explicaron perfectamente los fenómenos debidos a la oxidación de la sal ferrosa por la sal mangánica, hecho que daba lugar a la desaparición del color rojo carmesí, quedando únicamente el color amarillo de la sal férrica. En cambio, en el caso del wolfram, en el que hay un predominio marcado de la sal mangánica, puede tener lugar la oxidación completa en la perla de la sal de fósforo de toda la sal ferrosa, quedando todavía exceso de sal mangánica, que comunica a dicha perla el color rojo que predomina. Resulta curioso en el segundo párrafo de la nota anterior, el interés que muestran los autores en hacer desaparecer un equívoco, del que se dan per-

fecta cuenta y que proviene de la denominación poco feliz, propuesta por Bergmann, para designar lo que hoy conocemos con el nombre de manganeso. Bien es verdad que, por no haberse aislado entonces todavía el metal, la propuesta de los Elhuyar, que designara a aquél con el nombre de alabandina, no tuvo aceptación.»

CM. 4 - «De este modo establecen la composición del mineral wolfram, que hoy se conoce, en efecto, como wolframato de hierro y manganeso. Las proporciones relativas difieren un tanto de los análisis modernos realizados con dicho mineral, pero suponen ya una exactitud considerable para aquella época.»

CM. 5 - «Vemos aquí, en primer término, que los Elhuyar identifican la existencia del mismo  $WO_3$  en la tungstena analizada por Scheele y Bergmann, y también que tienen una visión clara de la multiplicidad de formas bajo las cuales pueden presentarse los wolframatos alcalinos. Sabemos hoy, en efecto, de la existencia de orto, meta y parawolframatos, así como de sistemas en los cuales la relación ponderal y estequiométrica del óxido básico al óxido ácido es variadísima.»

CM. 6 - «En el párrafo seis, describen, con concisión y claridad admirables, la obtención del trióxido puro, exento de álcali, para lo cual precipitan de la solución alcalina, evaporada a sequedad, el  $WO_3$  por repetidos tratamientos con el ácido nítrico, calcinando el residuo obtenido en la mufla del horno de copela. Tiene interés especial este punto, ya que los Elhuyar se dieron perfecta cuenta de que tanto Scheele como Bergmann no llegaron a tener en sus manos el trióxido puro, sino mezclas de trióxido con wolframato alcalino. Esto lo prueba, sobre todo, un dato experimental de gran interés. En efecto; la determinación de la densidad del trióxido les conduce para ésta al resultado de 1 : 6,12, cuando Bergmann halla para el mismo producto la den-

sidad 1 : 3,6. Los datos actuales de la densidad de las distintas formas del trióxido de wolframio oscilan entre 6,3 y 7,2. Es por esto que los Elhuyar no solamente consiguieron su propósito de aislar el  $WO_3$  puro, sino que además siguieron para la determinación de la densidad un método muy preciso, del que nos ocuparemos en seguida. Para el wolframato potásico, la densidad oscila, en efecto, alrededor de 3,2, dato que confirma la impureza del producto manejado por Bergmann. Esta impureza explica, como ya lo hizo notar muy acertadamente el académico señor Hauser, que tanto Scheele como Bergmann, primero, y Vauquelin y Hecht después, fracasaran en sus ensayos para obtener el régulo metálico.»

CM. 7 - «Vemos planteado, de manera formal, en lo anterior el método para determinar densidades que conocemos en el momento actual con el nombre del *método del frasco*, que no figura todavía en los tratados de física del último tercio del siglo XVIII, sino bastante más tarde. Vemos, asimismo, que los Elhuyar se dan perfecta cuenta de las perturbaciones ocasionadas por el aire retenido en los poros de los cuerpos sólidos o superficialmente, en los mismos cuerpos reducidos a polvo. Probablemente, si la técnica del vacío hubiese estado suficientemente adelantada en aquella época, no habrían titubeado los Elhuyar en llevar a cabo en el vacío sus medidas de la densidad.»

CM. 8 - «Para todos nosotros, familiarizados con la terminología coloidequímica, el hecho reseñado nos aparece como algo muy lógico, casi trivial. En efecto; es bien sabido que una de las características del ácido wolfrámico es la de poderse presentar al estado de hidrosol, como consecuencia inmediata de su polimerización habitual. Sin embargo, la observación de los Elhuyar, realizada casi dos tercios de siglo antes de que Graham estableciera las características del estado coloidal, demuestra una agudeza y una finura de espíritu nada común. La

*nube*, cuya formación observan en las suspensiones más *cargadas*, les hace fijarse en la sedimentación experimentada por el hidrosol envejecido, que en un principio pasa al través de los filtros, sedimentación que muchos años más tarde sirve a Perrin para establecer sobre bases sólidas la teoría actual del estado coloide.»

CM. 9 - «De este modo quedó descrito el descubrimiento fundamental que había de perpetuar en las obras de química el apellido Elhuyar. Ya hemos mencionado antes el hecho de que no consiguieran la obtención del régulo metálico, ni los contemporáneos, Bergmann y Scheele, ni tampoco los posteriores, Vauquelin y Hecht, y que esto se debía, como hizo notar muy bien el señor Hauser, a no haber operado la reducción sobre un trióxido puro, sino, más bien, sobre un wolframato alcalino. Asombra, no obstante, que con los medios de la época, o sea, a fuego de carbón vegetal avivado por el aire de un fuelle, consiguieran los Elhuyar, no solamente la reducción del trióxido, sino un principio de fusión del polvo metálico obtenido. Sabemos hoy que precisamente el punto de fusión del metal wolframio es uno de los más elevados que se conocen, próximo a los 3.400° C.

»El dato obtenido para la densidad del metal les resulta un poco bajo (17,6 en lugar de 19), hecho que se explica por la presencia de impurezas en el producto, entre ellas el hierro, puesto ya de manifiesto por los autores, en la proporción de un 2 por 100. Asimismo, resultaría un poco elevada la pérdida de peso experimentada en la reducción del trióxido. En cambio, es de una extremada exactitud la cifra para el aumento de peso resultante de calcinar el polvo metálico para convertirlo en el óxido amarillo. En efecto; este aumento es de 24 en 98 (hecha la corrección del hierro). La relación  $O : W = 48 : 184$  es, por tanto, de 26 por 100. No podía alcanzarse más con medios tan rudimentarios como los manejados por los Elhuyar.»

Equivalencia de las expresiones del siglo xviii, empleadas en la Memoria

Acido acetoso	Acido acético	Cal de hierro	Oxido de hierro
Acido aéreo	Acido carbónico	Cal metálica	Oxido metálico
Acido marino	Acido clorhídrico	Cal negra de alabandina	Bióxido de manganeso
Acido nitroso	Acido nítrico		
Acido vitriólico	Acido sulfúrico	Edulcorar	Disolver/desalar
Alabandina	Manganeso	Grano	48 mg.
Alkali aereado	Carbonato alcalino	Línea	2 mm.
Alkali fixo vegetal	Potasa	Nitro	Nitrato potásico
Alkali prusiano	Ferrocianuro potásico		
Alkali vegetal cáustico	Potasa	Nitro amoniacal	Nitrato amónico
Alkali volátil	Amoníaco	Nitro calizo	Nitrato cálcico
Alkali volátil cáustico	Amoníaco	Sal marina mercurial	Cloruro mercuríco
Alkali volátil no cáustico	Carbonato amónico	Tierra vitrescible	Sulfato cálcico

### Comentario complementario a la nota al pie de la página 137

Durante la corrección de las segundas pruebas de este volumen, ha aparecido la monografía número 21, enero de 1985, del Aula de Cultura Científica de Santander, *El wolframio: elemento químico español*. En la página 46 de esta publicación se menciona y comenta la omisión citada en la nota arriba indicada, referente al capítulo sobre las aleaciones de diversos metales con el recién descubierto wolframio. Además, y traducido de la versión francesa de la Memoria de los Elhuyar, se da en la monografía, por primera vez en español, el texto del ya mencionado y omitido punto 10, que dice así: «El botón con el cinc era de un negro grisáceo, de aspecto terroso, muy esponjoso y frágil. Pesaba 42 granos». A. P. V.

## CAPÍTULO V

### ALGO DE LO MUCHO QUE, EN TIEMPOS Y AHORA, SE HA DICHO SOBRE E. MOLES

- I. BLAS CABRERA, Catedrático de la Facultad de Ciencias de Madrid; Director del Instituto Nacional de Física y Química, Rockefeller. Contestación al Discurso de ingreso de E. Moles en la Academia de Ciencias, 1934:

«Pertenece Moles a aquel tipo de hombres hechos para ser blanco de los más encontrados sentimientos; y no por casualidad, sino como lógica consecuencia de su actividad. Ferrovioso de la ciencia y sincero patriota, aspira a impulsar una violenta corriente de trabajo en cuantos le rodean. Empuja a todos, se entrega a cuantos le siguen y choca con quienes van más despacio de lo que él quiere. En el primer momento, cuando sólo se percibe el tirón violento, la reacción no suele ser favorable, pero no tarda en despertarse una decidida adhesión y aplauso.»

- II. JOSÉ LANZA, Catedrático de la Universidad de Montevideo; Presidente de la Asociación de Farmacia y Química de Uruguay. En la solemne sesión científica celebrada el 27-IX-1930, en honor del profesor E. Moles:

«Profesor Moles:

»A quien como vos está avezado a presidir las Sesiones de

la Sociedad Española de Física y Química, siempre amenizadas por asuntos de verdadero interés en el campo de la ciencia, esta reunión de nuestra Asociación de Farmacia y Química parecerá un hecho perfectamente normal, sin contornos extraordinarios que la destaquen a vuestros ojos. No es así, sin embargo; la reunión de esta noche constituye en nuestro pequeño mundo científico un hecho extraordinario, tan extraordinario que en los cuarenta y dos años de existencia, cumplidos precisamente en el mes que corre, es la primera vez que se produce, y por eso ha de quedar ligado al grato recuerdo de vuestra estada entre nosotros, grabado con letras de oro en los Anales de nuestra Institución.

»Debo someterme a la tiranía del tiempo, pero he de explicaros en pocas palabras el porqué de este acontecimiento.

»La Asociación de Farmacia y Química deseaba testimoniaros el alto concepto que le merece vuestra personalidad, por tantos motivos digna de ser admirada y ensalzada. Sabía que vuestros merecimientos eran muchos y comprendió que para que el homenaje fuese digno de vos debía superarse en mucho a sí misma y que, aun así y todo, siempre él sería muy modesto. Al requerimiento que, con loable empeño, hizo el profesor Cerdeiras —“alma mater” de este movimiento— con el fin de poderos brindar una reunión de carácter científico, sabiendo que ninguna otra manifestación sería más grata a vuestro espíritu, respondió con entusiasmo un grupo selecto de cultores de la química, y ahí veis, profesor Moles, cómo, al solo influjo de vuestra presencia, se realiza el milagro que esta noche nos congrega en torno vuestro.

»En nombre de la Asociación de Farmacia y Química os ruego queráis aceptar este sincero homenaje, mirando en él, por sobre todas las cosas, la expresión de nuestro sincero afecto y honda simpatía.»

- III. RALPH E. OESPER, profesor de la Universidad de Cincinnati. En *Journal of Chemical Education*, 13, 368, agosto 1936:

ENRIQUE MOLES (\*)

«The outstanding Spanish chemist of the present era is Enrique Moles, born at Barcelona, July 25, 1883. Although his first advanced degree was Doctor of Pharmacy (Madrid, 1905), he soon turned his chief attention to inorganic and physical chemistry. He studied at Munich and Leipzig (1908-10) and then, after two years as Professor of Inorganic Chemistry in the Pharmacy Faculty at Madrid and also as Professor of Physical Chemistry at the Laboratory for Physical Investigation, he went to Switzerland, first as Fellow at Zurich (1912) and later (1915-17) as Fellow, then Privatdozent, at Geneva, where, in 1916, he was awarded the degree of *Docteur es Sciences Physiques*. In 1920 he was granted his *Doctorate of Chemical Science* at Madrid. Since 1927 he has occupied the chair of Inorganic and Physical Chemistry in the Faculty of Chemical Sciences at Madrid, and since 1931 he has also been Chief of Section at the National Institute for Physics and Chemistry.

»In 1910 he published the first of his more than 150 papers that have appeared in the leading periodicals of Spain, Germany, England, France, Italy, and Holland. These have dealt with non-aqueous solutions, molecular volumes and additivity, constitution of hydrates, magneto-chemistry, inorganic complexes, etc. In particular, he has, since 1916, issued a series of fundamental studies, both critical and experimental, dealing with the atomic weights of bromine, fluorine, oxygen, nitrogen, sodium, iodine, carbon, sulfur, argon. This work has led to review not only of the values for these elements but also of those of hydrogen, potassium, chlorine, and silver.

---

(\*) Este texto va acompañado de una fotografía, a toda plana, del profesor Moles. Es precisamente la misma que figura en la cubierta del presente volumen. Hay algunos pequeños errores, especialmente en las fechas, pero se ha preferido no modificar el original.

The most interesting item in this study was the demonstration that the values for the halogens obtained by physico-chemical methods and by purely chemical methods are concordant, a finding that closed the long discussion between the two schools headed respectively by Guye of Geneva and Richards of Harvard. Moles has definitely established the value of the normal liter of oxygen and consequently of the normal molecular volume of all gases, a constant that frequently occurs in the fundamental formulas of atomistic. His results are accepted as standard in such works as International Critical Tables, Landolt-Börnstein, Tables annuelles internationales de Constantes. Prizes and subventions have been granted to him not only by Spanish organizations, but also by R. Accademia dei Lincei of Rome, the Solvay Fund of Brussels, the Van't Hoff Fund of Amsterdam.

»Honors have come to him in full measure: Spanish Academy of Sciences, National Council of Education, Vice President of the International Union of Chemistry. Permanent Commission of the Table of Constants of Physical Chemistry, former President and now General Secretary of the Spanish Society of Physics and Chemistry, General Secretary of the IXth International Congress of Pure and Applied Chemistry, Chevalier de la Légion d'Honneur, etc. He is a member of many chemical societies and has frequently represented Spain at international conferences on chemistry. More than 40 doctorate theses have been prepared under his direction and 14 studies for admission to higher faculties have been supervised by him. Offers of chairs of physical chemistry at Munich, Zurich, and Baltimore testify to his international reputation.

»He was or is collaborator in: Landolt Bornstein, Tables annuelles, *Journal de chimie physique*, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, *Anales de la Sociedad española de física y química*. The JOURNAL OF CHEMICAL EDUCATION may point with pride to its Foreign Editor for Spain.»

- IV. Instituto Internacional de Cooperación Intelectual de las Naciones Unidas. Esta Organización, predecesora de la UNESCO, organizó en Neuchâtel (Suiza), en diciem-

bre de 1937, una reunión sobre «Las determinaciones físico-químicas de pesos atómicos y moleculares», con la participación de los investigadores europeos más activos en esta especialidad, entre ellos, naturalmente, el profesor Moles. Al término de la reunión, los participantes acordaron por unanimidad transmitir al Instituto de Cooperación una original moción que decía así:

«Estimando el singularísimo carácter de las investigaciones ya efectuadas en los Laboratorios de Leeds (profesor Whytlaw-Gray) y Madrid (profesor Moles), y considerando las instalaciones especialísimas de estos dos laboratorios, dotados de todos los elementos para investigaciones que muy difícilmente se encuentran en otros laboratorios, el Comité solicita de la Organización Internacional de Cooperación Intelectual, que tenga a bien señalar a los Gobiernos británico y español, por los medios que dicha Organización estime oportunos, el mérito de estos laboratorios especializados, que se consideran por los sabios de todos los países como Laboratorios Internacionales.»

Aunque el representante del Instituto de Cooperación en dicha reunión, el químico español doctor Angel Establier propuso transmitir con todo interés la propuesta a su Organización, dieciséis meses después desaparecía el laboratorio de Moles, su Escuela y la experiencia y fecunda labor de la Sección de Química física del Rockefeller.

- v. RAÚL BERROJO JARIO. Tesis Doctoral: «Enrique Moles y su obra». Barcelona, noviembre de 1980 (véase cita 3, capítulo I).

No es posible reproducir en su totalidad las conclusiones de esta tesis, pero parece imperioso entresacar, en brevísimo resumen, las referentes a los aspectos de las actividades de Moles menos tratadas en los capítulos anteriores de esta obra:

Son dignas de destacar sus cualidades personales

- a) «Capacidad de trabajo increíble. Múltiples y variados asuntos simultáneos eran resueltos con toda facilidad por él.

- b) Carácter exigente con los demás y consigo mismo. No tolera fallos y su espíritu crítico es temible, para él mismo incluso.
- c) Patriota inquebrantable, pero realista. "Reconoce la inferioridad española en materia científica y se esfuerza por subsanarla, no por disimularla. Con el paso de los años se consigue que disminuya y entonces se muestra orgulloso e incluso alardea de ello".
- d) Como consecuencia de ese patriotismo, proyecta la creciente pujanza de la Química española hacia el extranjero, en especial hacia Europa, para mostrarla, y hacia Hispanoamérica para ayudar a la incorporación de los países hermanos a la ciencia mundial.»

«En su interés por el postgraduado, lucha contra la "importación" de técnicos extranjeros y promueve la ayuda al licenciado español como medio de estimular y favorecer al que sigue la carrera científica. Trata, a este fin, de establecer una fructífera relación Universidad-Industria que permita a esta última utilizar los servicios de la ciencia española, a la vez que ella colabora a fomentar los estudios en la primera. No obstante propiciar esta relación, abomina de los estudios técnicos en sí: prefiere una buena cultura química que actúe como base sólida desde la que poder enfrentarse a los problemas industriales reales.

»Su prestigio científico personal fue enorme: en los laboratorios de Europa se admitía a trabajar a sus discípulos sin más requisito que una carta de presentación suya. Se le ofrecían cátedras en el extranjero y se le escuchaba en la Unión Internacional de Química.

»Como resumen de estas conclusiones podemos establecer que Moles es una de las personalidades científicas españolas que más ha hecho por la Química de nuestro país y por su prestigio mundial. Olvidarse de ello es una ingratitud hacia un hombre que, con sus aciertos y sus errores, se entregó en cuerpo y alma a elevar unos conocimientos que eran manifiestamente inferiores a los del resto de Europa hasta un nivel

equiparable al de los países más adelantados. Fuera como fuera, pensara como pensara, debe ser recordado siempre por su afán de lucha y por su entrega total a la ciencia.»

- VI. JOSÉ MARÍA MARAVALL, Ministro de Educación y Ciencia. En la apertura del acto conmemorativo del Centenario del nacimiento del profesor E. Moles. Madrid, 12-XII-1983.

«Pertenece Enrique Moles a aquella generación prodigiosa de mujeres y hombres que durante las décadas que precedieron al inicio de nuestra guerra civil dedicó todos y cada uno de sus mejores esfuerzos a lograr un relanzamiento colosal de la ciencia y la cultura de nuestro país.

»Hace sólo unos pocos días, tuve la oportunidad de pronunciar una charla en torno a la figura de Alberto Jiménez Fraud, que fuera director de la Residencia de Estudiantes a lo largo de toda su rica existencia. Jiménez y Moles nacieron aquel mismo año de 1883. Juntos, años más tarde, habían de recorrer en proximidad no sólo espiritual sino geográfica, uno de los más brillantes y creativos tramos de la historia de España.

»Reflexionaba en mi charla sobre uno de los aspectos que más me han llamado siempre la atención de la obra de la Residencia: la exquisita atención que aquella casa de poetas, músicos, filósofos, dedicó siempre a la investigación científica. Ya desde su fundación, y a pesar de la extrema escasez de espacio, Jiménez Fraud consideró esencial la instalación en los sótanos del pequeño hotelito de la calle Fortuny, de algún laboratorio científico. Así se fundaron el de Anatomía microscópica, dirigido por Luis Calandre, y los de Química general, dirigidos por José Sureda y Julio Blanco.

»Años más tarde, cuando la Residencia pasó a ocupar su definitiva ubicación, se destinó todo un pabellón, el cuarto (el popular "trasatlántico"), para laboratorios científicos. Cuando les hablaba de la proximidad geográfica en la que vivieron Alberto Jiménez y Enrique Moles, me refería, naturalmente, a la vecindad de la Residencia y el que fue Instituto de Física

y Química, popular y coloquialmente llamado "el Rockefeller". Ambas instituciones se fecundaron mutuamente durante los escasos pero feraces cinco años de convivencia común.

»En aquel ambiente de trabajo apasionado, compartido por creadores de tantas y tan distintas especialidades, presidido siempre por un espíritu abierto de respeto y colaboración, fue donde se forjaron muchos de los mejores frutos de la inteligencia española de este siglo. Enrique Moles fue uno de ellos.

»Pasar por alto aquella circunstancia, creo que sería incurrir en un grave error. Todo creador, por genial que sea, es siempre producto y consecuencia de su entorno. Ramón y Cajal, Presidente en aquel tiempo del Patronato de la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas, de la que siempre recibió Moles los mejores estímulos y apoyos, escribió en su libro *Los tónicos de la voluntad*: "La producción del hombre de ciencia, como toda actividad del espíritu, hállese rigurosamente condicionada por el medio físico y moral. Con razón se ha dicho que el sabio es planta delicada susceptible de prosperar solamente en un terreno especial, formado por el aluvión de secular cultura y labrado por la solicitud y estimación sociales. En ambiente favorable, hasta el apocado siente crecer sus fuerzas; un medio hostil e indiferente abate el ánimo mejor templado".

»Ambos sabios tuvieron oportunidad de experimentar personalmente el cerco de la ignorancia, la envidia y la mediocridad de unos pocos. Moles, ustedes lo saben, hubo de sufrirlo de manera especialmente brutal, con años de cárcel y hasta con una grotesca y atroz pena de muerte pesando sobre él. Ello ocurrió, naturalmente, en un tiempo distinto al de sus grandes trabajos y descubrimientos. En un tiempo de oscurantismo insensato que hoy es preciso olvidar.

»En 1951, y con motivo de haber sido nombrado miembro correspondiente de la Academia de Farmacia Cubana, Moles realizó el que habría de ser su último viaje al extranjero. En aquel acto, pronunció un discurso un exiliado español, Pedro Domingo, que había sido catedrático de Microbiología de la Universidad de Barcelona. En el mismo, pronunció Domingo estas palabras: "Cada generación ofrece, como natural fruto, un reducido número de hombres en los cuales sus excepciona-

les capacidades se dan la mano con la excelsitud de su espíritu. Son los grandes forjadores del progreso, que dan vidas y ascensos a sus colectividades mientras permanecen cuidados. Pero, separados de su orden, todo será pronto aventado, creándose una nueva categoría humana: la de los forjadores sin fragua; y el maestro, forjador sin fragua, no tiene discípulos a quienes adiestrar en su arte. Es ésta, estimado amigo Moles, una terrible pena que no podemos disimular, ni mucho menos ocultar”.

»Todos ustedes conocen perfectamente la ingente labor científica que Enrique Moles realizó durante los años en que pudo desarrollarla libre y dignamente. Es preciso dejar constancia, aunque escueta, de la calidad e innovación que en la época supusieron, no sólo en el ámbito español, sino en todo el mundo, sus cerca de trescientos trabajos científicos referidos a temas como los Pesos atómicos (a los que corresponde prácticamente la mitad de su obra), Obtención, descomposición térmica y otras propiedades de compuestos, Disoluciones y disolventes, Magnetoquímica, Volúmenes moleculares, Temas farmacéuticos, etc.

»Sobre lo que Moles hubiera llegado a conseguir, de haber podido continuar su trabajo en la España de la postguerra, pesa, como es lógico, una incógnita fatal. A pesar de ello, no es difícil suponer que muchas y muy buenas hubieran continuado siendo sus aportaciones a la ciencia española y mundial.

»Es triste que Moles sea ejemplo de lo que le puede ocurrir a un creador que se ve condenado a vivir en una sociedad que vuelve la espalda al progreso científico e intelectual.

»Son muchos aún los científicos españoles que realizan su labor en el extranjero; tenemos mucho que hacer si queremos que en nuestro país se encuentren los medios y el ambiente favorable del que Cajal hablaba. Un país como el nuestro, con un horizonte de desarrollo ante sí aún amplio, que busca activamente salir de la profunda crisis económica en la que se encuentra, no puede permitirse el lujo de tener a muchos de sus mejores hombres y mujeres lejos de sus fronteras.

»El Gobierno del que formo parte tiene el propósito de organizar, racionalizar y potenciar el sistema español de Ciencia-Tecnología. La Ley de Reforma Universitaria, en alguno

de sus más importantes aspectos, y el futuro instrumento legal de ordenación del sistema científico-técnico, en el que estamos trabajando intensamente, expresan y han de hacer posible la nueva política emprendida. Nuestra meta es que todos los muchos jóvenes valores que las instituciones docentes e investigadoras de España producen, puedan tener la oportunidad de fructificar en su país (\*).

»A modo de epílogo, en una conferencia pronunciada por el profesor Pérez Vitoria en homenaje a Enrique Moles, decía: "... deseo, espero y creo que, si perdimos el pasado y también una parte del presente, podemos salvar el futuro obrando no uno a uno, sino todos juntos: profesores y estudiantes, investigadores veteranos y jóvenes, un Gobierno no burocratizado, la sociedad en general, para que en breve, si no volvemos, y seguramente no volveremos, a la época del trabajo alegre y de la alegría trabajadora, que veamos, sí, una Universidad impregnada del progreso, de la libertad y del humanismo que tan generosamente derramó la Junta para Ampliación de Estudios".

»Es este un reto que, en la parte que nos corresponde, aceptamos con ilusión y confianza. La vida y la obra de Enrique Moles será para todos nosotros un estímulo y un ejemplo permanentes en la tarea que nos hemos propuesto realizar.»

VII. JAVIER SOLANA, Ministro de Cultura. En la clausura del acto conmemorativo del Centenario del nacimiento del profesor E. Moles. Madrid, 12-XII-1983.

«Yo no tuve el privilegio de conocer al profesor Moles. Muchos de los que me han precedido en el uso de la palabra sí tuvieron ese privilegio. Yo no lo tuve, pero quiero decir que, de las personas de mi generación, seguramente seré de los que mejor conocí al profesor Moles. Recuerdo todavía con

---

(\*) Se solicitó del Ministro de Educación y Ciencia la creación de una(s) Beca(s) «Centenario del profesor E. Moles». La respuesta ha sido favorable, al establecer varias Becas en los campos de Química física y Química inorgánica, para cursar el 5.º año de Ciencias químicas y realizar la Tesina y para Licenciados para llevar a cabo la Tesis Doctoral.

emoción el primer día que mi padre me habló del profesor Moles. Era en la cocina de mi casa y él me estaba tratando de enseñar cómo la llama cambia algunos colores de algunos productos químicos. En aquella lección de espectroscopia básica, me contó también mi padre quién fue Moles, quién fue Blas Cabrera, quién fue Catalán, quién fue, al fin y al cabo, el Rockefeller, qué fue la Junta para la Ampliación de Estudios. Por tanto, creo que tengo el privilegio entre las gentes de mi generación de haber conocido a Moles de los propios labios de quien quiso mucho a Moles, de los propios labios de quien admiró a Moles, de labios de una persona que también pudo conocer lo que significaron aquellos momentos de la vida española en la comunidad científica, aquellos momentos de resurgir de nuestra vida cultural en la España que era de todos. Por tanto, poco más les puedo decir sino transmitirles estas palabras emocionadas de honda admiración de una generación que hubiera querido conocer a Moles y su actividad científica y que no pudo, que hubiera querido conocer a don Blas Cabrera y no pudo, de una generación que estuvo también ajena de algunos de los grandes maestros que España pudo tener y que no tuvo para nosotros. Fue Moles, pienso, en opinión conocida por boca de Miguel Mejías, un hombre que no solamente se dedicó a la investigación científica, que no solamente se dedicó a la vida universitaria, sino que tenía una visión más amplia de la vida. Creo que fue o que estuvo involucrado en todas las acciones de aquellos años que tenían un cierto sentido cultural, académico, para, en definitiva, el bien de nuestro país.

»Fue miembro del Patronato del Instituto Escuela, dio conferencias en la Residencia de Estudiantes, participó en la Junta de Obras de la Universidad, fue de aquellos hombres que no quiso quedarse únicamente enclavado en la Universidad a la que entonces pertenecía, sino que trató también de dar a la sociedad aquello que la sociedad reclamaba. Creo que era de aquellos hombres que, de acuerdo con Juan de Mairena, pensaban que sólo había una razón de peso en contra de la ilusión del saber, de la ilusión de la cultura inédita.

»Se ha averiguado que el segundo principio de la termodinámica rige también para esta forma espiritual de energía. Que

la ilusión de la cultura implique necesariamente una degradación de la misma que la haga prácticamente inútil. Fue, por tanto, un hombre que se dejó llevar también y se involucró en las posiciones más racionales de esa pequeña historia de nuestro país. Fue un hombre que reflexionó también seriamente sobre el pasado de nuestras gentes. Recuerdo que en el discurso de su ingreso en la Real Academia, el 28 de marzo de 1934, dijo que no quería hablar de decadencia científica de España, quería hablar de progreso deficiente de nuestra ciencia, porque nuestro país —decía él— no hemos sido un país agotado en materia científica, sino un país no formado.

»El enemigo, decía él en su discurso de ingreso en la Academia, fue siempre el mismo: la Administración y la burocracia. Los mejores planes, las mejores intenciones, los propósitos más ideales, quedan destrozados contra el muro inmovible de la rutina. Nos decía él, al cabo de siglo y cuarto, cuando nos hablaba de Orfila en su discurso de ingreso en la Academia, que los profesores de química de nuestros centros docentes no se forman todavía por el método experimental, preconizado por Orfila y acreditado en todo el mundo, y hablaba él de una oposición que, aunque alternada, sigue en pie; de una oposición que resulta muy difícil explicar a un extranjero y que don Blas Cabrera abordaba de la siguiente manera: "¿pero qué significa propiamente esto que Moles llama dificultades en la Administración?; ¿hemos de concretar la responsabilidad a los gestores de esa Administración en los jefes de negociado o ministros? Creo yo, decía D. Blas, que son las primeras víctimas, porque es difícil no personificar en ellos la responsabilidad de un estado de cosas ciertamente lamentable".

»Imaginemos por un momento que en el mismo negociado, que ha sido una muralla que obstaculizó una acción provechosa para el resurgimiento científico de España, sentemos a un hombre comprensivo que allane los obstáculos.

»Habremos ganado una instancia, decía don Blas, pero ello no impedirá que luego exista otra, y luego otra.

»Sólo con el cambio de fondo que supondría la renovación de toda la vida oficial tendrían remedio nuestros males, pero tal renovación, decía don Blas, no puede ser una simple revo-

lución. Requiere un estado de cultura, cuya construcción será la obra lenta de la Universidad y de muchos hombres.

»Si todos ponemos el esfuerzo, el tesón y la actividad de Moles, quizás en nuestros días o en la generación que inmediatamente nos siga, la vida de los investigadores españoles marche por una senda más fácil, una senda que no llegaron a soñar aquellos héroes de los comienzos del siglo pasado, pero que sería injusto negar que ya nosotros vislumbramos.

»Palabras de Moles, palabras de Blas Cabrera, dos grandes científicos que seguramente todos debemos recordar como lo que fueron, grandes científicos y grandes patriotas. Pienso que hoy todos estamos haciendo un esfuerzo para hacer realidad las aspiraciones, los sueños de aquellos grandes amigos, aquellos grandes hombres de ciencia de nuestro país.

»Pero no deja de ser triste que la mayoría de las jóvenes no sepan quién fue don Blas Cabrera, quién fue el profesor Moles.

»Creo que a todos los que de una u otra manera les conocimos por vía directa o por la palabra emocionada de otros, deberíamos hacer un esfuerzo para que estos hombres sean en verdad el acervo común de todos los españoles y puedan cumplir en la historia de nuestro país el puesto que les corresponde.

»Y acabo como empezaba: nos hemos reunido aquí, señoras y señores, para recordar a un hombre sabio que hizo mucho por nuestro país y que podría haber significado aún más de haber sido otra la historia de nuestro país. Que nunca más tengamos que reunirnos aquí a recordar a hombres sabios y buenos de esta manera.»

VIII. Otras páginas podrían llenarse, sólo con los resúmenes de todo lo que se dice en honor del maestro Moles, en las cartas y telegramas de adhesión, individuales o colectivos, recibidos tanto de España como del extranjero, con ocasión del Centenario de su nacimiento. Pero sólo se puede dar una simple relación de ellas, con los nombres de personas y corporaciones, para dejar constancia permanente de su recuerdo y admiración por Moles,

tras años de vicisitudes y de circunstancias poco favorables para recordaciones de este tipo:

- MANUEL BALLESTER BOIX, Director del Instituto de Química Orgánica Aplicada del C.S.I.C. Barcelona;
- ADELA BARNÉS GONZÁLEZ, profesora del Instituto Tecnológico. México;
- RAÚL BERROJO JARIO, Doctor en Farmacia, Inspector de Bachillerato del Estado. Zaragoza;
- MARÍA AURELIA CAPMANY FARNÉS, Concejala de Cultura y Enseñanza del Excmo. Ayuntamiento de Barcelona;
- VENANCIO DEULOFEU, profesor Emérito de Química orgánica de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires;
- MARÍA DE LOURDES GÓMEZ PAMO, Licenciada en Ciencias Químicas. Madrid;
- VICENTE IRANZO RUBIO, Catedrático de Química inorgánica, Facultad de Farmacia de la Universidad de Barcelona;
- ODÓN MOLES VILLASEÑOR, Barcelona.
- CARLOS NOGAREDA DOMÉNECH, Catedrático de Química física de la Facultad de Ciencias de Salamanca;
- LUCAS RODRÍGUEZ PIRE, Catedrático de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Oviedo;
- MARÍA TERESA TORAL-ADOMIÁN, profesora de la Escuela de Química, Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México;
- PILAR VILLÁN, Doctora en Ciencias Químicas. Bilbao.
- JOSÉ VIRGILI, Director del Departamento de Química física, Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Barcelona.

Academia das Ciencias de Lisboa;

Accademia Nazionale dei Lincei, Roma;

Académie Polonaise des Sciences, Varsovia;

Académie Royale de Belgique, Bruselas;

Asociación Química Argentina, Buenos Aires;

Aula de Cultura Científica (\*), Santander.

---

(\*) Se agradeció la activa cooperación de esta Organización, que

Facultad de Ciencias Básicas, Universidad Nacional de Rosario (Rep. Argentina);  
Facultad de Farmacia de la Universidad de Barcelona;  
Facultad de Medicina de la Universidad de Buenos Aires;  
Instituto de Investigaciones Físicoquímicas Teóricas y Aplicadas, Universidad de La Plata (Rep. Argentina);  
International Union of Pure and Applied Chemistry, Oxford;  
Real Academia de Farmacia de Barcelona.

---

envió varios cientos de ejemplares de la conferencia resumida en el capítulo I, para ser distribuidos a los asistentes al acto conmemorativo del Centenario de Moles.



## LISTA DE TRABAJOS DEL PROFESOR E. MOLES

1. «Palmera (*Phoenix dactylifera* L.) ramificada de Barcelona». *Bol. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 2, 212-214, 1902.
2. «Procedimientos de análisis de silicatos, seguidos en el análisis cuantitativo de algunas micas españolas»: Memoria de doctorado. Tipografía S. Asmarats, Barcelona (San Andrés), 1906, 53 págs.
3. «Análisis de algunas micas españolas». *Bol. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 6, 498-500, 1906.
4. «Formulario-Guía de farmacología, terapéutica y análisis químico-farmacéuticos» (con A. NOVELLAS). Imp. Elzeviriana, Barcelona, 1909, 500 págs.
5. «Gaslöslichkeit in wässrigen Lösungen von Glycerin und Isobuttersäure» (con K. DRUCKER). *Z. phys. Chem.*, 75, 405-436, 1910.
6. «Solubilidad de gases en soluciones acuosas de glicerina y ácido isobutírico». *An. Junta Ampl. Estud. Invest. Cient.*, IV, Memoria 3.ª, 93-134, 1911.
7. «Acerca de un nuevo método para determinar solubilidades de gases». *Anales* (\*), 9, 79-82, 1911.
8. «Un curso teórico y práctico de Química-física». *An. Junta Ampl. Estud. Invest. Cient.*, IV, Mem. 2.ª, 67-90, 1911.
9. «Acerca de las soluciones de líquidos con una temperatura crítica». *Anales*, 9, 157-172, 1911.
10. «Forma práctica de tubo para P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>». *Anales*, 9, 214-215, 1911.
11. «Acerca de la constante ebulloscópica del Cl<sub>2</sub>C». *Anales*, 10, 30-33, 1912.
12. «Investigaciones acerca del cloruro de cromilo» (con L. GÓMEZ VILLEGAS). *Anales*, 10, 43-64, 1912.

---

(\*) La abreviatura oficial es: *An. Soc. Esp. Fis. Quím.*, pero empleamos *Anales*, por figurar así en otros textos de este volumen.

13. «Über das Chromylchlorid» (con L. GÓMEZ). *Z. phys. Chem.*, **80**, 513-530, 1912.
14. «El bromuro de etileno como disolvente crioscópico». *Anales*, **10**, 131-138, 1912.
15. «Äthylendibromid als kryoskopisches Lösungsmittel». *Z. phys. Chem.*, **80**, 531-536, 1912.
- 16/17. «La teoría de los magnetones y la magnetoquímica de los compuestos férricos» (con B. CABRERA). *Anales*, **10**, 316-344 y Conclusión: 394-431, 1912.
18. «La teoría de los magnetones y la magnetoquímica de los compuestos férricos» (con B. CABRERA). *Asoc. Esp. Prog. Cienc.*, **IV**, 199-233, 1913.
19. «Las teorías de las soluciones». *Asoc. Esp. Prog. Cienc.*, **I**, 159-170, 1913.
20. «Acerca de la presencia de selenio en el ácido clorhídrico concentrado» (con S. PIÑA). *Anales*, **11**, 73-77, 1913.
21. «Estado del Se en el ácido sulfúrico absoluto». *Asoc. Esp. Prog. Cienc.*, **IV**, 255-260, 1913.
22. «La teoría de los magnetones y la magnetoquímica de los compuestos de hierro» (con B. CABRERA). *Anales*, **11**, 191-192, 1913.
23. «Viscosidad y conductibilidad eléctrica en soluciones concentradas de  $\text{Cl}_2\text{Fe}$ » (con M. MARQUINA y G. SANTOS). *Anales*, **11**, 192-211, 1913.
24. «Estudio químico-físico de las soluciones acuosas de cloruro férrico» (con M. MARQUINA y G. SANTOS). *Asoc. Esp. Prog. Cienc.*, **IV**, 235-254, 1913.
25. «Solubilidad mutua en el sistema benceno-acetamida» (con E. JIMENO). *Anales*, **11**, 393-398, 1913.
26. «Solubilidad mutua en el sistema benceno-acetamida» (con E. JIMENO). *Asoc. Esp. Prog. Cienc.*, **IV**, 261-266, 1913.
27. «Magnetoquímica de los compuestos de hierro». II (con B. CABRERA). *Anales*, **11**, 398-419, 1913.
28. «La magnetoquímica de los compuestos de hierro y la teoría del magnetón» (con B. CABRERA). *Arch. Sci. Phys. Nat.*, **35**, 425-457, 1913.
29. «La magnetoquímica de los compuestos de hierro y la teoría del magnetón». II (con B. CABRERA). *Arch. Sci. Phys. Nat.*, **36**, 502-518, 1913.

LISTA DE TRABAJOS DEL PROFESOR E. MOLES

30. «La magnetoquímica de los compuestos de níquel y la teoría del magnetón» (con B. CABRERA y J. GUZMÁN). *Anales*, 12, 131-142, 1914.
31. «La magnetoquímica de los compuestos de níquel y la teoría del magnetón» (con B. CABRERA y J. GUZMÁN). *Arch. Sci. Phys. Nat.*, 37, 324-334, 1914.
32. «Investigaciones acerca del cloruro de cromilo». II (con L. GÓMEZ). *Anales*, 12, 142-154, 1914.
33. «Estudios acerca de disolventes inorgánicos. I. Pentacloruro de antimonio». *Anales*, 12, 314-343, 1914.
34. «La magnetoquímica de las sales de cobre y la teoría del magnetón. I. Cloruro, nitrato y sulfato en disoluciones concentradas» (con B. CABRERA). *Anales*, 12, 373-379, 1914.
35. «Über das Chromylchlorid». II (con L. GÓMEZ). *Z. phys. Chem.*, 90, 594-602, 1915.
36. «Über Antimonpentachlorid als Lösungsmittel». *Z. phys. Chem.*, 90, 70-88, 1915.
37. «Acción de algunos cuerpos hidroxilados sobre la solubilidad del  $\text{Cl}_2\text{Hg}$  en el agua» (con M. MARQUINA). *Anales*, 12, 383-393, 1914.
38. «La magnétochimie des sels de cuivre et la théorie du magnéton». (con B. CABRERA). *Arch. Sci. Phys. Nat.*, 40, 284-290, 1915.
39. «Acerca de las soluciones de selenio y telurio en ácido sulfúrico absoluto». *Anales*, 13, 134-144, 1915.
40. «Sur les solutions du sélénium et du tellure dans l'acide sulfurique absolu». *J. Chim. Phys.*, 13, 207-218, 1915.
41. «Courbe de solubilité du sélénium dans le sulfure de carbone». (con E. JIMENO). *Arch. Sci. Phys. Nat.*, 40, 536-537, 1915.
42. «Magnetoquímica de las sales manganosas y ferrosas». con B. CABRERA y M. MARQUINA). *Anales*, 13, 256-270, 1915.
43. «Contribution a la revision du poids atomique du brome. Détermination de la densité normale du gaz acide bromhydrique». Tesis presentada en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Ginebra, para obtener el grado de Doctor en Ciencias Físicas. Tesis núm. 576, 56 págs., mayo de 1916.
44. «Contribución a la revisión del peso atómico del bromo. Determinación de la densidad normal del gas ácido bromhídrico». *Anales*, 14, 433-495, 1916.

45. «Revision du poids atomique du brome. Détermination de la densité normale du gaz bromhydrique». *J. Chim. Phys.*, **14**, 389-444, 1916.
46. «Sur la densité absolue du gaz bromhydrique». *C. R. Acad. Sci.*, **162**, 686-688, 1916.
47. «Sur la densité du gaz acide bromhydrique. Contribution a la revision du poids atomique du brome». *C. R. Acad. Sci.*, **163**, 94-97, 1916.
48. «Acerca de los nuevos valores para los pesos atómicos del carbono y del azufre en la tabla internacional para 1916». *Anales*, **15**, 174-182, 1917.
49. «Sur les nouvelles valeurs des poids atomiques du carbone et du soufre de la table internationale pour 1916». *J. Chim. Phys.*, **15**, 51-59, 1917.
50. «Los pesos atómicos en 1916». *Anales*, **15**, 388-431, 1917.
51. «Les revisions de poids atomiques en 1916». *J. Chim. Phys.*, **15**, 433-469, 1917.
52. «Contribution a l'étude des causes d'erreur affectant les déterminations de poids atomiques. VI. Les actions de surface, causes d'erreurs de pesées. I. L'anomalie de Hinrichs» (con Ph. A. GUYE). *J. Chim. Phys.*, **15**, 360-404, 1917.
53. «Contribution a l'étude des causes d'erreur affectant les déterminations de poids atomiques. VII. Les actions de surface, causes d'erreurs des pesées. II. Recherches expérimentales sur la pellicule adhérente. Détermination expérimentale des condensations superficielles sur les corps solides. Conclusions générales» (con Ph. A. GUYE). *J. Chim. Phys.*, **15**, 405-432, 1917.
54. «La anomalía de Hinrichs» (con Ph. A. GUYE). *Arch. Sci. Phys. Nat.*, **44**, 402, 1917.
55. «Contribución al estudio de las causas de error que afectan las determinaciones de pesos atómicos. Las acciones de superficie como causas de error en las pesadas» (con Ph. A. GUYE). *Anales*, **16**, 61-121, 1918.
56. «Ensayos de síntesis de bromuro de nitrosilo». *Anales*, **16**, 377-385, 1918.
57. «Sur la synthèse du bromure de nitrosyle». *J. Chim. Phys.*, **16**, 3-10, 1918.
58. «La magnétchimie des sels de manganèse» (con B. CABRERA y M. MARQUINA). *J. Chim. Phys.*, **16**, 11-27, 1918.

59. «Las revisiones de pesos atómicos en 1917». *Anales*, **16**, 625-653, 1918.
60. «Les revisions de poids atomiques en 1917». *J. Chim. Phys.*, **16**, 350-376, 1918.
61. «La magneto-química del sulfato férrico y la teoría de los magnetones» (con B. CABRERA). *Trab. Lab. Invest. Fis.*, núm. 1-I, 1918.
62. «La magnétochimie». *Annu. Assoc. Elèves. Univ. Génève*, 36-45, 1918.
63. «Décomposition thermique de certains trinitrures inorganiques». *J. Chim. Phys.*, **16**, 401-404, 1918.
64. «Ensayo de síntesis del oxisulfuro de carbono por la chispa eléctrica» (con F. GONZÁLEZ). *Anales*, **17**, 55-59, 1919.
65. «Sur la synthèse de l'oxysulfure de carbone par l'étincelle électrique» (con F. GONZÁLEZ). *J. Chim. Phys.*, **17**, 409-414, 1919.
66. «Acerca de los aristoles y de la determinación cuantitativa del timol» (con M. MARQUINA). *Anales*, **17**, 59-83, 1919.
67. Con el mismo título que figura en 66, pero con alguna variación en el texto, se publicó otro trabajo en *Trab. Lab. Invest. Fis.*, núm. 52, 1919.
68. «Sur les constantes critiques (a propos d'une note de W. R. Fielding). Température critique de l'acide bromhydrique». *J. Chim. Phys.*, **17**, 415-424, 1919.
69. «Recherches sur le gaz fluorure de méthyle. I. Revision du poids atomique du fluor» (con T. BATUECAS). *J. Chim. Phys.*, **17**, 537-588, 1919.
70. «Revisión físico-química del peso atómico del flúor. Contribución a la química del mismo elemento». I (con T. BATUECAS). *Anales*, **18**, 211-273, 1920.
71. Revision numérique des résultats concernant la densité du fluorure de méthyle. Poids atomique du fluor» (con T. BATUECAS). *J. Chim. Phys.*, **18**, 353-358, 1920.
72. «Las revisiones de los pesos atómicos en 1918-19». *Anales*, **18**, 2.ª, 177-211, 1920.
73. «Les révisions de poids atomiques en 1918-1919». *J. Chim. Phys.*, **18**, 414-438, 1920.

74. «Revision numérique des résultats concernant la densité du gaz acide bromhydrique. Poids atomique du brome». *J. Chim. Phys.*, **19**, 135-138, 1921.
75. «Acerca de los compuestos cupricianogenados» (con R. IZAGUIRRE). *Anales*, **19**, 33-93, 1921.
76. «Revisión del peso atómico del sodio» (con J.. M. CLAVERA). *Asoc. Esp. Prog. Cienc.*, **V**, 11-13, 1921.
77. «Nueva revisión de la densidad normal del oxígeno» (con F. GONZÁLEZ). *Asoc. Esp. Prog. Cienc.*, **V**, 21-27, 1921.
78. «La densidad del aire en Madrid y la hipótesis de Loomis-Morley» (con T. BATUECAS y M. PAYÁ). *Asoc. Esp. Prog. Cienc.*, **V**, 65-71, 1921.
79. «Sur la densité de l'air de Madrid et ses petites variations» (con T. BATUECAS y M. PAYÁ). *C. R. Acad. Sci.*, **172**, 1600-1602, 1921.
80. «Acerca del peso atómico del carbono». *Anales*, **19**, 255-259, 1921.
81. «Étude critique des valeurs modernes de la densité du gaz oxygène». *J. Chim. Phys.*, **19**, 100-120, 1921.
82. «Sur la densité normale de l'azote chimique». *J. Chim. Phys.*, **19**, 283-289, 1921.
83. «Nouvelle révision de la densité normale du gaz oxygène» (con F. GONZÁLEZ). *J. Chim. Phys.*, **19**, 310-323, 1921.
84. «Nouvelle révision de la densité du gaz oxygène» (con F. GONZÁLEZ). *C. R. Acad. Sci.*, **173**, 355-358, 1921.
85. «La densidad del aire en Madrid y la hipótesis de Loomis-Morley» (con T. BATUECAS y M. PAYÁ). *Anales*, **20**, 34-40, 1922.
86. «Estudio crítico de las medidas modernas acerca de la densidad del oxígeno». *Rev. Acad. Cienc. Madrid*, **20**, 9-37, 1922.
87. «Nueva revisión de la densidad normal del gas oxígeno» (con F. GONZÁLEZ NÚÑEZ). *Rev. Acad. Cienc. Madrid*, **20**, 38-65, 1922.
88. «Revisión de la densidad del oxígeno» (con F. GONZÁLEZ NÚÑEZ). *Anales*, **20**, 72-80, 1922.
89. «Acerca de la compresibilidad de los matraces vacíos en la determinación de densidades de gases» (con R. MIRAVALLS). *Anales*, **20**, 104-116, 1922.

LISTA DE TRABAJOS DEL PROFESOR E. MOLES

---

90. «Necrología: Ph. A. GUYE». *Anales*, 20, 153-166, 1922.
91. «Nueva revisión de la densidad del oxígeno» (con M. CRESPI). *Anales*, 20, 191-193, 1922.
92. «Densidad del nitrógeno atmosférico. Una pequeña anomalía del aire de Madrid» (con M. PAYÁ). *Anales*, 20, 247-254, 1922.
93. «Acerca de algunos pesos atómicos fundamentales» (con J. M. CLAVERA). *Anales*, 20, 550-554, 1922.
94. «Acerca de los permanganatos alcalinos» (con M. CRESPI). *Anales*, 20, 555-562, 1922.
95. «Zur Kenntnis des thermischen Zerfalls von Kaliumpermanganat» (con M. CRESPI). *Z. phys. Chem.*, 100, 337-345, 1922.
96. «Acerca del sistema cobre-oxígeno» (con M. PAYÁ). *Anales*, 20, 563-570, 1922.
97. «Acerca de algunos complejos orgánicos del bismuto». Nota preliminar (con R. PORTILLO). *Anales*, 20, 571-576, 1922.
98. «Acerca de los permanganatos alcalinotérreos» (con M. CRESPI). *Anales*, 20, 693-701, 1922.
99. «Métodos físico-químicos en sus aplicaciones a la farmacia». Conferencia en el R. Colegio de Farmacéuticos. Madrid, 5 de mayo de 1922.
100. «Acerca del dicromato amónico» (con F. GONZÁLEZ NÚÑEZ). *Anales*, 21, 204-212, 1923.
101. «Densidad normal del nitrógeno químico». *Rev. Acad. Cienc. Madrid*, 20, 376-384, 1923.
102. «Estudios acerca de los permanganatos». III (con M. CRESPI). *Anales*, 21, 305-316, 1923.
103. «Acerca de los oxalatos de bismuto» (con R. PORTILLO). *Anales*, 21, 401-408, 1923.
104. «Revisión del peso atómico del sodio y contribución al estudio de la densidad normal del nitrógeno» (con J. M. CLAVERA). *Rev. Acad. Cienc. Madrid*, 21, 191-214, 1923.
105. «Revision des Atomgewichtes des Natriums» (con J. M. CLAVERA). *Z. phys. Chem.*, 107, 423-435, 1923.
106. «Acerca del lactato de bismuto hidratado» (con R. PORTILLO). *Anales*, 22, 133-143, 1924.

107. «Pirolisis del oxalato cálcico». Nota previa (con C. DÍAZ VILLAMIL). *Anales*, 22, 174-186, 1924.
108. «Contribución al estudio de los hidratos del oxalato de bismuto» (con R. PORTILLO). *Anales*, 22, 187-197, 1924.
109. «III Informe de la Comisión Española de Pesos atómicos» (con B CABRERA *et alia*). *Anales*, 22, 367-382, 1924.
110. «Solubilidad de los haluros mercurícos en mezclas de glicerina y agua» (con M. MARQUINA). *Anales*, 22, 551-554, 1924.
111. «Sur la contraction des ballons vides dans les mesures de la densité des gaz» (con R. MIRAVALLS). *J. Chim. Phys.*, 21, 1-9, 1924.
112. «Sur la densité normale de l'azote». II (con J. M. CLAVERA). *J. Chim. Phys.*, 21, 10-14, 1924.
113. «Estudios acerca de los permanganatos» (con M. CRESPI). *Rev. Acad. Cienc. Madrid*, 22, 34-91, 1924.
114. «Acerca de algunos complejos orgánicos del bismuto» (con R. PORTILLO). *Rev. Acad. Cienc. Madrid*, 22, 95-148, 1924.
115. «Estudio comparativo de algunos preparados farmacéuticos a base de silicato de aluminio». *Arch. Esp. Enferm. Apar. Dig. Nut.*, 1-22, 1924.
116. N'ANTONI MARTI: «Variacions de la composició de l'aire atmosféric». Memoria que obtuvo el «Premio Pelfort» del Ayuntamiento de Barcelona, 1924.
117. «La Química física y la Farmacia». Conferencia en el R. Colegio de Farmacéuticos. Madrid, 12-I-1924.
118. «Acerca de algunos pesos atómicos fundamentales». *Anales*, 23, 39-75, 1925.
119. «Über die fundamentalen Atomgewichte». *Z. phys. Chem.*, 115, 61-90, 1925.
120. «Über die fundamentalen Atomgewichte. Berichtigung». *Z. phys. Chem.*, 117, 157-158, 1925.
121. «La tabla internacional de pesos atómicos para 1925». *Anales*, 23, 164-171, 1925.
122. «La cinética en la pirolisis de los permanganatos» (con M. CRESPI). *Anales*, 23, 198-216, 1925.

LISTA DE TRABAJOS DEL PROFESOR E. MOLES

---

123. «La adsorción del gas iodhídrico por las paredes de vidrio» (con R. MIRAVALLÉS). *Anales*, 23, 223-230, 1925.
124. «Propiedades químico-físicas del gas ácido iodhídrico» (con R. MIRAVALLÉS). *Anales*, 23, 509-523, 1925.
125. «Las variaciones de volumen en la formación de los compuestos inorgánicos». *Anales*, 23, 524-539, 1925.
126. «Volumen molecular del agua en los hidratos cristalizados». *Anales*, 23, 557-585, 1925.
127. «Dieci anni di ricerche sui gas». Conferencia en el Instituto Químico de la Universidad de Roma. 19-V-1926. *Gazz. Chim. Ital.*, 56, 915-947, 1926.
128. «La regla de aditividad de los volúmenes moleculares en los compuestos inorgánicos cristalizados». *Anales*, 24, 199-209, 1926.
129. «Acerca del peso atómico del nitrógeno». Conferencia en la VII Conferencia de la Unión Internacional de Química. Filadelfia, 1926.
130. «La adsorción de gases por las paredes de vidrio. II. Amoníaco» (con M. CRESPI). *Anales*, 24, 210-221, 1926.
131. «El segundo Congreso Italiano de Química pura y aplicada» (con O. FERNÁNDEZ). *Anales*, 24, 345-349, 1926.
132. «Estudio de los métodos de preparación y determinación del peso del litro normal de gas iodhídrico» (con R. MIRAVALLÉS). *Anales*, 24, 356-394, 1926.
133. «La adsorción de gases por las paredes de vidrio. III. Anhídrido sulfuroso» (con M. CRESPI). *Anales*, 24, 452-464, 1926.
134. «Pirolisis de oxalato cálcico. II. Termoquímica y cinética de la reacción» (con C. DÍAZ VILLAMIL). *Anales*, 24, 465-494, 1926.
135. «El índice de argón del aire atmosférico». *Anales*, 24, 560-566, 1926.
136. «La Reunión 72.<sup>a</sup> de la Sociedad Química Americana y la 7.<sup>a</sup> Conferencia de la Unión Internacional de Química» (con O. FERNÁNDEZ). *Anales*, 24, 684-706, 1926.
137. «La masa del litro normal y la compresibilidad del amoníaco». *Anales*, 24, 717-730, 1926.
138. «Über die Genauigkeitsgrenze bei den physiko-chemischen Atomgewichts-Bestimmungen». *Ber. dtsh. chem. Ges.*, 59B, 740-750, 1926.

139. «La regla de aditividad de los volúmenes en los compuestos inorgánicos. IV. Volumen ocupado por el hidrógeno en los hidruros». *Anales*, **25**, 204-210, 1927.
140. «Los fenómenos de superficie. Su importancia químico-farmacéutica». *Monit. Farm.*, **33**, 3-20, 1927.
141. «El centenario de Marcelin Berthelot». *Anales*, **25**, 447-452, 1927.
142. «Contribución al estudio de los nitratos de bismuto» (con E. SELLÉS). *Anales*, **25**, 453-483, 1927.
143. «El jubileo del profesor Aimé Pictet». *Anales*, **25**, 515-517, 1927.
144. «Zur Kenntnis des Volumens des Wassers in metallsalzhidraten» (con M. CRESPI). *Z. phys. Chem.*, **130**, 337-344, 1927.
145. «El volumen molecular del agua en los hidratos cristalizados. II. Constitución de algunos sulfatos. VI. Nota acerca de la regla de aditividad de los volúmenes» (con M. CRESPI). *Anales*, **25**, 549-566, 1927.
146. «Über die Genauigkeitsgrenze bei den physiko-chemischen Atomgewichts - Bestimmungen. I. Das normale molarvolum und das Atomgewicht von Stickstoff». *Z. anorg. allg. Chem.*, **167**, 40-48, 1927.
147. «Das Litergewicht und das Atomgewicht des Stickstoffs» (con J. M. CLAVERA). *Z. anorg. allg. Chem.*, **167**, 49-66, 1927.
148. «Spezifisches Gewicht (Litergewicht) von Gasen». Landolt-Börnstein physikalisch - chemische Tabellen. Primer apéndice, 160-164, 1927.
149. «Das Litergewicht und das Atomgewicht des Argons». *Ber. dtsh. chem. Ges.*, **60B**, 134-138, 1927.
150. «La obra de Marcelino Berthelot y la opinión de los químicos extranjeros». *Chim. Ind.*, 1927 (con R. CARRACIDO, J. GIRAL *et alia*). Reproducido en *Monit. Farm.*, **33**, núm. 1059, 417-422, octubre 1927.
151. «La densidad del trinitruro sódico  $\text{NaN}_3$ ». *Anales*, **26**, 133-135, 1928.
152. «Comentario a la nota de L. le Boucher». VII Nota acerca de la regla de aditividad de los volúmenes. *Anales*, **26**, 228-233, 1928.
153. «Wolframio, no tungsteno. Vanadio o eritronio». *Anales*, **26**, 234-252, 1928.

LISTA DE TRABAJOS DEL PROFESOR E. MOLES

---

154. «La unidad de la materia y el sistema natural de los elementos». Conferencia en el «Centro de Intercambio Intelectual Germano-Español», 13-I-1928, 20 págs., Blas, S. A., Madrid, 1928.
155. «La disociación de los nitratos metálicos hidratados. Nota preliminar» (con J. GARCÍA VIANA). *Anales*, 27, 157-164, 1929.
156. «Revisión del litro normal del gas óxido de carbono» (con L. RODRÍGUEZ PIRE). *Anales*, 27, 267-272, 1929.
157. «Acerca del sistema  $PbO_2 : Pb_3O_4 : PbO$ » (con A. PÉREZ-VITORIA). *Anales*, 27, 520-528, 1929.
158. «La adsorción de gases por las paredes de vidrio». VI. Aire y óxido de carbono» (con M. CRESPI). *Anales*, 27, 529-534, 1929.
159. «Sobre la constitución de las schönitas» (con M.<sup>a</sup> T. SALAZAR). *Anales*, 27, 561-568, 1929.
160. «Acerca del alumbre de vanadio y amonio. VIII. Nota acerca de la regla de aditividad de los volúmenes» (con P. GARCÍA DE PAREDES). *Anales*, 27, 624-630, 1929.
161. «Una pipeta para análisis exacto de gases» (con L. RODRÍGUEZ PIRE). *Anales*, 27, 107-109 (Sec. Téc.), 1929.
162. «Los nuevos laboratorios de química de la Facultad de Ciencias de Madrid». *Anales*, 72, 2.<sup>a</sup>, 33-49, 1929.
163. «Los nuevos laboratorios de la Facultad de Ciencias». *Bol. Univ. Madrid*, 1, 153-170, 1929.
164. «Sur les poids atomiques fondamentaux». *Recl. Trav. Chim. Pays-Bas.*, 48, 864-871, 1929.
165. «Die Masse des normalen Liters von Ammoniak» (con T. BATUECAS). *Monatsh. Chem.*, 53-54, 779-785, 1929.
166. «La constitución del oxígeno y su empleo como patrón de nuestro sistema de pesos atómicos». *Anales*, 28, 127-136, 1930.
167. «Esteres y ácidos silícicos. Nota preliminar» (con L. SOLANA). *Anales*, 28, 171-176, 1930.
168. «La adsorción de gases por las paredes de vidrio. VII. Etileno» (con M. CRESPI). *Anales*, 28, 448-460, 1930.
169. «La masa del litro normal y la compresibilidad del gas amoníaco. Nueva revisión del peso atómico del nitrógeno» (con T. BATUECAS). *Anales*, 28, 871-894, 1930.

170. «Masse du litre normal, compressibilité et écart à la loi d'Avogadro du gaz ammoniac. Nouvelle révision du poids atomique de l'azote» (con T. BATUECAS). *J. Chim. Phys.*, **27**, 566-586, 1930.
171. «L'Université et l'industrie». *Chim. Ind. Special*, núm. 74-79, marzo 1930.
172. «La corrección por adsorción en las medidas físico-químicas de los pesos moleculares y atómicos». *An. Asoc. Quím. Argent.*, **18**, 114-123, 1930.
173. «La densidad del aire atmosférico y sus variaciones» (con M. PAYÁ y T. BATUECAS). *Rev. Acad. Cienc. Madrid*, **25**, 95-170, 1930.
174. «Los fenómenos de adsorción y su importancia en química y en biología». *Farm. Mod.*, **41**, 74, 1930.
175. «Densidad normal del nitrógeno químico». *An. Asoc. Farm. Quím. Uruguay*, **33**, 151-160, 1930.
176. «Estudio crítico de las medidas modernas acerca de la densidad del oxígeno». *An. Asoc. Farm. Quím. Uruguay*, **33**, 161-194, 1930.
177. «La polimería como propiedad del mundo mineral». Conferencia en el R. Colegio de Farmacéuticos de Madrid. 24-XI-1930.
178. «Spezifisches Gewicht (Litergewicht) von Gasen». Landolt-Börnstein. *Phys.-chem. Tab.*, segundo apéndice, 204-205, 1931.
179. «La adsorción de gases por las paredes de vidrio. VIII. Gas clorhídrico» (con M. CRESPI). *Anales*, **29**, 146-157, 1931.
180. «El peso atómico del flúor». *Anales*, **29**, 605-615, 1931.
181. «The atomic weight of fluorine». *Nature*, **128**, 966-967, 1931.
182. «Acerca del  $I_2O_5$  y sus hidratos» (con A. PÉREZ-VITORIA). *Z. phys. Chem. Bodenstein-Festband*, 583-590, 1931.
183. «Le poids atomique du fluor». *J. Chim. Phys.*, **29**, 53-62, 1932.
184. «El  $I_2O_5$  y sus hidratos; pirolisis, densidades, calores de disolución y de hidratación de los mismos» (con A. PÉREZ-VITORIA). *Anales*, **30**, 99-119, 1932.
185. «Nueva revisión de la densidad normal del gas óxido de carbono. Peso atómico del carbono» (con M.<sup>a</sup> T. SALAZAR). *Anales*, **30**, 182-199, 1932.

LISTA DE TRABAJOS DEL PROFESOR E. MOLES

186. «Nueva revisión de la densidad normal del gas óxido de carbono. Masa atómica del carbono» (con M.<sup>a</sup> T. SALAZAR). *Inst. Nat. Fis. Quím. Madrid*. Trabajo núm. 18, 1932.
187. «Nueva revisión de la densidad normal del gas óxido de carbono. Masa atómica del carbono» (con M.<sup>a</sup> T. SALAZAR). *Rev. Acad. Cienc. Madrid*, 28, 534-572, 1932.
188. «El sistema  $\text{HIO}_3\text{-HNO}_3\text{-H}_2\text{O}$ . Solubilidades; viscosidades» (con A. PÉREZ-VITORIA). *Anales*, 30, 200-207, 1932.
189. «Los pesos atómicos en 1931». *Anales*, 30, 460-476, 1932.
190. «Cloroidatos de los metales alcalinos y alcalino-térreos. Estructura y constitución» (con M. GUTIÉRREZ DE CELIS). *Anales*, 30, 540-551, 1932.
191. «Estudios sobre la superdeseccación. I. La reacción del amoníaco con el anhídrido fosfórico» (con J. SANCHE). *Anales*, 30, 701-719, 1932.
192. «La masa del litro normal y la compresibilidad del gas amoníaco. Peso atómico del nitrógeno» (rectificación) (con T. BATUECAS). *Anales*, 30, 876-879, 1932.
193. «Obtención y propiedades del éster etilortosilícico» (con L. SOLANA). *Anales*, 30, 886-917, 1932.
194. «Estudio químico-físico del sistema  $\text{I}_2\text{O}_5\text{-H}_2\text{O}$ » (con A. PÉREZ-VITORIA). *Rev. Acad. Cienc. Madrid*, 28, 573-617, 1932.
195. «El primer centenario de Antonio de Martí». *Anales*, 30, 2.<sup>a</sup>, 320-322, 1932.
196. «La tasca d'En Martí en el camp de la química». *Ciència*, Barcelona, VII, núm. 45, 119-123, 1932.
197. «Estudio comparativo de algunos desecantes». I (con C. ROQUERO). *Anales*, 31, 11-25, 1933.
198. «Estudios sobre la superdeseccación. II. La reacción del amoníaco con el anhídrido fosfórico» (con J. SANCHE). *Anales*, 31, 172-174, 1933.
199. «Los hidratos del perclorato de magnesio» (con C. ROQUERO), 31, 175-184, 1933.
200. «F. Elhuyar, químico (Primer Centenario de su fallecimiento)». *Anales*, 31, 2.<sup>a</sup>, 128-137, 1933.
201. «El  $\text{I}_2\text{O}_5$  y sus hidratos». II (con A. PARTS). *Anales*, 31, 618-622, 1933.

202. «Curva de presiones de vapor del nitrobenzeno» (con M.<sup>a</sup> T. TORAL). *Anales*, 31, 735-745, 1933.
203. «La primera reunión internacional en la U. I. V. de Santander» *Anales*, 31, 2.<sup>a</sup>, 352-355, 1933.
204. «Diagramas de fusión de los sistemas NaOH-NaNO<sub>3</sub> y KOH-KNO<sub>3</sub>» (con N. MARTÍN RETORTILLO). *Anales*, 31, 830-839, 1933.
205. «La estructura de las schoenitas» (con A. GARRIDO). *Anales*, 32, 432-445, 1934.
206. «Estado de los cuerpos disueltos en ácido sulfúrico absoluto» (con C. RODRÍGUEZ DE ROBLES). *Anales*, 32, 474-493, 1934.
207. «Estudio del volumen molecular del agua en las sales sódicas» (con A. ESCRIBANO). *Anales*, 32, 494-508, 1934.
208. «Sur l'acide sulfurique dit "absolu"» (con C. RODRÍGUEZ DE ROBLES). *Trab. IX Congr. Int. Quím. Pura Apl. Madrid*, 3, 244-267, 1934.
209. «Nouvelle révision de la masse lu litre normal et de la compressibilité du gas CO. Poids atomique du carbone». (con M.<sup>a</sup> T. SALAZAR). *Trab. IX Congr. Int. Quím. Pura Apl.*, 2, 217-224, 1934.
210. «Nueva revisión de la masa del litro normal de gas amoníaco. Peso atómico del nitrógeno» (con J. SANCHE). *Anales*, 32, 931-953, 1934.
211. «La relación de densidades normales de CO y O<sub>2</sub>. Pesos atómicos del carbono y del nitrógeno» (con M.<sup>a</sup> T. SALAZAR). *Anales*, 32, 954-978, 1934.
212. «El deuterio H<sup>2</sup>, isótopo del hidrógeno de masa<sup>2</sup>». *Anal. Soc. Esp. Prog. Cienc.*, 1, 64-68, 1934.
213. «Del momento científico español, 1775-1825». Discurso leído en la recepción en la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Contestación de B. Cabrera. Madrid, C. Bermejo, impresor, 1934, 117 págs.
214. «Spezifisches Gewicht (Litergewicht) von Gasen». Landolt-Börnstein physikalisch-chemische Tabellen. Tercer apéndice. 248-249, 1935.
215. «Acción de HNO<sub>3</sub> fumante sobre el iodo» (con A. PÉREZ-VITORIA). *Bol. Acad. Cienc. Exact. Fis. Quím. Nat. Madrid*, 1, núm. 2, 5-6, 1935.

216. «El ácido piro sulfúrico como disolvente» (con C. RODRÍGUEZ DE ROBLES). *Anales*, 33, 643-654, 1935.
217. «Acerca del peso atómico del hidrógeno». *Anales*, 33, 721-728, 1935.
218. «Acerca del ioduro de aluminio» (con A. VIÁN ORTUÑO). *Anales*, 34, 81-90, 1936.
219. «El contenido en gases nobles del aire atmosférico» (con A. MEDINA). *Bol. Acad. Cienc. Exact. Fis. Quím. Nat. Madrid*, 2, número 4, 1-2, 1936.
220. «Estudio del ioduro de aluminio» (con A. VIÁN ORTUÑO). *Bol. Acad. Cienc. Exact. Fis. Quím. Nat. Madrid*, 2, núm. 4, 2-3, 1936.
221. «Acerca del peso atómico del carbono» (con M.<sup>a</sup> T. TORAL). *Bol. Acad. Cienc. Exact. Fis. Quím. Nat. Madrid*, 2, núm. 4, 4-5, 1936.
222. «El  $I_2O_5$  y sus hidratos» (con P. VILLÁN). *Bol. Acad. Cienc. Exact. Fis. Quím. Nat. Madrid*, 2, núm. 8, 5-7, 1936.
223. «Estudios sobre desecantes sólidos para gases» (con E. VELASCO). *Bol. Acad. Cienc. Exact. Fis. Quím. Nat. Madrid*, 2, núm. 4, 7-8, 1936.
224. «Los hidratos del perclorato de aluminio» (con J. GONZÁLEZ DE BARCIA). *Bol. Acad. Cienc. Exact. Fis. Quím. Nat. Madrid*, 2, núm. 8, 8-11, 1936.
225. «Acerca del sistema  $SO_2 : H_2O$  y del ácido sulfúrico absoluto» (con C. RODRÍGUEZ DE ROBLES). *Anales*, 34, 331-362, 1936.
226. «Las presiones del vapor del ioduro de aluminio» (con A. VIÁN ORTUÑO). *Anales*, 34, 782-786, 1936.
227. «El  $I_2O_5$  y sus hidratos». III (con P. VILLÁN). *Anales*, 34, 787-801, 1936.
228. «Los hidratos del perclorato de aluminio» (con J. GONZÁLEZ DE BARCIA). *Anales*, 34, 802-812, 1936.
229. «Acerca del peso atómico del yodo». *Anales*, 34, 859-865, 1936.
230. «Sur le poids atomique de l'iode». *Collect. Czech. Chem. Commun.*, 8, 479-484, 1936.
231. «Acerca de la densidad límite y el peso molecular del amoníaco. Peso atómico del nitrógeno» (con J. SANCHEO). *Anales*, 34, 865-874, 1936.

232. «Die Molarverhältnisse  $\text{CO}_2$  :  $\text{O}_2$  und  $\text{N}_2\text{O}$  :  $\text{O}_2$ . Neue Revision der Atomgewichte von Kohlenstoff und Stickstoff» (con M.<sup>a</sup> T. TORAL). *Sit. Akad. Wiss. Wien*, **145**, 948-968, 1936.
233. «Las relaciones molares  $\text{CO}_2$  :  $\text{O}_2$  y  $\text{N}_2\text{O}$  :  $\text{O}_2$ . Nueva revisión de los pesos atómicos de carbono y nitrógeno» (con M.<sup>a</sup> T. TORAL). *Monatsch. Chem.*, **69**, 342-362, 1936.
234. «Nueva revisión de los pesos atómicos del carbono y del nitrógeno» (con M.<sup>a</sup> T. TORAL). *Anales*, **35**, 42-71, 1937.
235. «La determinación de pesos moleculares y atómicos de gases por los métodos de las densidades-límite y de las presiones-límite». *Anales*, **35**, 134-179, 1937.
236. «La méthode des densités-limites pour la détermination des poids moléculaires des gaz». *J. Chim. Phys.*, **34**, 49-69, 1937.
237. «Veinte años de investigaciones acerca de densidades gaseosas». *Madrid*, **1**, 33-51, 1937.
238. «Nueva revisión de la densidad normal y de la densidad-límite del gas oxígeno. Densidad normal del amoníaco» (con C. ROQUERO). *Anales*, **35**, 263-268, 1937.
239. «La correction d'adsorption dans la méthode des densités-limites». *C. R. Acad. Scienc.*, **205**, 1391-1393, 1937.
240. «La densité-limite du gaz  $\text{SO}^2$ . Poids atomique du soufre» (con M.<sup>a</sup> T. TORAL y A. ESCRIBANO). *C. R. Acad. Sci.*, **206**, 1726-1728, 1936.
241. «Sur la densité-limite des gaz  $\text{O}^2$  et  $\text{CO}^2$ . Poids atomique du carbone» (con A. ESCRIBANO). *C. R. Acad. Sci.*, **207**, 66-68, 1938.
242. «La densité-limite et les poids moléculaire de l'éthylène. Nouvelle révision du poids atomique du carbone» (con M.<sup>a</sup> T. TORAL y A. ESCRIBANO). *C. R. Acad. Sci.*, **207**, 1044-1046, 1938.
243. Über die Grenzdichte von Siliziumtetrafluorid. Atomgewicht des Fluors» (con M.<sup>a</sup> T. TORAL). *Z. anorg. allg. Chem.*, **236**, 225-231, 1938.
244. «La méthode des densités-limites et sa précision actuelle. Résultats nouveaux». *Arch. Sci. phys. nat.*, **20**, 59-65, 1938.
245. «La révision physico-chimique des poids moléculaires et atomiques. Résultats nouveaux». *Bull. Soc. Chim. Belg.*, **47**, 405-428, 1938.
246. «Note additionnelle sur la densité-limite comme fonction de la pression». *Inst. Int. Coop. Intellect. Neuchâtel*, 187-192, 1938.

247. «La détermination des poids moléculaires et atomiques des gaz par des méthodes physico-chimiques». *Inst. Int. Coop. Intellect. Neuchâtel*, 1-76, 1938.
248. «Densidad-límite y peso molecular del F<sub>4</sub>Si» (con M.<sup>o</sup> TORAL). 1938, sin publicar.
249. «Limiting densities and molecular weights of oxygen, carbon dioxide, sulphur dioxide and hydrogen sulphide. Atomic weights for carbon and sulphur» (con M.<sup>a</sup> T. TORAL y ESCRIBANO). *Trans. Faraday Soc.*, 35, 1439-1452, 1939.
250. «El procedimiento Michot-Dupont, para la carbonización a baja temperatura de lignitos y turbas. Su importancia para la industria y la defensa nacionales en España». 1940, sin publicar.
251. «Posibilidades y porvenir industrial de la instalación de los Saltos del Duero». 1940, sin publicar.
252. «Acerca de la compresibilidad de los gases en las proximidades de la presión atmosférica». Redactado en la prisión de Torrijos.
253. «Quelques constantes physicochimiques du gaz étalon oxygène». *C. R. Acad. Sci.*, 214, 424-425, 1942. Redactado en la prisión de Torrijos.
254. «El método de las densidades-límite para la determinación de los pesos moleculares y atómicos de gases». *Z. phys. Chem. Abt. A.*, 1942. Redactado en la prisión de Porlier.
255. «Preparación extemporánea y purificación de diversos fármacos». 1943, sin publicar. Redactado en la prisión de Porlier.
256. «La cámara de desinsectación. Su funcionamiento». 1943, sin publicar. Redactado en la prisión de Porlier.
257. «La combinación del tribromofenato de bismuto y las sales cálcicas para el tratamiento de los trastornos intestinales». 1945, sin publicar.
258. «Ciertos elementos naturales empleados en solución hidroalcohólica para los problemas de la dentición infantil». 1945, sin publicar.
259. «El peroxhidróxido de magnesio». *Rev. Ibys*, 4, núm. 6, 1-20, 1946.
260. «Contribución al estudio de los peroxhidróxidos». *Rev. Ibys*, 5, núm. 2, 41-57, 1947.

261. «La méthode des densités-limites pour la détermination des poids moléculaires et atomiques. La variante des poids moléculaires limites». Conferencia. París-28, IV, 1950. *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 1006-1022, 1950.
262. «Densité normale d'un gaz». *C. R. XVI Conf. Intern. Chim.*, New York-Washington. Annexe E, 80-83, 1951.
263. «Los cloritos y el peróxido de cloro. Su importancia actual». 1952, sin publicar.
264. «Sur la compressibilité des gaz au voisinage de la pression atmosphérique». *Bull. Soc. Chim. Belg.*, 62, 67-72, 1953. Número Homenaje al prof. Timmermans.

---

A esta lista deben añadirse no menos de 13 traducciones del alemán, de obras de Química y de Farmacia, y 68 críticas bibliográficas publicadas en los *Anales* sobre las más importantes obras de Química, aparecidas en el mundo de 1920 a 1936. Verdaderos trabajos científicos, con ideas y puntos de vista originales y con referencias y aspectos históricos importantes, son modelos de bien hacer y de bien decir en este tipo de publicaciones. Las listas detalladas de unas y otras, acompañadas de amplios comentarios, figuran en la Tesis citada en (3), capítulo I de este volumen, páginas 828 y 870 respectivamente.