

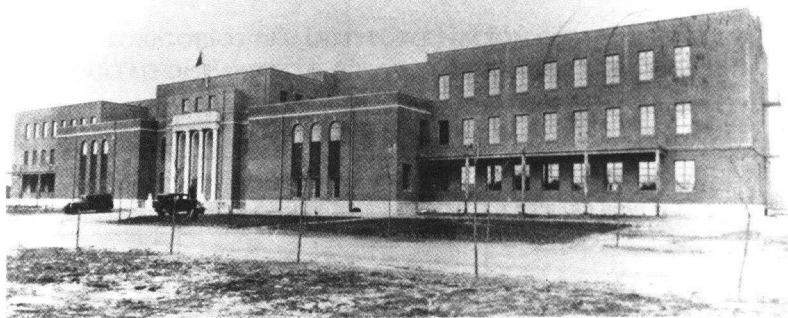
Capítulo 6

MUJERES EN EL INSTITUTO NACIONAL DE FÍSICA Y QUÍMICA (1931-1936)

La situación social que, a comienzos de los años 30, hizo posible el cambio a un régimen republicano tendrá su reflejo en el crecimiento del protagonismo de las mujeres en todos los ámbitos, también en el de las ciencias. Podemos verlo en el aumento de las que estudian en la universidad, de las que pasan a formar parte de las sociedades científicas y de las que se dedican a la investigación. Este salto cuantitativo hace posible que en torno a la física y química se configure un grupo de investigadoras que trabajarán en las principales líneas desarrolladas en estos campos en España.

En septiembre de 1931 queda terminado el edificio donado por la Institución Rockefeller, el Instituto Nacional de Física y Química (INFQ), y desde esa fecha se trasladan allí los equipos antes ubicados en el Laboratorio de Investigaciones Físicas, y en el Laboratorio de Química Orgánica y Biológica de la Facultad de Farmacia³². El

³² Para la gestación del INFQ y su puesta en marcha véanse: VINCENT, E. «L'Institut National de Physique et de Chimie de Madrid». *Chimie et Industrie*, 29, enero, 1933, pp.1-3; GLICK, Thomas F. (1987) «La Fundació Rockefeller i Espanya: la crisi dels laboratoris». En: Luis Navarro (ed.) *Història de la física*.



*Instituto Nacional de Física y Química (Rockefeller), Madrid.
Anuario de la Universidad de Madrid, 1932-1933.*

INFQ se organiza en 6 secciones (Electricidad y Magnetismo, Rayos Roentgen, Espectroscopía, Química Orgánica, Química-Física y Electroquímica) además de un taller que, bajo la dirección de J. Ma^a Torroja, tendrá como misión colaborar con las secciones en la construcción y reparación de aparatos. Algunas de las secciones trabajan en el nuevo Instituto desde principios de 1931, aunque la apertura oficial tiene lugar más tarde, el 6 de febrero de 1932. Al acto de inauguración asistirán el ministro de Instrucción Pública, Fernando de los Ríos, y los profesores Weiss, Willstätter, Sommerfeld, Scherrer y Hönigschmidt, «amablemente invitados por el Gobierno de la República en atención a su influencia en la formación científica de los distintos miembros del Instituto»³³.

El INFQ funcionó de forma más o menos regular —teniendo en cuenta que los inicios exigen ajustes y que el estallido de la guerra desbarató la línea de continuidad— desde 1931 hasta 1937. En números absolutos, durante el periodo mencionado, contó entre su personal científico con 36 mujeres de un total de 158 personas, lo

Trobades científiques de la Mediterrània. Actas. Maó, 1987. Barcelona, pp. 367-372 y SÁNCHEZ RON, 1994, *Op. Cit.*, pp. 213-242.

³³ *Memorias de la JAE, 1931-1932.* Madrid, 1933, p. 169.

que supone una proporción media cercana al 22%, un porcentaje importante teniendo en cuenta su presencia puntual apenas unos años atrás y teniendo en cuenta además los escasamente cinco años de funcionamiento normal de que dispondría antes del estallido de la guerra. Dada la fecha de su incorporación a los estudios universitarios (1910), las españolas tuvieron apenas dos décadas —y no pocos obstáculos— para alcanzar a sus compañeros. Ahora bien, siendo un avance digno de consideración, hay que subrayar que su estatus se circunscribía a las categorías de becarias y colaboradoras, pues ninguna mujer, en el periodo estudiado, ocuparía un cargo de dirección en estos establecimientos de investigación en física y química. El cuadro 33 recoge el nombre de todas ellas, incluidas en sus respectivas secciones³⁴.

En particular, de las seis secciones en las que estaba dividido el INFQ, las mujeres tuvieron un papel destacado en Espectroscopía —bajo la dirección de Catalán— y en Química-Física —bajo la dirección de Moles—, siendo esta última la sección que empleó a más mujeres.

El cuadro 34 incluye el número de científicas y científicos del INFQ, año a año, así como el porcentaje de presencia femenina sobre el total del personal científico del Instituto

³⁴ Para delimitar el grupo de investigadoras que trabajaron en el INFQ se ha tomado como base el listado de personal incluido en la publicación especial realizada con motivo de los cincuenta años de creación del INFQ [GAMBOA, 1982] corregido y completado con datos extraídos de las Memorias y documentos de los Archivos de la JAE. Al tomar siempre la suma de las informaciones, el listado resultante responde a criterios amplios, es decir, incluye también al personal investigador en formación.

CUADRO Nº 33

INVESTIGADORAS EN LAS DISTINTAS SECCIONES DEL INFQ (1931-1936)

Secciones	Investigadoras	Total
Electricidad y Magnetismo	Dolores Pardo Gayoso	1
Rayos X	Pilar Álvarez-Ude Aguirre Piedad de la Cierva Viudes Felisa Martín Bravo	3
Espectroscopía	Dorotea Barnés González Rosa Bernís Madrazo M ^a Paz García del Valle Josefina González Aguado Pilar de Madariaga Rojo Pilar Martínez Sancho Carmen Mayoral Girauta	7
Química-física	Pura Barbero Rebolledo Adela Barnés González Asunción Fernández Fournier María Aragón García Suelto Amelia Garrido Mareca M ^a Luisa Garayzábal Medley Carmen Herrero Ayllón Narcisa Martín Retortillo Carmen Pardo García-Tapia Carlota Rodríguez de Robles Concepción Rof Carballo M ^a Teresa Salazar Bermúdez M ^a Teresa Toral Peñaranda Pilar Villán Bertrán	14
Química Orgánica	Petra Barnés González Natividad Gómez Carmen Gómez Escolar	3
Electroquímica	Patrocinio Armesto Alonso Vicenta Arnal Yarza Carmen García Amo Manuela González Alvarogonzález Clara Orozco Barquín Concepción Zuasti Ferrández	6
Sin especificar sección	Obdulia de Madariaga Pérez-Gros Vicenta Muedra Benedito	2

CUADRO Nº 34

PERSONAL CIENTÍFICO EN EL INFQ, HOMBRES Y MUJERES.
% DE MUJERES SOBRE EL TOTAL

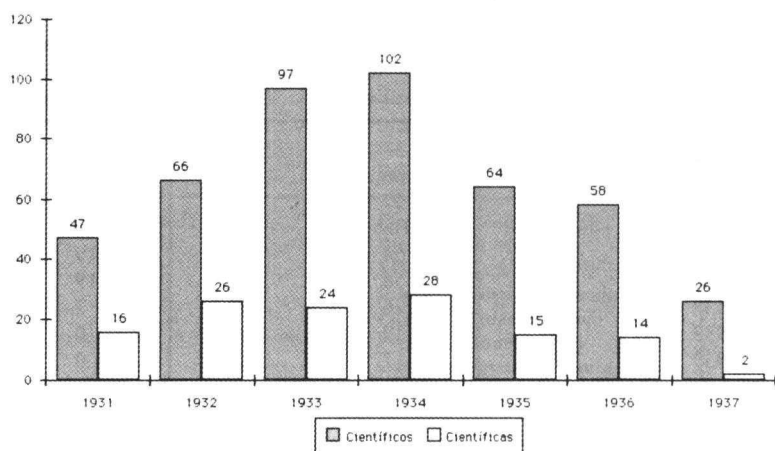
Año	Nº de Científicas	Nº de científicos	Total	% muj. sobre el Total
1931	16	47	63	25
1932	26	66	92	28
1933	24	97	121	20
1934	28	102	130	21
1935	15	64	79	19
1936	14	58	72	19
1937	2	26	28	7
1938	0	17	17	0
1939	0	17	17	0

Fuente: Documentos varios. Elaboración propia

Estos mismos datos se representan de forma separada en dos gráficas. La gráfica 1 muestra los números absolutos de investigadores e investigadoras del INFQ y la 2 el porcentaje de investigadoras, año a año. Puede verse que el número absoluto de mujeres alcanza su máximo en 1934, mientras el máximo relativo se alcanza en 1932. El porcentaje promedio de investigadoras, de 1931 a 1936 el 22%, supera con creces la proporción de alumnas de ciencias existentes en ese momento en la universidad española (un 10,9% sobre el total de alumnado de ciencias), ésta ya de por sí mayor que la proporción de las estudiantes sobre el total general de alumnos de la universidad (un 6,4%). En contra de algunos tópicos, vemos que las ciencias en general, y la investigación científica en particular, eran opciones que gozaban de gran predicamento entre las españolas de los primeros años 30.

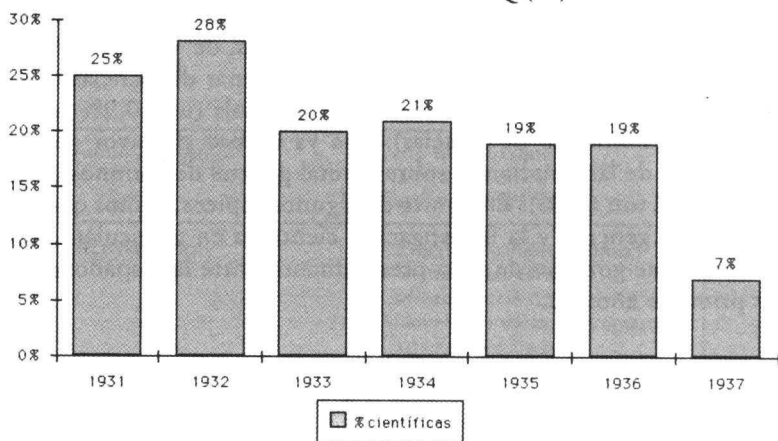
GRÁFICA Nº 1

INSTITUTO NACIONAL DE FÍSICA Y QUÍMICA: PERSONAL



GRÁFICA Nº 2.

CIENTÍFICAS EN EL INFQ (%)



Globalmente, la participación de las mujeres fue mayor en las secciones que desarrollaban trabajos de química. Un 64% del total investigaron en temas ligados a la química, mientras que un 30% lo hicieron en campos más cercanos a la física. Puede verse a través del cuadro 35, que recoge la distribución de mujeres por secciones en valores absolutos y los porcentajes con respecto al total de investigadoras. No obstante, algunas de las líneas de investigación no se atienen claramente a la distinción entre física y química. En esos años existe una confluencia de ambas disciplinas en el estudio del átomo y de la estructura interna de la materia, confluencia que se pone de manifiesto en secciones como Espectroscopía y Rayos X.

CUADRO Nº 35

Nº DE INVESTIGADORAS EN LAS DISTINTAS SECCIONES DEL INFQ
(1931-1936)

Secciones	Total Investigadoras	% sobre el Total de investigadoras
Electricidad y Magnetismo	1	3
Rayos X	3	8
Espectroscopía	7	19
Química-física	14	39
Química Orgánica	3	8
Electroquímica	6	17
Sin especificar sección	2	6
TOTAL SECCIONES	36	100

Fuente: Diversos documentos. Elaboración propia

El peso proporcional que tuvieron las mujeres en las distintas secciones puede calibrarse observando la distribución por sexo, hombres-mujeres (H-M), del personal del INFQ en un periodo concreto, en particular en el que recoge la última entrega de las Memorias publicadas por la JAE, correspondiente al periodo 1933-1934. Según las cifras recogidas en el cuadro 36, que reproducen el

panel de personal incluido en la Memoria de 1933-1934, hay en el INFQ un total de 100 personas con carácter de personal científico, y una presencia femenina del 19%.

CUADRO Nº 36

Nº DE HOMBRES (H) Y MUJERES (M) EN EL INFQ (1933-1934)

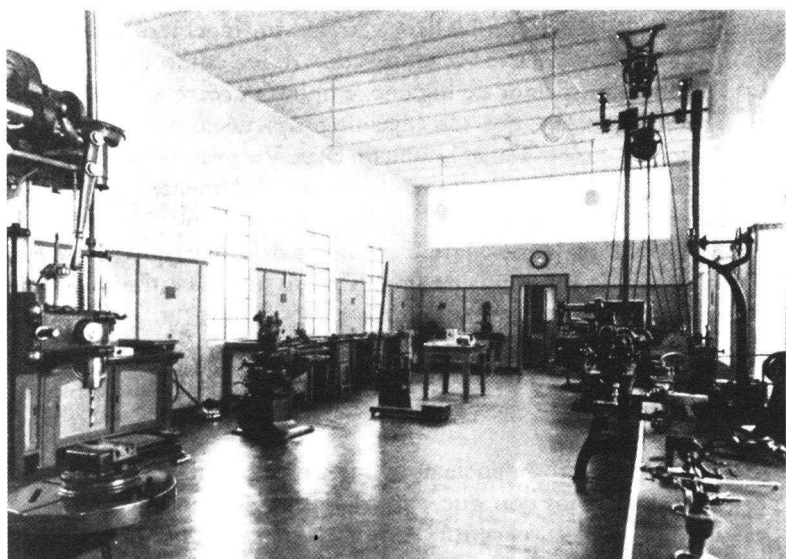
Secciones	Direc.	Becarios	Colabor.	Total	Total Secc.	Total Muj.	% Muj
	H-M	H-M	H-M	H-M			
Electricidad y Magnetismo	4-0	2-0	7-0	13-0	13	0	0
Rayos X	2-0	3-0	13-1	18-1	19	1	5
Espectroscopía	2-0	2-4	3-2	7-6	13	6	46
Química-física	3-0	3-1	10-8	16-9	25	9	36
Química Orgánica	2-0	4-0	9-1	15-1	16	1	6
Electroquímica	2-0	2-0	8-2	12-2	14	2	14
TOTAL SECCIONES	15-0	16-5	50-14	81-19	100	19	19

Fuente: Diversos documentos. Elaboración propia³⁵.

6.1. PROSOPOGRAFÍA DE LAS INVESTIGADORAS DEL INFQ

Para delimitar el perfil de las 36 mujeres que a lo largo del periodo de existencia del INFQ trabajaron en él en algún momento, hemos recogido una serie de datos: sociológicos, académicos, del número de becas obtenidas y del número de publicaciones.

³⁵ *Memorias de la JAE, 1933-1934*. Madrid, 1935, pp. 263-264. En este cuadro los colaboradores directos y la figura del agregado se han incluido bajo el epígrafe de dirección y las mujeres se han separado mediante un guión.



*Instituto Nacional de Física y Química (Rockefeller), Madrid.
Anuario de la Universidad de Madrid, 1932-1933.*

Datos sociológicos

Generación: Pertenecen claramente a una misma generación, pues la mayoría son nacidas entre 1900 y 1910 (30 de ellas) y tan solo una es anterior a 1900, Felisa Martín Bravo, que nace en 1898. De cinco no se tienen datos.

Procedencia geográfica: Proviene de todas las zonas del territorio español, a excepción de Cataluña. Así, hay de Andalucía, 2; Aragón, 2; Asturias, 2; las dos Castillas, 9; Extremadura, 1; Galicia, 2; Gran Canaria, 1; Madrid, 8; Navarra, 2; País Valenciano, 2; País Vasco, 2. Destaca la representación de Madrid y el resto de Castilla, que en conjunto dan cuenta de casi el 50% (17 de 36). De tres no se poseen datos.

Extracción social: De las veinte cuya profesión paterna nos es conocida se deriva una mayor pertenencia a una clase media con predominio de las profesiones liberales o titulados superiores, ya

que hijas de catedrático, médico, veterinario, ingeniero o abogado son diez; de funcionarios y empleados, tales como ayudante de obras públicas, inspector de higiene, empleado, secretario o comisario de guerra son seis; dos son hijas de propietario, uno de ellos especificando labrador. Tan sólo una de ellas, Vicenta Arnal, es hija de jornalero. La profesión de la madre viene crudamente especificada como dedicación a las labores «propias de su sexo». No obstante, una de ellas, la madre de María Paz García del Valle, queda destacada porque será la encargada de impartir a su hija los estudios primarios, según consta en su expediente.

Datos académicos

Al indagar la procedencia académica de las mujeres de este grupo nos encontramos con que once de las 36 son antiguas alumnas del Instituto Escuela, el centro educativo creado por la JAE a modo de centro piloto o experimento pedagógico, para ser el ejemplo a seguir por el resto de centros de enseñanzas medias. También nos encontramos con el hecho de que la mayoría son alumnas brillantes, pues un tercio del total, doce, tienen Sobresaliente y Premio Extraordinario en la licenciatura.

Como puede verse en el cuadro 37, la mayoría de ellas son licenciadas en químicas, 21; una carrera a veces precedida o compatibilizada con la de farmacia, como es el caso de cuatro de las anteriores; licenciadas en físicas son seis, una de las cuales lo es también en química; cuatro son licenciadas en farmacia y de cinco no se poseen datos. Si se toman los porcentajes, vemos que existe una proporción mayoritaria de químicas (61%), seguida a distancia por farmacéuticas (22%) y físicas (17%), porcentajes cuya suma no es cien porque las que poseen dos carreras están incluidas en las dos categorías.

CUADRO Nº 37

CARRERAS CURSADAS POR LAS INVESTIGADORAS DEL INFQ

Carrera	Nº de investigadoras que realizan esta carrera	% sobre el total de investigadoras
Químicas	22	61%
Farmacia	8	22%
Físicas	6	17%
Sin datos	5	14%

Fuente: Expedientes personales. Elaboración propia.

La mayoría son licenciadas por la Universidad de Madrid, 22, aunque las hay de otras universidades: de Santiago, dos; de Valencia, Oviedo, Granada, Zaragoza, Salamanca, una de cada; e incluso dos recorren tres universidades hasta licenciarse. De cinco no se poseen datos. Con el doctorado terminado hay nueve de ellas, ocho de química y una de física, Felisa Martín Bravo, aunque alguna más lo hace o está en vías de hacerlo³⁶.

Becas recibidas

De las 36 mujeres reseñadas son ocho las que en algún momento han disfrutado de una pensión en el extranjero, becadas por la JAE, entre las que se cuentan cuatro de las cinco que más publican. Sólo Teresa Toral, precisamente la que tiene en su haber un mayor número de publicaciones y que se mantiene en el INFQ de becaria, con seguridad hasta el año 1937 y con alta probabilidad en 1938, no logrará su pensión, pues justamente está en trámites de solicitarla en el año 1936. Estas ocho becadas son:

³⁶ Estas cifras están dadas a la baja, es decir, incluyen sólo aquellas de las que se posee certeza de la culminación de la tesis, por reflejarlo en su expediente personal.

- 1) Vicenta Arnal (1930), de la Sección de Electroquímica, para estudiar electroquímica y físico-química en Alemania y Suiza;
- 2) Dorotea Barnés (1929), de la Sección de Espectroscopía, para estudios de química en Smith College, Massachusetts, EEUU;
- 3) Piedad de la Cierva (1936), de la Sección de Rayos X, para estudios de física teórica en Copenhague;
- 4) M^a Paz García del Valle (1932), de la Sección de Espectroscopía, para estudios espectroscópicos en Harvard, EEUU;
- 5) Manuela González Alvargonzález (1931), de la Sección de Electroquímica, para estudios de química en Bryn Mawr, Pennsylvania, EEUU;
- 6) Pilar Madariaga (1929), de la Sección de Espectroscopía para estudios de química en Vassar College, Nueva York;
- 7) Felisa Martín Bravo (1932), de la Sección de Rayos X, para estudios de Espectrografía de rayos X en Inglaterra, y
- 8) M^a Teresa Salazar (1934), de la Sección de Química-Física, para estudiar el núcleo atómico en Francia.

La Sección de Espectroscopía albergó a tres de las becadas, las de Rayos X y Electroquímica a dos y la de Química física a una de ellas.

Número de publicaciones

Las 36 investigadoras que constituyen el grupo del INFQ produjeron un total de 63 publicaciones. Teniendo en cuenta que la mitad de ellas, 18, no realizó ninguna o no se conoce, esta producción corresponde a tan sólo 18 de ellas, cuya contribución, a su vez, varía entre las que apenas publicaron uno o dos artículos y las que llegaron hasta diez y once publicaciones. El cuadro 38 recoge el número de investigadoras con el número de sus publicaciones.

CUADRO Nº 38

DISTRIBUCIÓN DE LAS INVESTIGADORAS DEL INFQ POR EL NÚMERO DE PUBLICACIONES

Nº de Publicaciones	Nº de investigadoras
1	6
2	3
3	3
4	1
5	2
7	1
10	1
11	1

Fuente: Diversos documentos. Elaboración propia

Por lo recogido en el cuadro anterior vemos que seis de ellas dan cuenta de las 3/4 partes del total de publicaciones, en concreto de 42 artículos. Estas son Vicenta Arnal, Sección de Electroquímica, que tiene 11; Teresa Toral, Sección de Química-Física, 10; Piedad de la Cierva, Sección de Rayos X, 7; Dorotea Barnés, Sección de Espectrografía, 5; Teresa Salazar, Sección de Química-Física, 5 y Carlota Rodríguez, Sección de Química-Física, 4.

La evaluación comparativa de sus contribuciones en forma de publicaciones, tanto dentro de una sección como entre las distintas secciones, puede hacerse a través de dos índices sencillos: 1) «% de investigadoras que publican sobre el total de mujeres de la sección» y 2) «índice de productividad» = promedio de artículos publicados por investigadora en cada sección. El cuadro 39 resume la información.

CUADRO N° 39

DISTRIBUCIÓN POR SECCIONES Y PRODUCTIVIDAD
DE LAS INVESTIGADORAS DEL INFQ

Secciones	Nº investigadoras	Total Publicaciones de mujeres	Porcentaje invest. que publican	Índice de productividad
Magnetismo	1	0	0	0
Rayos X	3	9	67%	3
Espectroscopía	7	13	71%	1,8
Química-física	14	23	65%	1,6
Química Orgánica	3	6	100%	2
Electroquímica	6	12	33%	2
No conocida	2	—	—	—

Fuente: Diversos documentos. Elaboración propia

Analizando sección por sección, nos encontramos con que en la Sección de Magnetismo la única mujer que aparece reseñada no se sabe que tenga publicaciones. En la Sección de Rayos X hay tres investigadoras: una con 0 publicaciones, una con 7 y una con 2, haciendo un total de 9 publicaciones y siendo el índice de productividad medio de 3 artículos. La Sección de Espectroscopía, con siete investigadoras, es en la que hay más mujeres que publican (un 71%), aunque su índice de productividad es bajo: hay dos con 0 publicaciones, dos con 1, dos con 3 y una con 5, haciendo un total de 13 publicaciones. La Sección de Química-Física es la que tiene un mayor número absoluto de investigadoras, catorce, alguna de ellas con un número respetable de publicaciones, pero a la vez más de la mitad de las mujeres que trabajan en esta sección no publican nada: hay ocho con 0 publicaciones, dos con 1, una con 2, una con 4, una con 5 y una con 10, alcanzando un total de 23 publicaciones. En la Sección de Química Orgánica hay pocas mujeres investigando pero todas ellas publican: hay una con una publicación, una con 2 y una con tres, haciendo un total de 6 publicaciones. Por último, en la Sección de Electroquímica publican un 33% de las que trabajan,

correspondiendo en la práctica la mayoría de las publicaciones a una de las seis de la sección, que publica 11 artículos.

6.2. INTEGRACIÓN EN LAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Veamos más pormenorizadamente, sección por sección, la contribución de estas mujeres a las líneas de investigación del INFQ, trabajos que no partían de la nada sino que eran continuidad de los iniciados en el LIF y en el Laboratorio de Química Orgánica y Biológica de la Facultad de Farmacia.

Sección de Electricidad y Magnetismo

Dirigida por Blas Cabrera y Felipe³⁷, en esta sección se continuó con el desarrollo de la Magnetoquímica, abordando problemas relacionados con la estructura de los átomos y moléculas a través de la medida de sus coeficientes dieléctricos y magnéticos. Blas Cabrera había sido elegido en 1928 miembro del Comité científico del Instituto Internacional de Física Solvay, que reunía a los científicos más prestigiosos del momento, entre ellos Marie Curie y Albert Einstein.

«Blas Cabrera contribuyó a la Réunion Internationale de Chimie physique, celebrada en París del 8 al 14 de octubre último con una Memoria sobre “El paramagnetismo y la estructura de los átomos combinados” [...] Sin duda como consecuencia de los trabajos cuyo motivo general se resume antes y se detalla después, el señor Cabrera ha sido elegido miembro del Comité científico del Instituto Internacional de Física Solvay, en sustitución de W. Bragg, miembro extranjero de la Sociedad científica holandesa, correspondiente del Instituto de Francia (Academia de Ciencias) y miembro del Comité del Bureau International de Poids et Mesures»³⁸.

³⁷ Véanse las obras de GONZÁLEZ POSADA, Francisco (1994) *Blas Cabrera: físico español, lanzaroteño ilustre* y (1995) *Blas Cabrera ante Einstein y la relatividad*, ambas en Dpto Publicaciones. E.T.S. Arquitectura, Fundación General de la Universidad Politécnica de Madrid. Este Dpto está publicando las obras completas de Blas Cabrera, comentadas.

³⁸ *Memorias de la JAE, 1926-1928*. Madrid, 1929, p. 183.

A principios de los años 30 el trabajo realizado por Cabrera y colaboradores en el LIF era tenido como base para la discusión del tema, como queda acreditado en las actas del Instituto Internacional de Física Solvay y en la obra de Van Vleck, *Electric and magnetic susceptibility*³⁹. Ya en el nuevo Instituto, Torroja diseñó y construyó nuevos aparatos que permitieron mejorar las medidas de las susceptibilidades magnéticas de sustancias diamagnéticas y paramagnéticas. Según Salvador Velayos Hermida, colaborador de esta Sección en aquellos años, la Magnetoquímica⁴⁰ fue la línea de investigación más importante en el INFQ en el periodo anterior a la Guerra Civil [VELAYOS, 1982].

Con respecto al diamagnetismo, se buscaba explicación teórica para algunos resultados experimentales en torno a: 1) La invariabilidad de la susceptibilidad magnética con la temperatura y 2) La existencia de una ley de aditividad para hallar la susceptibilidad magnética de una molécula. Cabrera y Fahlenbrach —alemán becado por la Junta de Relaciones Culturales y por la Notgenseinschaft der Deutschen Wissenschaft que se convertiría en uno de los más directos colaboradores de Cabrera— estudiaron el caso del agua, en el que la susceptibilidad magnética sí varía con la temperatura, y comprobaron la validez de la ley de aditividad en la serie de los alcoholes primarios y en los hidrocarburos⁴¹.

Con respecto al paramagnetismo se buscaba una explicación a la libertad de rotación que presentan los iones paramagnéticos, libertad que era la base de los razonamientos que conducían a la ley de Curie: $X_M \cdot T = C_M$, siendo X_M la susceptibilidad magnética, C_M la constante de Curie y T la temperatura. Weiss había introducido una corrección a esta ley que coincidía con la explicación y medidas desarrolladas por Cabrera. También se trabajó en torno a la existencia de un momento magnético elemental —el magnetón de Weiss—, que llevó a comprobar si los momentos magnéticos obtenidos son

³⁹ *Memorias de la JAE, 1931-1932*. Madrid, 1933, p. 169.

⁴⁰ CABRERA FELIPE, Blas (F. González Posada y D. Trujillo, ensayo introductorio) *La teoría de los magnetones y la magnetoquímica de los compuestos férricos (1912-1913)*. Dpto Publicaciones. E.T.S. Arquitectura, Fundación Gral de la Universidad Politécnica de Madrid, 1995.

⁴¹ VELAYOS, 1982, pp. 66-67.

múltiplos de uno elemental y que, eventualmente, habría de dejar paso al magnetón de Bohr⁴².

En los años del INFQ, en estos trabajos, sólo se sabe de una mujer, Dolores Pardo Gayoso, que colaboró en trabajos prácticos (1931-1932) sin que llegara a cuajar en ninguna publicación —conocida—. Según las Memorias de la JAE:

«Ha fijado la atención de Cabrera y Duperier el estudio del óxido y sulfato de Samario, uno de los cuerpos que mostraba diferencias más notables con las predicciones teóricas. Los trabajos primitivos de este Laboratorio habían servido a Van Vleck como criterio para su teoría, y esto mismo movió a Cabrera y Duperier a insistir en su estudio, que han obtenido nuevos resultados, logrando, en colaboración con Piña, una estimación analítica cuantitativa de la pureza de los ejemplares estudiados, expuesta por B. Cabrera ante la Société de Physique de France en sesión celebrada en Strasbourg. En estos trabajos colaboraron el Sr. Velayos y la señorita Pardo Gayoso»⁴³.

Así pues, de las 41 publicaciones de este periodo [VELAYOS, 1982, pp. 74-77] no hay ninguna con firma de mujer. En 1933-34 trabajaban en esta sección A. Duperier, J. María Torroja y G. de Montaud; dos becarios: S. Velayos y G. Sans Huelin y siete colaboradores: H. Fahlenbrach, J. del Corro, A. Espurz, C. Kocherthaler, R. Salcedo, J. Huidobro y N. Cabrera.

Sección de Rayos X

Dirigida por Julio Palacios⁴⁴, con la colaboración de R. Salvia, la línea básica de investigación era la determinación de estructuras cristalinas mediante la difracción de rayos X. Se ha citado anteriormente como la asignación de la Cátedra Cajal a esta sección ya des-

⁴² *Ibidem*, pp. 67-70.

⁴³ *Memorias de la JAE, 1931-1932*. Madrid, 1933, pp. 169-170.

⁴⁴ GONZÁLEZ POSADA, Francisco (1994) *Julio Palacios: físico español, aragonés ilustre*. Dpto Publicaciones. E.T.S. Arquitectura, Fundación Gral de la Universidad Politécnica de Madrid.

de los años del LIF había permitido disponer de una instalación moderna de Rayos X, así como hacer posible la estancia en la cátedra de Paul Scherrer, director del Instituto Politécnico de Zürich y uno de los expertos más destacados en el tema. Ya en el Rockefeller se recibirá la visita de los Premios Nobel Bragg y Siegbahn, montándose bajo la dirección de este último el espectrógrafo de rayos X que lleva su nombre y ampliando de esta manera el campo de trabajo al estudio de los propios rayos X. De especial importancia fue la colaboración de los físicos alemanes Hengstenberg y Wierl, pues con ellos se monta el primer aparato de difracción de electrones, técnica que Wierl había puesto en práctica en moléculas gaseosas. Estos últimos trabajos, iniciados por Luis Brú Villaseca, serían el origen de la escuela actual de Microscopía electrónica [BRU VILLASECA, 1982, p. 91].

En esta sección, ya desde años anteriores, la presencia de las mujeres es más patente pues del LIF pasarán, con Julio Palacios, Felisa Martín Bravo y Pilar Álvarez-Ude Aguirre. Así lo recuerda Luis Brú: «Cuando tuve la suerte de incorporarme [...] estaban ya Isidro Navarro, Felisa Martín Bravo, el inolvidable Rafael Salvia y Pilar Álvarez-Ude. Pronto se unieron Mariano Velasco y D. Juan Cabrera, que ya era desde hacía algunos años catedrático de la Universidad de Zaragoza» [BRU VILLASECA, 1982, p. 90]. En el curso 1931-1932, además de las citadas Pilar Álvarez-Ude y Felisa Martín Bravo, trabajan en la sección seis señores. Felisa Martín, nuestra ya citada primera doctora en físicas, se decantará más tarde, tras hacer las oposiciones al Servicio Nacional de Meteorología, hacia esta rama de la física⁴⁵.

En el curso 1933-1934 la sección cuenta con tres becarios: L. Brú, J. Garrido y J. A. Barasoain, así como catorce colaboradores, entre los que se encuentra Piedad de la Cierva. Esta doctora en química, incorporada en el curso 1932-1933, será —entre las investigadoras de esta sección— la que realizará una aportación más relevante y continuada. Su valiosa contribución cuajará en su tesis doctoral titulada *Los factores atómicos del azufre y del plomo*, así como en los 7

⁴⁵ MARTÍN BRAVO, Felisa (s.d.) «Corrientes eléctricas verticales originadas por la acción de las puntas bajo nubes de tormenta, chaparrones, etc». Madrid, Archivo de la JAE.

artículos que publica en los *Anales de la SEFQ* a lo largo de los escasos cuatro años en los que el INFQ pudo trabajar antes del estallido de la Guerra Civil⁴⁶.

Piedad de la Cierva participa activamente en la Sociedad Española de Física y Química (SEFQ), foro de debate de los especialistas del país. En la sesión del día 3 de julio de 1933 intervine para exponer el resultado de un trabajo llevado a cabo con J. Losada, acerca de la aplicación del método fotométrico a la medida de intensidades absolutas de espectros de Rayos X, en el que se realiza una crítica de los métodos experimentales y se establecen algunas reglas prácticas que permiten la mejora de los resultados:

«Es necesario, para operar independientemente de las condiciones temporales del tubo productor de rayos, emplear un patrón consistente en una línea Debye de Al, que se repite siempre y sirve de término de comparación. También en el revelado y en el fotometraje es necesario emplear un cierto número de precauciones. Por este método se han podido medir unos cuantos casos, obteniéndose valores siempre en concordancia perfecta con los teóricos»⁴⁷.

En 1935, Piedad de la Cierva solicita una pensión para trabajar con el Profesor Mark, en Viena, renombrado por las investigaciones en cinética química mediante Rayos X llevadas a cabo en sus Laboratorios. En su solicitud hacía notar «la importancia de su petición ya que hasta la fecha no se ha trabajado sobre esta cuestión en España y ella permitiría la introducción de esta nueva técnica en nuestro

⁴⁶ CIERVA VIUDES, Piedad de la y LOSADA, J. (1933) «Medidas fotométricas de la reflexión de los rayos X». *Anales de la SEFQ*, 31, 607; CIERVA VIUDES, P. y PALACIOS, J. (1934) «Medidas fotométricas de la reflexión de los rayos X». *Anales de la SEFQ*, 32, 391; CIERVA VIUDES, P. y PALACIOS, J. (1935) «Factores atómicos absolutos del azufre y del Plomo». *Anales de la SEFQ*, 33, 34-38; CIERVA VIUDES, P. (1936) «Emisión de neutrones por minerales». *Anales de la SEFQ*, 33, 766-769; PALACIOS, J. y RIVOIR, L. y CIERVA VIUDES, P. (1936) «Medidas fotométricas de la reflexión de los Rayos X. IV. Comparación de intensidades muy diferentes». *Anales de la SEFQ*, 34, 743-747; CIERVA VIUDES, P. y RIVOIR, L. (1936) «Análisis químico por Rayos X». *Anales de la SEFQ*, 34, 770-778.

⁴⁷ «Acta de la sesión del día 3 de julio de 1933». *Anales de la SEFQ*, 1933, pp. 343-344.

país»⁴⁸. La pensión le fue concedida, pero no sabemos las razones por las que en vez de ir a Viena va a Copenhague, al Universitetes Institut for Teoretisk Fysik. En la sesión de la SEFQ de 4 de mayo de 1936 se da cuenta de un trabajo suyo acerca de la *Bifurcación en la transmutación del aluminio por la acción de los neutrones rápidos* realizado en Copenhague con el profesor Von Hevesy⁴⁹.

Sección de Espectroscopía

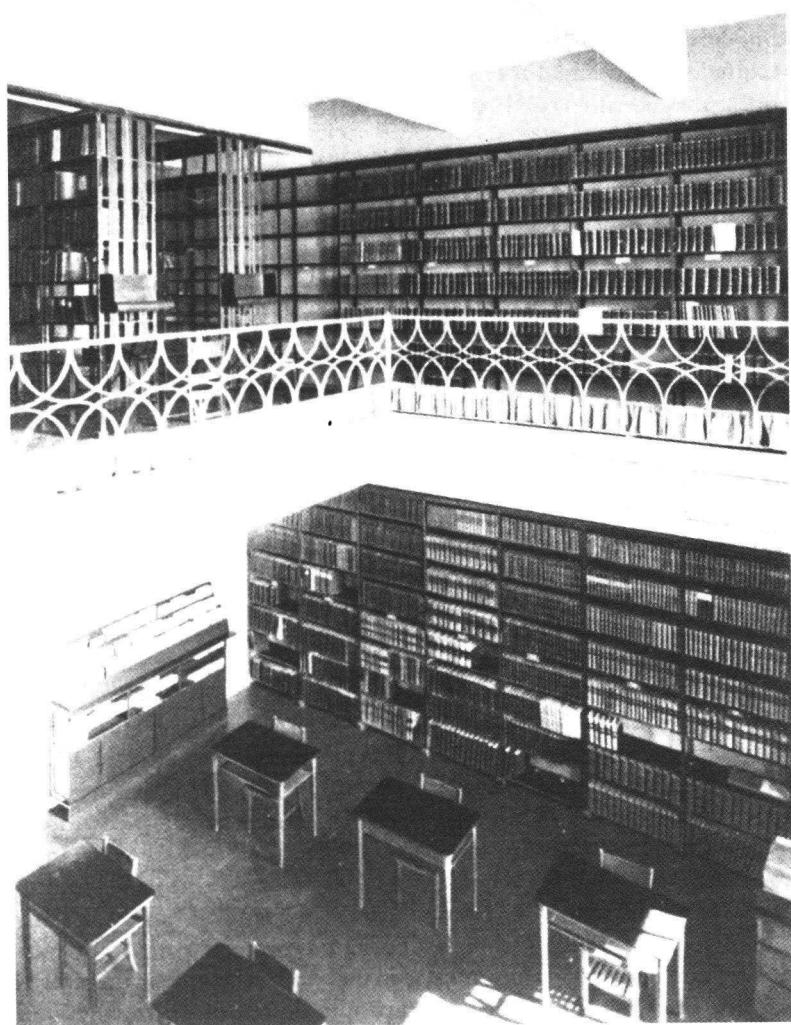
Espectroscopía fue la sección que, junto a química-física, incluyó a un mayor número de mujeres. Su director, Miguel Antonio Catalán Sañudo⁵⁰, fue uno de los investigadores españoles cuyos resultados lograron mayor repercusión internacional. En España la espectroscopía la había introducido el profesor Ángel del Campo [SÁNCHEZ RON, 1994, pp. 111-122], catedrático de Química Analítica en la Universidad Central de Madrid, que fue el primero en usar un espectroscopio con registro fotográfico —espectrógrafo— en sus investigaciones analíticas. Se trataba de una espectroscopía atómica de tipo experimental, al principio más dirigida hacia el análisis espectroquímico y que, en los años 20, ya en la sección correspondiente del LIF, irá adquiriendo una orientación más física, en concordancia con el marco en el que se inscribía el brillante trabajo iniciado por Catalán en Londres y en concordancia también con la evolución de la espectroscopía mundial durante este periodo [SÁNCHEZ RON, 1994, pp. 121-122; VALERA, 1988, p. 363].

Catalán, licenciado en químicas por Zaragoza, llegó a Madrid en 1915 y a principios de los años 20 fue pensionado por la JAE para ir a Londres a trabajar al Imperial College con el profesor A. Fowler. Allí realizó un brillante trabajo sobre el espectro del átomo de manganeso [CATALÁN, 1922], en el que daba a conocer su

⁴⁸ Piedad de la Cierva Viudes. Instancia al Presidente de la JAE, Madrid 6 de febrero de 1935. Archivo JAE.

⁴⁹ CIERVA VIUDES, Piedad de la (1936) «Bifurcación en la transmutación del aluminio por la acción de los neutrones rápidos». *Anales de la SEFQ*, 33, 541-588.

⁵⁰ Sobre Catalán, véase SÁNCHEZ RON, José Manuel (1994) *Miguel Catalán. Su obra y su mundo*. Madrid, CSIC.



*Biblioteca del Instituto Nacional de Física y Química (Rockefeller), Madrid.
Anuario de la Universidad de Madrid, 1932-1933.*

aportación más conocida, los *multiplotes*, descubrimiento que permitía interpretar espectros complejos y tenía además repercusiones en el campo de la Astrofísica. A partir de entonces Catalán se hizo un hueco en el mundo de la investigación espectroscópica, siendo conocido y citado por los mayores especialistas en este campo. Sus resultados son barajados en la correspondencia y publicaciones de la época por científicos de la talla de Bohr, Sommerfeld, Landé, Saha y Russell.

«Los trabajos del señor Catalán publicados en los años anteriores y en los actuales han dado la clave, tanto tiempo buscada, para la interpretación de los espectros complejos, y, por ende, de sus átomos. En todos los laboratorios de espectroscopía se trabaja en la actualidad febrilmente, empleando el método de los “multiplotes” establecido por Catalán, con resultados notabilísimos; en la actualidad pasan de 500 los trabajos publicados en todos idiomas, desde 1922, en que el señor Catalán publicó su método. No queremos pasar en silencio el hecho de que en la sesión de apertura del Congreso celebrado por la Asociación británica para el progreso de las ciencias, en 1926, el discurso inaugural del profesor Fowler fue dedicado de un modo especial a los trabajos de Catalán, y que en la conferencia pronunciada por el profesor Sommerfeld en la Real Sociedad de Londres, al recibir la investidura de miembro de la misma, se dijo que el rápido desarrollo de la espectroscopía en los últimos años se debe al método de los “multiplotes” de Catalán»⁵¹.

Con Sommerfeld, en particular, Catalán establecerá una relación estrecha nacida a raíz de una visita de aquel a Madrid, en 1922. El manuscrito sobre los multiplotes proporcionaba a Sommerfeld apoyo experimental para su teoría de los números cuánticos internos que éste había construido casi sin datos. Estos números cuánticos internos podían ser asignados a los términos múltiples —multiplotes— encontrados. R. Velasco [1977] ha señalado que Catalán, bien preparado en espectroscopía pero no tan versado en los últimos desarrollos de la teoría atómica, careció de tiempo para madurar y dar una interpretación teórica a su propio descubrimiento, algo que

⁵¹ *Memorias de la JAE, 1924-1926*. Madrid, 1927, p. 246.

Sommerfeld, en primera línea, junto a Bohr, en cuanto a teorización de la estructura de la corteza de los átomos, pudo hacer de forma inmediata⁵².

Becado por la International Education Board (Fundación Rockefeller) Catalán viajará al Instituto de Física de Sommerfeld, en Munich, donde permanecerá el curso 1924-1925. De allí volverá con Bechert, un colaborador que trabajará con él en Madrid, el curso siguiente. Desde su papel de espectroscopista experimental se esforzará por confirmar con datos el método de los números cuánticos internos de Sommerfeld.

El descubrimiento de los multipletes quedaría como uno de los hitos del desarrollo espectroscópico en el camino de la profundización del conocimiento de la arquitectura atómica. Inicialmente se pensó que esta línea de investigación conduciría a descubrir la mecánica cuántica del átomo. Sin embargo, la mecánica cuántica emergería de otra línea diferente, desarrollada entre 1925 y 1927 por Schrödinger, Heisenberg y Dirac. Los multipletes, que ciertamente colaboraron a completar el conocimiento de la estructura del átomo, se explican mediante el *spin* del electrón, introducido por Goudsmit y Uhlenbeck. La bibliografía de la época otorga el reconocimiento correspondiente a lo que suponía esta contribución, como lo muestra el siguiente pasaje, entresacado de un libro especializado de los años 30, en el que se hace un repaso de los principales avances habidos en espectroscopía:

«Después del estudio de las series espectrales de los metales similares a los alcalinos, en términos de la teoría de Bohr, los próximos pasos importantes fueron el descubrimiento empírico de las leyes del efecto Zeeman por Landé y el descubrimiento y extenso estudio de los grupos relacionados de líneas en los espectros complejos, llamados multipletes. El estudio moderno de los multipletes fue empezado por Catalán. La estructura de los multipletes y los problemas del efecto Zeeman anómalo exigían una generalización esencial del modelo de órbita de los electrones que fue proporcionada por Uhlenbeck y Goudsmit quienes postularon

⁵² Lo haría al año siguiente en SOMMERFELD, Arnold (1923) «Über die Deutung verwickelter Spektren (Mangan, Chrom, usw.) nach der Methode der inneren Quantenzahlen». *Annalen der Physik*, 70, 32-62.

un momento magnético intrínseco y un momento angular para el electrón»[CONDON y SHORTLEY, 1935, p. 8].

Dificultades económicas para disponer de mejores equipos se interpondrían en el desarrollo de los trabajos de Catalán y su equipo. Su intención de abordar el estudio de las estructuras de los espectros de las tierras raras, completando así el estudio que de estos elementos llevaba a cabo Cabrera desde el punto de vista magnético, no se llevaría a la práctica. A principios de los años 30, Catalán introduciría en España⁵³, lo que por entonces era una nueva técnica, la Espectroscopía Raman, basada en el efecto que mereció a su descubridor el premio Nobel de física en 1930, técnica espectroscópica que hace uso de un nuevo tipo de radiación secundaria.

Las mujeres estuvieron presentes en las investigaciones espectroscópicas españolas desarrolladas en el INFQ desde los primeros años. Durante el curso 1930-1931, la tarea fundamental fue la de montar el laboratorio en el recién estrenado edificio. Por esta razón apenas pudieron hacerse trabajos experimentales, llevándose a cabo un trabajo de tipo bibliográfico. Casaseca y Paz García del Valle se ocuparon de reunir la bibliografía y ordenarla por autores y materias; también ayudaron a Catalán a reunir materiales para la publicación de un libro sobre los multipectes⁵⁴. Pilar Martínez Sancho, hizo un estudio teórico sobre los valores de los factores magnéticos en los espectros.

Durante el curso de 1931-1932 se montaron varios aparatos nuevos: dos espectrógrafos de tipo Litrow con óptica de vidrio y de cuarzo y con red plana y cóncava. Asimismo uno de gran abertura que fue dedicado al estudio del efecto Raman. Una de las investigadoras de esta sección, Dorotea Barnés tendría un papel especial en la introducción de las técnicas Raman en nuestro país, ya que cuando surgieron dificultades con el espectrógrafo de gran abertura, ella sería la encargada de ir al laboratorio del profesor Kohlrausch, en Graz (Austria) para familiarizarse con la espectroscopía Raman. Barnés, que había estado becada en el Smith College y en Yale, tenía

⁵³ *Memorias de la JAE, 1924-1926*. Madrid, 1927, p. 246.

⁵⁴ Finalmente el libro no llegaría a publicarse. Cfr.: SÁNCHEZ RON, 1994, *Op. Cit.*, 263-270.

una sólida preparación en espectroscopía. Socia de la SEFQ, Barnés toma parte activa en las sesiones de la sociedad, en las que presenta sus trabajos o los de otros miembros del equipo, como es el caso del estudio sobre el espectro del Molibdeno I de Catalán:

«Se ha fotografiado este espectro en toda su extensión desde el ultravioleta extremo hasta el infrarrojo; para esta última parte se han empleado placas supersensibilizadas con xenocianina. Se han medido muchas nuevas líneas, especialmente en las dos regiones extremas. Todo ello, al objeto de completar el conocimiento del espectro para poder proseguir con la tarea de su estructuración que fue comenzada por nosotros hace algunos años, pero detenida por la falta de medios experimentales. Se han encontrado un gran número de nuevos términos espectrales cuyos valores energéticos nos permiten determinar los diferentes modos de emitir del átomo neutro del molibdeno»⁵⁵.

En la misma sesión, Barnés da cuenta del trabajo de Pilar Martínez Sancho, complementario del anterior, sobre el espectro del molibdeno II y que «permitirá saber la estructura del átomo ionizado del Mo, necesaria para un conocimiento preciso del átomo neutro. El espectro de chispa ha sido fotografiado y comparado en toda su extensión con el de arco, para poder separar las líneas de uno y otro espectro ...»

Entre las investigadoras de esta sección se hallaban Pilar Martínez Sancho y Pilar de Madariaga. La primera publicó con Catalán (1931) sobre el espectro de cromo y más tarde, 1933, individualmente, sobre el espectro del molibdeno II. Al estudio del molibdeno se incorporaría Pilar de Madariaga quien, ese mismo año, publica con Catalán los resultados sobre el espectro de este elemento. Estos eran los trabajos centrales de la sección, como señala Catalán a Bechert en mayo de 1933:

«Aquí trabajamos intensamente pues yo no tengo ya el Instituto Escuela y estoy todo el día en el laboratorio. Tenemos resultados Raman de alcoholes y ácidos orgánicos. Hemos analizado

⁵⁵ Intervención de Dorotea Barnés, recogida en el acta de la sesión de 21 de diciembre de 1932. *Anales de la SEFQ*. Madrid, 1933.

los espectros del molibdeno, arco y chispa, y hemos proseguido con el del cobalto arco. He revisado el manganeso arco con muchos nuevos términos» [Citado en SÁNCHEZ RON, 1994, p. 270].

A partir de 1932, Catalán disfrutaría de la Cátedra de Espectrografía y Estructura del Atomo, instituida por la Fundación del Conde de Cartagena y ligada a la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Al cobijo de esta cátedra se inician nuevas investigaciones, en las que participan mujeres de la sección. Catalán, informa de ellas a José de Madariaga, secretario de la Academia:

«La Srta. Pilar de Madariaga se ocupa de intentar la valoración de pequeñas cantidades de mercurio en el aire de nuestras minas de Almaden y en los gases de las chimeneas de los hornos de aquellas fábricas. El método espectroscópico presentará quizás una mayor sensibilidad y rapidez que los métodos actuales. La Srta. Rosa Bernís intenta el obtener los espectros de los metales en sus grados de ionización más elevados. Con ello podrá ser determinada la forma en que se produce la ionización en esos elementos. Para conseguirlo tiene que vencer algunas dificultades en la técnica por tratarse de la región para la que el aire es totalmente opaco y porque hay que provocar las descargas en condiciones extraordinarias en tubos cerrados. Yo por mi parte dedicaré mi actividad al conocimiento de la estructura del espectro del molibdeno que se conoce muy poco y tiene interés desde el punto de vista teórico» [Citado en SÁNCHEZ RON, 1994, pp. 272-274].

La presencia de las mujeres en esta sección se hace patente observando el panel de personal correspondiente a 1933-1934: Tres de los cinco becarios que trabajan con Catalán son mujeres (Dorotea Barnés, Pilar Martínez Sancho y Pilar de Madariaga) y de cinco colaboradores, dos son Rosa Bernís y Paz García del Valle. Además con el Agregado a dicha Sección, Santiago Piña de Rubiés, está de becaria Josefina González. En total, y excluyendo a Catalán, de doce personas hay seis mujeres, es decir, una proporción del 50%. Esta importante presencia, que sucede en la sección en la que se llevan a cabo los trabajos con mayor peso internacional, se deja sentir en las Memorias de la JAE, pues al informar de los trabajos realizados durante ese curso y que continúan en la línea del estudio y estructura-

ción de los espectros, de nueve párrafos informativos seis aluden a investigaciones realizadas por ellas. Son los siguientes:

«Con la señorita Sancho se fotografiaron los espectros del molibdeno arco y chispa. También se estudió el efecto Zeeman del molibdeno.

Con la señorita Madariaga se hizo un estudio del espectro de arco del molibdeno y además se realizaron experiencias para la determinación de pequeñas cantidades de mercurio en el aire.

Con la señorita Barnés se continuaron los estudios del efecto Raman, especialmente en el caso de los alcoholes. Por deficiencias en la constancia de la temperatura del aparato disponible hubo que hacer un nuevo montaje [...]

Con la señorita Bernís se fotografió y completó el espectro del niobio y se comenzó su análisis estructural.

Con la señorita García del Valle se preparó una red de difracción en el vacío con la lámpara, también en el vacío [...]

La Sta. González Aguado colaboró con Piña de Rubiés en la determinación de las rayas analíticas cuantitativas del Hafnio, Itrio, Lantano, Escandio, Bario, Estroncio, Calcio, Magnesio y Berilio en el espectro de arco a presión normal. Con la misma colaboración determinó en la zona espectral entre 2.400 y 2.000 U.A. las rayas analíticas de 67 elementos en el espectro de arco en concentraciones de $5 \cdot 10^{-4}$ a $5 \cdot 10^{-8}$.⁵⁶

En otra carta enviada el 19 de mayo de 1933 a José de Madariaga, para informar sobre las actividades desarrolladas en torno a la Cátedra Conde de Cartagena, Catalán vuelve a citar los trabajos llevados a cabo con Pilar de Madariaga sobre el espectro del molibdeno, con Dorotea Barnés, con Antunes sobre el espectro del cobalto y con Casaseca sobre el manganeso. Solicita también una beca para Pilar de Madariaga. Al año siguiente, en el mismo tipo de carta-informe señalaba como colaboradores en los trabajos a «R.E. Gaviola, profesor de Física de la Universidad de Buenos Aires, M. Antunes, profesor de Física del Liceo de Lisboa, F. Poggio, catedrático del Instituto-Escuela de Madrid, F. de Zulueta, estudiante de Medicina, María Paz García del Valle, licenciada en Ciencias Químicas y Rosa

⁵⁶ *Memorias de la JAE, 1933-1934*. Madrid, 1935, pp. 268-270.

Bernís, licenciada en Ciencias Físicas» [Citado en SÁNCHEZ RON, 1994, pp. 274-276].

Para evaluar de algún modo el papel que desempeñaban las investigadoras en el equipo de Catalán podemos realizar un recuento global de las publicaciones, viendo tanto la proporción de las que realizaron firmadas con él, como las que llevaron a cabo individualmente. Hasta 1938, Catalán realizó 58 publicaciones. De las 58, sólo 18 fueron firmadas en colaboración con otras personas. Con K. Bechert (6), alumno de Sommerfeld con el que comparte trabajo en Munich y más tarde en Madrid durante los años 1925 y 1926; con Pilar Martínez Sancho (1) en 1931; con Pilar Madariaga (2) en 1933; con F. Poggio (2) en 1934 y 1935; con M.T. Antunes (4) en 1935 y 1936; con L. Yzu (1) en 1936 y con José Ma^a Román (2) en 1936 y 1938. No son muchas colaboraciones, sólo el 31% de su producción, frente a otros casos como el de Moles, que firmó en colaboración el 72% de sus trabajos⁵⁷. Pues bien, 3 de esas 18 firmas en colaboración corresponden a mujeres de su sección, lo que representa un 16,6% de sus escritos compartidos. Si nos limitamos a los años 30, años de funcionamiento del INFQ, los trabajos en colaboración con féminas son un tercio de los compartidos.

En cuanto a las publicaciones realizadas por las mujeres de manera individual, si contabilizamos las de todas ellas encontramos que es en esta sección, con siete investigadoras, donde hay una mayor proporción de mujeres que publican (un 71% de las siete), aunque como ya se ha señalado al estudiar los datos comparativos por secciones, su índice de productividad es bajo: de dos de ellas —Rosa Bernís y Carmen Mayoral— no se han encontrado referencias publicadas; otras dos tienen una sola publicación —Paz García del Valle⁵⁸ y Josefina González⁵⁹—; con tres publicaciones están Pilar de

⁵⁷ De 61 publicaciones de Moles contabilizadas hasta 1939, 44 eran de firma compartida, lo que hacía un 72% del total.

⁵⁸ GARCIA DEL VALLE, M.^a Paz (1931) «Espectro de bandas» de E. Rabinowitsch (traducción). *Anales de la SEFQ*, 29, 239-265.

⁵⁹ PIÑA DE RUBIES, Santiago y GONZÁLEZ AGUADO, Josefa (1935) «Rayas analíticas y cuantitativas del hafnio en el espectro de arco». *Anales de la SEFQ*, 33, 549-570.

Madariaga⁶⁰ y Pilar Martínez Sancho⁶¹ y con cinco Dorotea Barnés⁶², haciendo un total de 13.

Hay que tener en cuenta que estas mujeres se hallaban en los primeros años de su formación como investigadoras y que, pese a todo, en apenas cuatro años —en algunos casos menos, pues dentro de este periodo se incluyen las estancias en el extranjero— generaron un número relativamente importante de publicaciones. Además aportaron al laboratorio de Catalán un bagaje de trabajo que, por las referencias de las Memorias de la JAE, intuimos fue mayor de lo que quedó plasmado en las publicaciones que conocemos. Algunas aportarían también la experiencia adquirida en los laboratorios de los países que visitaron. Tanto Dorotea Barnés como Pilar de Madariaga y Paz García del Valle habían seguido estudios en el extranjero a principios de los años 30, en concreto en EEUU, trayendo a España los conocimientos y las técnicas espectroscópicas aplicadas en aquel país. Además ya se ha citado como será una de ellas, Dorotea Barnés, quien viajará al laboratorio del profesor Kohlrausch, en Graz para aprender a superar algunas dificultades que surgían en la obtención de espectros Raman, la tarea

⁶⁰ MADARIAGA Y ROJO, Pilar de (1930) «Superdeseccación». *Boletín de la Universidad de Madrid*, Año II, 6, 102-106; CATALÁN, Miguel Antonio y MADARIAGA, Pilar de (1933a) «Estudios sobre series espectrales IV. Molibdeno I». *Revista de la ACEFN*, 30, 621-659; CATALÁN, M. A. y MADARIAGA, P. (1933b) «Análisis estructural del espectro I del Molibdeno» (2º parte). *Anales de la SEFQ*, 31, 707-734.

⁶¹ CATALÁN, M. A. y MARTÍNEZ SANCHO, Pilar (1931) «Estructura del espectro del Cromo I». *Anales de la SEFQ*, 29, 327-366; MARTÍNEZ SANCHO, P. (1932) «Efecto Zeeman de los términos Zr I y del Zr II». *Anales de la SEFQ*, 30, 867-875; MARTÍNEZ SANCHO, P. (1933) «La estructura del espectro del Molibdeno II» [*Memorias de la JAE*, 1931-1932].

⁶² BARNÉS GONZÁLEZ, Dorotea (1929) «Los radicales inorgánicos libres». *Boletín de la Universidad de Madrid*, noviembre 1929, 610-622; (1930) «Estudio de la cistina y de su espectro de absorción». *Anales de la SEFQ*, 28, 1386-1406; FOSTER, M. Louise, ANSLOW, Gladys y BARNÉS GONZÁLEZ, D. (1930) «A Study of Some of the Chemical Characteristics and the Absorption Spectrum of Cystine». *The Journal of Biological Chemistry*, 89(2), 665-673; COGHILL, R.D. y BARNÉS GONZÁLEZ, D. (1932) «Estudio del ácido nucleínico del bacilo de la difteria». *Anales de la SEFQ*, 30, 208-221; KOHLRAUSCH, Karl W.F. y BARNÉS GONZÁLEZ, D. (1932) «Espectro de vibración de las parafinas». *Anales de la SEFQ*, 30, 733-742.

puntera en la que estaba iniciándose por entonces el equipo de Catalán.

Sección de Química-Física

Dirigida por Enrique Moles⁶³, esta sección continuará el trabajo desarrollado por éste y sus colaboradores en el LIF, del que la parte más representativa es la relativa a la determinación de pesos atómicos, con la que Moles había logrado fama internacional. Por sus trabajos en este campo recibió el premio internacional *Cannizzaro*, por parte de la Reale Academia dei Lincei; se le nombró miembro de la Comisión Internacional de Pesos Atómicos y colaborador permanente de la *Zeitschrift für physikalische Chemie* y de las Tablas de Constantes de Landolt-Börnstein-Scheel. Una muestra del reconocimiento que en el mundo científico internacional gozaba su trabajo es 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:

«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

⁶³ Sobre Moles, véanse BERROJO JARIO, Raúl (1980) *Enrique Moles y su obra*. Tesis doctoral. Universidad de Barcelona, Facultad de Farmacia, 3 vols; PÉREZ -VITORIA, Augusto (1983) *Enrique Moles y el Sistema periódico de los elementos*. Colección «Aula de Cultura Científica», nº 17, Dpto. Publicaciones E.T.S. Arquitectura, Fundación General de la Universidad Politécnica de Madrid; PÉREZ -VITORIA, A. (1986) *La era Moles en la Química española*. Colección «Aula de Cultura Científica», nº 29, Dpto. Publicaciones E.T.S. Arquitectura Fundación Gral. de la Universidad Politécnica de Madrid; PÉREZ -VITORIA, A. (1990) *Un químico y una exposición: Enrique Moles*. Colección «Aula de Cultura Científica», nº 38, Dpto. Publicaciones E.T.S. Arquitectura Fundación Gral. de la Universidad Politécnica de Madrid.

Gobiernos británico y español, por los medios que dicha Organización estime oportunos, el mérito de esos Laboratorios especializados, que se consideran por los sabios de todos los países como Laboratorios Internacionales» [GAMBOA, 1982, pp. 9-10].

Moles había hecho su tesis, una revisión del peso atómico del bromo, en el Laboratorio de Guye, en Ginebra. La escuela de Guye «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, en este caso el de la determinación de la masa del litro normal de compuestos gaseosos, son más fiables que los obtenidos por los métodos químicos clásicos» [SANCHO GÓMEZ, 1982, p. 5]. Durante la etapa del INFQ, en esta sección se siguió trabajando en el aumento de la precisión de las medidas de pesos atómicos, mediante el refinamiento de la parte física de las mismas y también en la búsqueda de isótopos de los distintos elementos.

De todas las secciones del INFQ, Química Física fue la que contó con un número mayor de investigadoras. Su director se rodeó siempre de colaboradoras y ejerció un papel activo para promover su estatus científico. En la Sociedad Española de Física y Química, donde se exigía que cada nuevo socio fuera presentado por dos antiguos, fue Moles el miembro asociado que, hasta 1936, presentó más mujeres (a veintisiete de ellas, lo que suponía el 18% de las 150 socias que en total hubo durante el periodo estudiado). Esta actitud se refleja también en sus publicaciones. Muchos de sus trabajos los llevó a cabo con colaboración femenina. Así lo atestiguan las cifras, pues de los 44 trabajos de investigación que Moles realizó en colaboración con otros miembros del equipo en esta década, 20 (el 45%), iban firmados también por una mujer.

El cuadro 40 refleja el número de artículos firmados conjuntamente por Moles y por alguna de las investigadoras de su sección.

CUADRO Nº 40

ARTÍCULOS DE MOLES CON DISTINTAS INVESTIGADORAS.
SECCIÓN DE QUÍMICA-FÍSICA⁶⁴

Autores	Nº de artículos
Enrique Moles y Teresa Salazar	4
Enrique Moles y Teresa Toral	6
Enrique Moles, Teresa Toral y Escribano	3
Enrique Moles y Carlota R. de Robles	4
Enrique Moles y Pilar Villán	2
E. Moles y Narcisa Martín Retortillo	1

Por sus contribuciones y trayectoria destacan, en esta sección, Teresa Toral y M^a Teresa Salazar. Ambas eran doctoras en químicas y profesoras en la Facultad de Ciencias de la Universidad Central y su dedicación a la investigación queda reflejada en el número importante de sus publicaciones, especialmente Teresa Toral. De los 87 trabajos de la sección que se publicaron en total, Moles firma con Teresa Toral 9 artículos y ella hace uno sola, lo que da para el haber de esta mujer el 11,5% de todos los trabajos de la sección. Además, la firma de Teresa Toral aparece en 6 de los 16 artículos que se publicaron en revistas extranjeras, lo que puede traducirse diciendo que un 35% de las publicaciones extranjeras de Moles fueron realizadas en colaboración con Teresa Toral⁶⁵. A comienzos de

⁶⁴ GAMBOA, 1982, pp. 10-17. Elaboración propia.

⁶⁵ TORAL PEÑARANDA, M.^a Teresa y MOLES, Enrique (1933) «Curva de presiones de vapor del nitrobenzeno». *Anales de la SEFQ*, 31, 735-1033; TORAL PEÑARANDA, M. T. (1935) «Obtención del Hexaclorodisilano». *Anales de la SEFQ*, 33, 225-229; MOLES, E. y TORAL PEÑARANDA, M. T. (1936a) «Acerca del peso atómico del Carbono». *Boletín de la ACEFN*, 2, 4, 4-5; MOLES, E. y TORAL PEÑARANDA, M. T. (1936b) «Las relaciones molares CO₂:O₂ y N₂O:O₂. Nueva revisión de los pesos atómicos de Carbono y Nitrógeno». *Sitzungsberichte Akademie Wissenschaften Wien*, 145, 948; MOLES, E. y TORAL PEÑARANDA, M. T. (1936c) «Las relaciones molares CO₂:O₂ y N₂O:O₂. Nueva revisión de los pesos atómicos de Carbono y Nitrógeno». *Monatshefte für Chemie*, 69, 342-362; MOLES, E. y TORAL PEÑARANDA, M. T. (1937) «Nueva revisión

1936 solicita una pensión de la JAE para ir a Londres, durante dos años, a trabajar sobre «Isotopía», pensión que no llegó a disfrutar, continuando hasta el final de la Guerra Civil en Madrid.

Ma Teresa Salazar, doctora en químicas (1931), con una tesis de título «Nueva revisión de la densidad normal del gas óxido de carbono» también colaborará estrechamente con Moles⁶⁶. Juntos llevaron a cabo la revisión del peso atómico del carbono, calculando un valor ($C=12,004$) que parecía estar en consonancia con la existencia de un isótopo 13 del mismo. En 1934 solicita una pensión de la JAE para trabajar en el Instituto del Radio que dirigía Mme. Curie sobre la «Estructura del núcleo atómico». Para ello contaba «con el beneplácito de la citada profesora que en sus distintos pasos por Madrid (había) manifestado reiteradamente al Prof. Moles el interés y la complacencia con que vería en su Instituto un colaborador español»⁶⁷. Pero ese mismo año, 1934, se produce la muerte de Marie Curie y la Dirección del Instituto del Radio pasa al Prof. Debier-

de los pesos atómicos de Carbono y Nitrógeno». *Anales de la SEFQ*, 35, 42-71; MOLES, E. y TORAL PEÑARANDA, M. T. (1938) «Über die Granzdichte von Siliziumtetrafluorid Atomgewicht des Fluors». *Zeitschrift für Anorganische Allgemeine Chemie*, 236, 225-231; MOLES, E.; ESCRIBANO, A. y TORAL, M. T. (1938a) «La densité-limite et les poids moleculaire de l'Éthylene. Nouvelle revision du poids atomique du Carbone». *Comptes Rendues Académie des Sciences*, 207, 1044-1046; MOLES, E.; ESCRIBANO, A. y TORAL, M.T. (1938b) «Sur la densité-limite des gaz SO_2 . Poids atomique du Soufre». *Comptes Rendues Académie des Sciences*, 206, 1726-1728; MOLES, E.; ESCRIBANO, A. y TORAL, M. T. (1939) «Limiting densities and molecular weights of Oxygen, Carbon dioxide, Sulphur dioxide and Hydrogen Sulphide. Atomic Weights for Carbon and Sulphur». *Transactions Faraday Society*, 35, 1439-1452.

⁶⁶ MOLES, Enrique y SALAZAR BERMÚDEZ, M.^a Teresa (1932a) «Nueva revisión de la densidad normal del gas óxido de carbono. Peso atómico del Carbono». *Anales de la SEFQ*, 30, 182-199; MOLES, E. y SALAZAR BERMÚDEZ, M. T. (1932b) «Nueva revisión de la densidad normal del gas óxido de Carbono. Masa atómica del Carbono». *Revista de la ACEFN*, 28, 534-572; MOLES, E. y SALAZAR BERMÚDEZ, M. T. (1934a) «La relación de densidades normales del CO y O_2 . Pesos atómicos del Carbono y del Nitrógeno». *Anales de la SEFQ*, 32, 954-978. Publicado también por el INFQ, nº 107; MOLES, E. y SALAZAR BERMÚDEZ, M. T. (1934b) «Nueva revisión de la masa del litro normal del gas amoníaco. Peso atómico del Nitrógeno». Trabajo presentado al IX Congreso de Química Pura y Aplicada. Madrid, 2, 217-224.

⁶⁷ Ma Teresa Salazar. Instancia al Presidente de la JAE, Madrid 1 de febrero de 1934.

ne. Bajo la reestructuración del personal investigador realizada por el nuevo director, M^a T. Salazar no encuentra acomodo y es entonces cuando cambia su destino por el Laboratoire de Chimie Physique Appliquée de la Universidad de París, Ecole Pratique des Hautes Etudes, en donde trabajará bajo la dirección del profesor René Audubert sobre *Variación de la tensión superficial en las materias colorantes*, comenzando en primer término por el verde malaquita⁶⁸.

En el panel de personal correspondiente a 1933-1934, la Sección de Química-Física, dirigida por E. Moles con la colaboración de M. Crespi y F. González Núñez, tenía como becarios a C. Nogareda, A. Pérez Vitoria, J. Sancho y María Teresa Salazar. Como colaboradores tenía a María Aragón García, Adela Barnés, Asunción Fernández Fournier, Amelia Garrido, Narcisa Martín Retortillo, Carmen Pardo, Carlota R. de Robles y María Teresa Toral, junto a diez varones. En los trabajos de este curso, 1933-1934, se hace constar que con respecto al peso atómico del carbono, «ha aparecido una rectificación de Aston, respecto de la proporción isotópica relativa, que está de acuerdo con los resultados de nuestro Laboratorio»⁶⁹. Las Memorias de la JAE reseñan los trabajos llevados a cabo por ocho varones más los de cuatro mujeres:

«Con M^a T^a Salazar se han determinado las densidades normales de los gases óxidos de carbono, oxígeno y nitrógeno, bajo una y media atmósfera de presión. La precisión alcanzada es del orden de 1 en 100.000. De los resultados se ha deducido el valor límite de la masa del litro, calculándose los pesos atómicos del carbono y de nitrógeno y relacionando entre sí estos dos valores, obtenidos a partir de cuerpos isósteros. Se ha deducido también un nuevo valor de volumen molecular normal, concordante con el calculado anteriormente, y se han obtenido asimismo valores de la desviación a la ley de Avogadro para oxígeno, nitrógeno y óxido de carbono. Los resultados todos resultan, como se ha di-

⁶⁸ Resultado de su estancia será el artículo: SALAZAR BERMÚDEZ, M. Teresa y SOSA, A. (1935) «Sobre las solubilidades y densidades de algunos verdes malaquita». *Anales de la SEFQ*, 33, 861-863.

⁶⁹ *Memorias de la JAE, 1933-1934*. Madrid, 1935, pp. 270-271.

cho antes, una brillante confirmación de los obtenidos anteriormente en nuestro Laboratorio [...]

Con la señorita Toral se han determinado las curvas de presiones de vapor del nitrobenzeno, estableciendo cierto número de constantes físicas de este cuerpo.

Con la señorita Martín Retortillo se ha llevado a cabo un estudio del diagrama de fusión del sistema nitrato, hidróxido de los metales sodio y potasio, encaminado a confirmar los resultados anteriores del Laboratorio referentes a la posible existencia del ácido ortonítrico.

Los trabajos acerca de la regla de aditividad han tenido una continuación en colaboración con el señor Escribano, que ha realizado el estudio de varios hidratos de sales sódicas, y con la señorita Garrido, que ha terminado el estudio de los hidratos de las schoemitas⁷⁰.

En la SEFQ intervienen activamente otras componentes del equipo, como Carlota Rodríguez de Robles, dando cuenta de un trabajo llevado a cabo con Moles sobre *Magnitudes moleculares en ácido sulfúrico absoluto* y estableciendo debate con alguno de los asistentes. En esa misma sesión Teresa Toral da cuenta de sus estudios acerca de *Presiones de vapor y calor de vaporización del nitrobenzeno* y Josefina González expone lo esencial de un trabajo sobre las *Rayas analíticas y cuantitativas del Hafnio entre una longitud de onda de 2330 y 3400 Armstrongs*⁷¹.

Sección de Química Orgánica

Esta sección estaba dirigida por Antonio Madinaveitia, catedrático de Química Orgánica en la Facultad de Farmacia que se había formado en el Instituto Politécnico de Zurich (Eidgenoessische Technische Hochschule) en la época en que era profesor de química «el gran Ricardo Willstaetter, judío alemán, premio Nobel en 1913 por sus investigaciones fundamentales en la química de productos

⁷⁰ *Ibidem*, pp. 271-272.

⁷¹ «Acta de la sesión del día 3 de Julio de 1933». *Anales de la SEFQ*, 1933, pp. 344-346.

naturales (clorofila, alcaloides del tropano, antocianos, enzimas, quinonas, betaínas, etc.) y primera víctima universitaria del antisemitismo alemán nazi (Munich, 1927)» [GIRAL GONZÁLEZ, 1982, pp. 39-40]. También había trabajado con Fournneau, director del Instituto Pasteur de París, con el que se iniciaría en la síntesis de medicamentos.

En 1930-1931, todavía en la Facultad de Farmacia, trabaja en el equipo, junto a seis varones, Natividad Gómez. Esta última a lo largo del curso publica dos trabajos reseñados en las Memorias de la JAE: *Espectro de adsorción en el U.V. del ácido barbitúrico y el veronal* y *Espectro de la plumbagina y las naftoquinonas*. El estudio de la plumbagina, colorante vegetal de la raíz del Plumbago, daría lugar posteriormente a muchos trabajos sobre naftoquinonas, familiarizando a los miembros del equipo con síntesis de compuestos que después alguno de ellos haría cuajar en resultados innovadores. Así, en 1939, Francisco Giral, exiliado en México, sintetizaría la vitamina K₃, con gran sorpresa —según sus palabras— de la industria norteamericana [GIRAL GONZÁLEZ, 1982, p. 42]. Natividad Gómez figura también en la terna de candidatos al Premio Barba para 1933, concedido por la SEFQ y que finalmente recaería en Luis Brú, por la serie de cuatro notas originales acerca de *La determinación de estructuras moleculares mediante la difracción de electrones*. Su meritorio trabajo se hace constar en acta en la sesión de concesión del citado Premio⁷².

Durante el curso 1931-1932, ya instalados en el INFQ, trabajarán en la sección Petra Barnés y Carmen Gómez. En el curso 1933-1934, la estructura es la siguiente: A. González colabora en la dirección, hay cuatro becarios y diez colaboradores, uno de los cuales es Carmen Gómez Escolar. Esta fue directora del Laboratorio Foster de química de la Residencia de Señoritas, desde el principio de los años 30 y hasta los últimos años. Carmen Gómez que —como se ha citado anteriormente— en 1928 había empezado a colaborar en el Laboratorio de Química Orgánica y Biológica, compaginaba este trabajo con sus investigaciones en el INFQ:

⁷² «Acta de la Sesión Extraordinaria celebrada el 18 de diciembre por las Secciones de: Madrid, Sevilla, Barcelona, Oviedo, Valencia y Granada». *Anales de la SEFQ*, 1933, p. 20.

«Prosiguiendo los estudios de productos naturales, A. González se ha ocupado, en colaboración con la señorita C. Gómez, del estudio de los glucósidos de la naranja en relación con los de las hojas de buchu»⁷³.

Sección de Electroquímica

Su director, Julio de Guzmán Carrancio fue el único que desempeñó esta tarea también tras la Guerra Civil, hasta su fallecimiento en 1956. Durante el periodo del INFQ se trabajó en la línea «de sustituir los electrodos de platino, muy costosos y únicos citados en la bibliografía, por otros más asequibles en precio, para la ejecución de los rápidos y cómodos análisis electrométricos de diversos iones metálicos (Cu, Co, Zn, Cd, etc.), frente a los puramente químicos, que entonces se realizaban con fines técnicos o comerciales casi con exclusividad» [MINGARRO, 1982, p. 51]. También se comenzó a trabajar en métodos electrolíticos de análisis, llevando a cabo un total de 29 trabajos de investigación, de los que 27 se publicaron en los *Anales de la SEFQ*. En las Memorias de la Junta correspondiente al curso 1931-1932, se reseña la colaboración «en estos trabajos (de) las señoritas Armesto, González, García Amo, Orozco y Zuasti»⁷⁴.

La sección, en 1933-1934, además de la colaboración de A. Rancaño en la dirección, consta de dos becarios y 10 colaboradores, entre los que se hallan Vicenta Arnal y Patrocinio Armesto. En las Memorias de la JAE no se encuentran referencias a los trabajos de éstas, aunque Vicenta Arnal, publicó ampliamente y realizó una labor investigadora de mérito. En este vacío sin duda influiría el que la carrera de esta última y sus trabajos de investigación se habían iniciado fuera de Madrid, en concreto en Zaragoza.

Vicenta Arnal fue una de las tres doctoras en química que dio la Universidad de Zaragoza hasta 1936⁷⁵. Su tesis doctoral, leída en 1930 ante un tribunal formado por A. de Gregorio, Calamita, Juan

⁷³ *Memorias de la JAE, 1933-1934*. Madrid, 1935, p. 274.

⁷⁴ *Memorias de la JAE, 1931-1932*. Madrid, 1933, p. 175.

⁷⁵ Las otras dos fueron Antonia Zorraquino Zorraquino y Ángela García de la Puerta.

Cabrera, Iñiguez y Ríus se titulaba *Estudio potenciométrico del ácido hipocloroso y de sus sales*. Fue profesora auxiliar en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza, haciéndose cargo de la asignatura de Química Inorgánica en 1927 y de la Ampliación de Física de la misma Facultad en 1928 y 1929, en ambos casos sustituyendo al catedrático ausente. También desde 1926 había realizado trabajos de investigación en los laboratorios de Química teórica de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza; de Electroquímica en la Escuela Industrial de Zaragoza; de Análisis Químico y Química Industrial en la Escuela Superior de Trabajo de Madrid y en el Anstalt für Anorganische Chemie de Basilea (Suiza) donde estuvo trabajando con el profesor Fichter tras lograr una pensión de la JAE. En 1928 había aprobado las oposiciones a Cátedras de Física y Química de Instituto y en 1933 entrará a trabajar en la Sección de Electroquímica del INFQ⁷⁶. De su interesante trayectoria dan cuenta las publicaciones recogidas en su Hoja de Servicios⁷⁷.

⁷⁶ Expediente personal. Alcalá de Henares, Archivo General de la Administración, Fondos del Ministerio de Educación.

⁷⁷ RÍUS, Antonio, ARNAL YARZA, Jenara Vicenta y GARCÍA DE LA PUERTA, Ángela (1926) «Sobre la oxidación electrolítica de los cloratos». *Universidad*, 3(2), 439-443; ARNAL YARZA, J. V. (1927) «Estudio potenciométrico de la reacción entre los halógenos y los álcalis. Nuevo procedimiento para el análisis de las lejías de hipocloritos». *Universidad* [*]; (1928) «The electrometric Titration of Hypochlorite and Hypochlorite Carbonate Mixtures». *Transactions of the American Chemical Society*, New York; (1930) «Estudio potenciométrico del ácido hipocloroso y de sus sales (I)». *Universidad*, 7(2), 361-408; (1930) «Estudio potenciométrico del ácido hipocloroso y de sus sales (Conclusión)». *Universidad*, 7(3-4), 625-666; (s.d.) «Enwirkung von Fluor auf Cer (III) sulfat und auf Jodate». *Helvetica Chimica Acta*, Suiza [*]; (s.d.) «Estudio del potencial del electrodo de cloro y sus aplicaciones al análisis». *Anales de la SEFQ* [*]; (s.d.) *Historia de la Química*. Traducción de *Geschichte der Chemie* del Prof. Hugo Bauer, 5ª ed. alemana. Madrid, Labor [*]; (s.d.) *Historia de la Física*. Traducción de *Geschichte der Physik* del Prof. Kistner. Madrid, Labor [*]; (s.d.) «La constante de disociación del ácido hipocloroso, deducida de la curva potenciométrica de neutralización». *Anales de la SEFQ* [*]; (s.d.) «Versuche über electrochemische Darstellung von Zink- und Lanthanpersulfat». *Helvetica Chimica Acta*, Suiza [*].

[*]= Ref. tal como está recogida en su Expediente personal.