

# Mujeres y laboratorios

## Su invisibilización en la construcción de la tabla periódica y el ejemplo de la química del flúor en España

Ignacio Suay-Matallana

**Resumen:** El estudio histórico de la tabla periódica supone una magnífica oportunidad para mostrar el importante papel de las mujeres en la química, a pesar de que, frecuentemente, no ha sido reconocido. En algunos casos su trabajo resultó fundamental para el diseño de los montajes experimentales, el perfeccionamiento de los ensayos analíticos, la recogida de muestras o la preparación de informes. En el caso español, diferentes mujeres contribuyeron de forma decisiva a la química del flúor en el primer tercio del siglo xx. Su estudio contribuye a visibilizar sus trabajos, sus nombres y su papel como expertas.

**Palabras clave:** mujeres, tabla periódica, invisibilización, flúor, análisis químico.

**Abstract:** The historical study of the periodic table of the elements provides an excellent opportunity to show the role of women in chemistry, despite the fact that it was frequently not recognized. In some cases, their work was essential for the design of experimental setups, the improvement of analytical tests, the collection of samples or the preparation of reports. In the Spanish case, different women contributed decisively to fluorine chemistry in the first third of the 20<sup>th</sup> century. Their study contributes to visibilize their work, their names and their role as experts.

**Keywords:** women, periodic table, invisibilization, fluorine, chemical analysis.

### INTRODUCCIÓN

Los estudios sobre el conocimiento experto han mostrado cómo las personas que se dedicaban a la ciencia realizaban una gran variedad de actividades públicas, privadas, académicas y profesionales que contribuían a fundamentar su autoridad científica y a obtener reconocimiento como personas expertas en la esfera pública.<sup>[1]</sup> Por ello, existe una doble dependencia entre ser visualizado como experto en el ámbito público y ser considerado como una autoridad científica en una determinada disciplina.<sup>[2]</sup> Esta cuestión resulta funda-

mental en el caso de las contribuciones científicas de las mujeres, que han sido mucho más numerosas y relevantes de lo que suele admitirse.<sup>[3]</sup> Frecuentemente las mujeres científicas han sido invisibilizadas, sus conocimientos han sido apropiados y han recibido menos reconocimientos que sus colegas masculinos.<sup>[4]</sup>

En la actualidad existen algunas iniciativas que han creado directorios de mujeres expertas en una gran variedad de disciplinas, incluida la química, con el objetivo de poder ser contactadas por medios de comunicación, gestores públicos u otros científicos.<sup>[5]</sup> Estos esfuerzos facilitan que las diferentes especialistas logren mayor visibilidad pública y que su presencia se incremente en entrevistas o programas de comunicación, conferencias plenarias en congresos científicos o en comités gubernamentales. Como han mostrado algunas propuestas didácticas, el análisis histórico del papel de las mujeres en la química tiene un especial valor en las aulas de ciencia. Gracias a éstos se visibilizan diferentes contribuciones femeninas a la ciencia en diferentes períodos históricos, al tiempo que se contribuye a reforzar las vocaciones científicas de las mujeres en el presente.<sup>[6]</sup>



I. Suay-Matallana

Instituto Interuniversitario López Piñero-UMH  
Dpto. Salud Pública, Historia de la Ciencia  
y Ginecología  
Avda. Ramón y Cajal s/n | 03550 San Juan de Alicante  
C-e: [isuay@umh.es](mailto:isuay@umh.es)

Recibido: 08/06/2020. Aceptado: 20/04/2021.

## LA INVISIBILIZACIÓN DE LAS MUJERES EN LA QUÍMICA

Uno de los ejemplos históricos, en el ámbito de la química, que permite apreciar con más nitidez la invisibilización de las mujeres científicas es el proceso de construcción de la tabla periódica de los elementos (Figura 1). El simposio internacional “Setting their table” organizado en febrero de 2019 por la RSEQ junto con la IUPAC y la Working Party on History of Chemistry (EuChemS), también permitió analizar el papel de las mujeres en la construcción de la tabla periódica.<sup>[7]</sup> Los casos del curio y el meitnerio son ejemplos que reconocen la activa contribución de las mujeres en la química.<sup>[8]</sup> Sin embargo, reflejan también como fueron muy pocas las que obtuvieron un reconocimiento por su trabajo y refleja las dificultades, discriminaciones e invisibilizaciones que han afectado a las mujeres a lo largo de la historia de la ciencia.

Tradicionalmente, en diferentes trabajos se ha privilegiado el papel de la tabla periódica en la investigación, aunque sus orígenes están vinculados a la docencia.<sup>[9]</sup> Su historia también está asociada con la búsqueda (supuestamente heroica) de quienes descubrieron los diferentes elementos. Las discusiones sobre el descubrimiento de cada elemento están vinculadas a grandes disputas de prioridad entre equipos de investigación o países diferentes que reivindican su protagonismo. La idea del descubrimiento también privilegia a aquellas (escasas) personas que han conseguido materializar su trabajo para dar nombre a un elemento químico, mientras que ha ocultado a un número mucho mayor de personas dedicadas a hacerlo posible. Estos trabajos implicaban realizar tediosos montajes experimentales, perfeccionar los ensayos para pesar o preparar las muestras, innovar en técnicas analíticas, recoger y analizar los resultados obtenidos o redactar los informes que hacían posible la publicación de los trabajos finales.<sup>[10]</sup>

Proyectos recientes como el titulado *Women in their Element* han buscado superar estos vacíos historiográficos y recuperar las contribuciones científicas de diferentes científicas no sólo con el objetivo de visibilizar sus contribuciones a la tabla periódica sino también de estudiar las razones por las que han quedado ocultas a lo largo del tiempo.<sup>[11]</sup> Diferentes trabajos de historia de la química –y de otras disciplinas– han mostrado como existen muchos casos de desigualdades en parejas científicas en las que se han producido apropiaciones intelectuales. Algunas de estas desigualdades fueron resultado de la colaboración científica entre parejas sentimentales que trabajaban en el mismo laboratorio. El conocido modelo de “marido-profesor/esposa-asistente” muestra cómo muchos de los triunfos y avances profesionales de muchos hombres en ciencia fueron posibles gracias a la colaboración de mujeres que les ayudaban y ejercían de asistentes, corrigiendo trabajos, organizando notas, atendiendo la correspondencia y organizando la vida social y familiar. Un ejemplo es el de la físico-química Isabella Karle (1921-2017) –de soltera Isabelle Helen Lugoski– casada con Jerome Karle (1918-2013),



Figura 1. Imagen de mujeres junto a una tabla periódica trabajando en un laboratorio de Filadelfia en 1937. Crédito: Science History Institute

con quien trabajó durante toda su carrera especializándose en cristalografía. A pesar de ello, únicamente su marido fue quien recibió el premio Nobel de Química de 1985.<sup>[12]</sup> Otras colaboraciones tuvieron como resultado que las publicaciones científicas fueran firmadas únicamente con el nombre del investigador principal (usualmente el marido), así como que las mujeres desempeñaran un trabajo no remunerado, como colaboradoras, lo cual dificultó enormemente su reconocimiento posterior. Esto sucedió con Astrid Cleve (1875-1968), la primera doctora en ciencias de Suecia y su esposo, Hans von Euler-Chelpin (1873-1964), dedicado a la investigación en química orgánica. Ambos no sólo colaboraron intensamente, sino que también publicaron numerosos artículos de forma conjunta, aunque también en este caso sólo Euler fue galardonado con el premio Nobel de Química de 1929.<sup>[13]</sup>

Al igual que sucede en otros ámbitos de la ciencia, como el sanitario con una presencia femenina mayoritaria en torno a los cuidados, las actividades con menor reconocimiento por parte de los colegas o de los poderes públicos llevan aparejados grandes desequilibrios salariales. Este “efecto Matilda” relativo a la distribución del mérito en la ciencia, se une al de los “techos de cristal” y la “segregación jerárquica” según el cual la designación de las tareas que se consideran apropiadas para progresar en las carreras científicas y la obtención de premios y de puestos mejor remunerados, dificulta, a múltiples niveles, los ascensos de las personas que se han dedicado a actividades menos prestigiosas. Finalmente, otros casos, como el de Reatha C. King (1938), muestran la doble discriminación, por género y por raza, que tuvieron que afrontar algunas científicas. Reatha C. King se especializó en la calorimetría del flúor y fue la primera mujer afroamericana en trabajar en el National Bureau of Standards de los EE. UU., no sin antes tener que desplazarse entre diferentes universidades para completar su doctorado en química-física (1963) debido a que aún estaban vigentes las normativas

de segregación que le impedían el acceso a muchas de esas instituciones académicas de la época.<sup>[14]</sup>

### MUJERES Y FLÚOR EN LA ESPAÑA DE LA DÉCADA DE 1930

Muchas de las cuestiones apuntadas anteriormente pueden ser analizadas a través de un caso particular: los trabajos analíticos vinculados a la búsqueda del flúor en diferentes sustancias.<sup>[15]</sup> A pesar de que este elemento químico era conocido anteriormente, su aislamiento y estudio está tradicionalmente asociado al químico y farmacéutico francés Henri Moissan (1852-1907), así como al químico alemán Otto Ruff (1871-1939). Uno de los visitantes del laboratorio de Moissan, en 1902, fue José Casares Gil (1866-1961), catedrático de análisis químico en la Universidad de Barcelona entre 1888 y 1905 y, posteriormente en la Universidad Central de Madrid.<sup>[16]</sup> Desempeñó diferentes cargos políticos e institucionales, como el de presidente de la RSEQ. Fue también director del laboratorio aduanero e integró su laboratorio universitario en los de la Junta para la Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas (JAE). En las décadas de 1920 y 1930, el número de mujeres estudiantes de ciencias creció progresivamente y muchas de ellas trabajaron en su laboratorio. En el marco de la JAE, el laboratorio de la Residencia de Señoritas también fue fundamental para impulsar los estudios y la investigación química en España, así como en su internacionalización debido a la labor desarrollada por la química estadounidense Mary Louise Foster (1865-1960).<sup>[17]</sup>

Una de las primeras expertas en la química del flúor en España fue Jenara Vicenta Arnal Yarza (1902-1960). Inicialmente formada como maestra, fue la primera doctora en química en España (1929), con una tesis titulada *Estudio potenciométrico del ácido hipocloroso y de sus sales*. Asimismo, fue la segunda (1930) en obtener una cátedra

de instituto en física y química. Fue también una de las primeras mujeres que ingresó, en 1929, en la Sociedad Española de Física y Química, debido a su excelente expediente académico y a su actividad investigadora. Realizó numerosos viajes de estudio gracias a la JAE, especializándose en aislar el flúor por vía electroquímica.<sup>[18]</sup> Su estancia como pensionada le permitió trabajar en la Universidad de Basilea con el químico inorgánico suizo Friedrich Fichter (1869-1952), vicepresidente de la International Union of Chemistry. Durante un año participó en numerosos seminarios científicos, se integró en el *Anstalt für Anorganische Chemie* y publicó un artículo en la prestigiosa revista científica *Helvetica Chimica Acta* sobre la electroquímica del cinc y del lantano en la oxidación del flúor. También publicó otros artículos conjuntamente con Fitcher en esa revista sobre las oxidaciones químicas producidas por la acción del flúor en corrientes gaseosas, en las que el flúor era obtenido por electrólisis del bifluoruro de potasio fundido.<sup>[19]</sup> A pesar de su trayectoria científica, con una consolidada actividad investigadora y con intensas conexiones internacionales, no consiguió integrarse en la estructura universitaria.<sup>[20]</sup> Después de trabajar como catedrática interina en un instituto de bachillerato en Barcelona, se trasladó a Madrid donde ejerció en el Instituto Nacional Velázquez y terminó dirigiendo el instituto femenino de Enseñanza Media Beatriz Galindo.<sup>[21]</sup>

María del Carmen Brugger Romaní (1899-¿) y Trinidad Salinas Ferrer (¿-1965) también realizaron interesantes contribuciones al análisis del flúor. Ambas finalizaron su doctorado en farmacia en la Universidad Central de Madrid a finales de la década de 1920 e inicios de la de 1930 y se especializaron en la química del flúor en el laboratorio de Casares (Figura 2). Brugger había nacido en una familia burguesa de Valencia. Comenzó sus estudios universitarios en Barcelona junto con su hermana y los

© 2021 Real Sociedad Española de Química

Oxydationen mit Fluor XVIII<sup>1)</sup>. Einwirkung von Fluor auf Cer(III)sulfat und auf Jodate von Fr. Fichter und Vicenta Arnal. (4. VI. 21.)

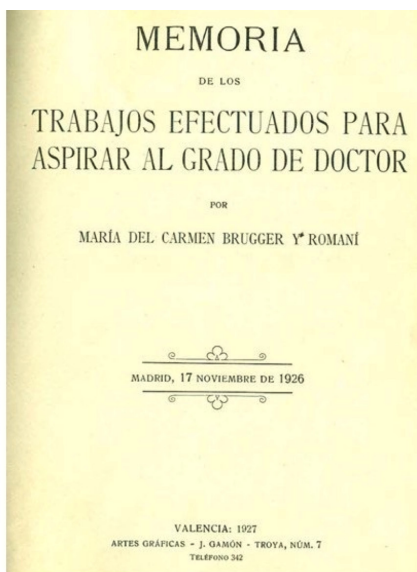
1. Cer(III)sulfat und Fluor.

Die Oxydation von Ce<sup>III</sup>-ion zu Ce<sup>IV</sup>-ion verlangt ein Potential von + 1,6 Volt und ist somit durch Fluor spielend leicht zu verwickeln; aber die in wässriger Lösung unvermeidliche gleichzeitige Bildung von Wasserstoffperoxyd steckt der Ansammlung von Cer(IV)salz eine Grenze. Eine weitere Schwierigkeit bietet die Ausfällung von schwer löslichem schleimigem Cer(III)fluorid, 2 CeF<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, durch die mit dem Fluorgas eingeführte oder aus ihm in der wässrigen Lösung erzeugte Fluorsäure. Diese Fällung kann durch einen genügend grossen Überschuss von Schwefelsäure verhindert werden, der aber seinerseits die Löslichkeit des Cer(III)sulfats herabsetzt. Die Bedingungen, unter denen die Oxydation gelingt, sind dadurch ziemlich eng begrenzt; die Konzentration an Schwefelsäure muss ca. 8-n. sein (40 g SO<sub>4</sub>'' in 100 cm<sup>3</sup> Lösung). Selbst in so saurer Lösung fällt etwas Cer(III)fluorid aus, doch stört es weder die Oxydation durch Fluor, noch die Analyse der Lösung, die mit Hilfe von überschüssigem titriertem Wasserstoffperoxyd und Zurücktitrieren mit Kaliumpermanganat nach *c. Knorre*<sup>2)</sup> durchgeführt wurde.

Auffallend bei der Fluorierung der Cer(III)sulfatlösung ist der Umstand, dass die Gelbfärbung sehr langsam auftritt; sie erreicht ihr Maximum erst nachträglich, nach Unterbrechung des Fluorstromes, nach 3- bis 1stündigem Stehen, und bläst dann wieder ab. Nach zwei Tagen ist die gelbe Farbe völlig verschwunden; dafür ist dann stets etwas Wasserstoffperoxyd nachweisbar.

Käufliches Cer(III)sulfat wurde in Wasser von 0° gelöst und 76,92 cm<sup>3</sup> einer Lösung mit 23,08 cm<sup>3</sup> konz. Schwefelsäure vom spezifischen Gewicht 1,84 vermischt. Die Lösung enthielt dann 0,993 g Ce<sup>+++</sup> und 39,90 g SO<sub>4</sub>'' in 100 cm<sup>3</sup>. Von ihr wurden für jeden Versuch 26 cm<sup>3</sup> angewandt. Die Temperatur wurde durch Eisküh-

<sup>1)</sup> XVII, vgl. Helv. 13, 1200 (1930).  
<sup>2)</sup> Jolin, Bl. [2] 21, 533 (1876).  
<sup>3)</sup> B. 33, 1924 (1900).



Sobre la determinación cuantitativa del flúor y su aplicación a algunos productos naturales por José Casares y Trinidad Salinas (PRESENTADO EN LA SESIÓN DEL 16 DE ENERO DE 1935)

El problema de la distribución del flúor en el reino orgánico es muy interesante; fácilmente se encuentra en huesos y dientes, y, según muchos investigadores, en otros tejidos del organismo animal. También se ha señalado su presencia en los vegetales, donde seguramente existe. No de otra manera se explica el que en los huesos de los herbívoros pueda demostrarse la presencia del flúor con toda seguridad.

La Memoria clásica, citada por los autores respecto a la distribución del flúor en el reino orgánico, es la de Gautier y Clausmann (1). Aplicando su método, estos químicos franceses han demostrado que el flúor, a semejanza de iodo, es un elemento que se halla muy esparcido en la naturaleza. Lo han descubierto en el agua del mar, en casi todas las aguas de los ríos y en gran número de aguas minerales, en los órganos y tejidos de los animales, etc., habiendo determinado su cantidad en la sangre, en músculos y tendones, en el cerebro, glándula tiroidea, epidermis, orinas, etc. Pero la investigación cuantitativa del flúor en pequeñas cantidades, y especialmente en presencia de ácido fosfórico y de silice, ofrece dificultades, y hemos creído que resultaría interesante el confirmar en algunos casos particulares—ya que en todos la tarea sería demasiado extensa—los datos obtenidos por algunos investigadores.

METODO DE GAUTIER Y CLAUSMANN

Siendo, como ya hemos dicho, el trabajo de estos autores el que ha servido de base para la creencia general respecto a la distribución del flúor en el reino orgánico, consideramos oportuno exponer brevemente su fundamento.

(1) Compt. rend. Acad. Sciences, 154, 1.466, 1.670, 1.753 (1912).

Figura 2. Portada de trabajos publicados por Arnal, Brugger y Salinas relativos al flúor

finalizó en Madrid con una tesis titulada *Contribución al estudio de la química analítica del flúor*.<sup>[22]</sup> Su objetivo principal era la investigación cualitativa y cuantitativa de dicho elemento para conocer con más detalle cómo utilizar los fluoruros como aditivos en los alimentos y sus propiedades como agentes conservadores. Para ello, no sólo estudió numerosas reacciones propuestas en la literatura científica existente, sino que desarrolló diferentes técnicas y montajes instrumentales para llevar a cabo nuevas reacciones. En relación con Salinas, se convirtió en una experta en la detección de este elemento en diferentes tipos de sustancias, gracias a su tesis titulada *Estudios sobre la determinación cuantitativa del flúor y su aplicación a varios productos del reino animal*.<sup>[23]</sup> Su trabajo se centró en la detección del flúor no sólo en las sustancias más habituales –como huesos, dientes o el agua–, sino en detectarlo en pequeñas trazas en presencia de ácido fosfórico y de sílice. Para ello realizó numerosos ensayos utilizando diferentes tipos de silicatos como vidrio pírex, porcelana, platos porosos, etc., y diferentes fluoruros, como fluorina, criolita, fluoruro de sodio y de bario. El éxito de su trabajo le llevó a publicar un artículo junto con Casares en la *Revista de la Academia de Ciencias de Madrid*, en el que aplicaban sus investigaciones a una gran variedad de productos naturales como huesos de humanos, fósiles, dientes de diferentes animales, huesos de mamíferos, aves y peces, caparazones de crustáceos e incluso en fuentes naturales más exóticas como marfil, barbas de ballena o conchas de jibia.<sup>[24]</sup>

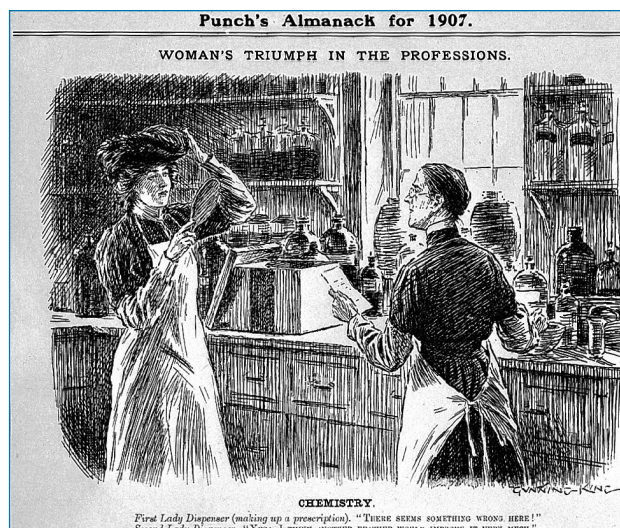
La colaboración con ambas autoras fue beneficiosa para Casares ya que le permitió consolidar nuevas líneas de investigación en química analítica y en bromatología.<sup>[25]</sup> Por su parte, los trabajos de Brugger y Salinas no sólo les ayudaron a completar sus tesis doctorales, sino también a conseguir nuevas becas de colaboración con la JAE, a publicar sus trabajos en revistas científicas y a ser citadas en la literatura científica internacional. Un ejemplo de ello son las diferentes menciones al artículo de Salinas y Casares incluidas en un tratado sobre las intoxicaciones del flúor publicado en 1937 en el que se revisaban los ensayos y experimentos más relevantes de la época sobre esta materia y se señalaba como ambos habían permitido detectar valores límite de dicho elemento desconocido hasta la época en muestras de huesos.<sup>[26]</sup>

Vicenta Arnal nunca se casó, tampoco María del Carmen Brugger ni Trinidad Salinas, lo cual era un prerrequisito invisible pero prácticamente indispensable para las mujeres que desearan dedicarse a la ciencia en las primeras décadas del franquismo.<sup>[27]</sup> Esta condición personal era compartida por algunas de las escasas químicas integradas en instituciones científicas de ese período como técnicas de investigación en el CSIC. Estos fueron los casos de Sara Borrell Ruiz (1917-1999) o Piedad de la Cierva Viudes (1913-2007) que lograron continuar investigando debido, posiblemente, a sus conexiones familiares y sociales con las élites franquistas.<sup>[28]</sup> En países como la Alemania nacionalsocialista, el trabajo femenino estaba incluso prohibido para las mujeres casadas. A diferencia de las dos investigadoras anteriores, Brugger y Salinas no continuaron sus ca-

rreras científicas después de la guerra, ni siquiera en puestos de trabajo menos visibles que las cátedras universitarias. A partir de entonces, las noticias sobre ambas son casi inexistentes. No sucedió lo mismo con sus investigaciones, de las que se apropió el propio Casares, junto con otros colaboradores, con quienes continuó publicando trabajos sobre la determinación del flúor en diferentes productos.<sup>[29]</sup>

## CONCLUSIONES

Las mujeres han realizado contribuciones relevantes a la tabla periódica. Los ejemplos anteriores han mostrado su papel en el estudio del flúor en la década de 1930, tanto en España como en el contexto internacional. El análisis de sus biografías también permite conocer históricamente el impacto de las discriminaciones que han afectado a las trayectorias científicas de las mujeres, como han sido su exclusión de los estudios académicos o su veto para acceder a cátedras universitarias. Incluso actualmente, los techos de cristal siguen dificultando la adecuada integración de la mujer en la ciencia. El análisis de los casos anteriores muestra también cómo muchas de las científicas que lograron reconocimientos tuvieron que sortear barreras u obstáculos históricos, así como renuncias personales o sociales para competir con éxito en un mundo en el que las reglas habían sido marcadas por los hombres (Figura 3). Por todo ello, los casos históricos mencionados muestran el valor de recuperar no sólo las contribuciones individuales y colectivas de diferentes mujeres en la química, sino también del estudio de las razones que motivaron los desequilibrios que se encontraron. El reconocimiento de las contribuciones de las científicas pasadas y presentes pasa también por su visibilización como expertas ante la comunidad científica y la opinión pública.



**Figura 3.** Caricatura de una revista estadounidense de 1907 burlándose de las contribuciones de las mujeres a la química. [*Triunfo de las mujeres en las profesiones. Química*. Primera preparadora (formulando una receta): “Parece que hay algo falla aquí”. Segunda preparadora: “Sí, pienso que otra pluma lo mejoraría mucho”]. Crédito: Wellcome Collection

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] P. Abir-am, D. Outram. *Uneasy careers and intimate lives. Women in Science, 1789-1979*, New Brunswick, Rutgers University Press, 1987.
- [2] D. Opitz, S. Bergwik, B. van Tiggelen. *Domesticity in the Making of Modern Science*, Palgrave MacMillan, Londres, 2016.
- [3] J. R. Bertomeu Sánchez, *Mujeres de ciencia en el siglo XIX*, <https://www.investigacionyciencia.es/blogs/ciencia-y-sociedad/108/posts/mujeres-de-ciencia-en-el-siglo-xix-18886>, consultado el 16/04/2021.
- [4] Lykknes, A., Opitz, D. L.; van Tiggelen, B. (eds.), *For better or for worse? Collaborative couples in the sciences*, Springer, 2012.
- [5] 500 Women Scientists. Request a Woman in STEM, <https://500womenscientists.org/request-a-scientist>, consultado el 16/04/2021.
- [6] R. Martínez-Haya. Una perspectiva histórica y epistemológica de los estudios de ciencia y género y su uso en el aula de ciencias. *Anales de Química*. **2019**, *1*, 26-31.
- [7] "Setting their Table" - International Symposium on Women and the Periodic Table of Elements, <https://iupac.org/event/setting-their-table-international-symposium-on-women-and-the-periodic-table-of-elements/>, consultado el 16/04/2021.
- [8] A. I. Morales López. Hacia la igualdad de género en la historia del sistema periódico. *Anales de Química*. **2019**, *3*, 227-234. (Este trabajo obtuvo el Premio "Salvador Senent" de la RSEQ).
- [9] J. R. Bertomeu Sánchez, A. García Belmar, B. Bensaude-Vincent. Looking for an Order of Things: Textbooks and Chemical Classifications in Nineteenth Century France. *Ambix*. **2002**, *49* (2), 227-251.
- [10] B. van Tiggelen, A. Lykknes. The women behind the periodic table. *Nature*, **2019**, *565*, 559-561.
- [11] Lykknes, A; van Tiggelen, B. Women in their Element, *World Scientific*, **2019**, Singapore.
- [12] J. Sanz-Aparicio. The legacy of women to crystallography. *Arbor*, **2015**, *191* (772).
- [13] K. Espmark, C. Nordlund. Married for Science, Divorced for Love: Success and Failure in the Collaboration Between Astrid Cleve and Hans von Euler-Chelpin. En: A. Lykknes, D. Opitz, B. Van Tiggelen, *For better or for worse? Collaborative couples in the sciences*, Springer, **2012**, 81-102.
- [14] J. E. Brown. *African American women chemists*. Oxford University Press, Oxford, 2018.
- [15] I. Suay-Matallana, I. Fluorine and the research of Vicenta Arnal, María del Carmen Brugger, and Trinidad Salinas. En: A. Lykknes, B. Van Tiggelen, B. Women in their Element. *World Scientific*, **2019**, 158-169, Singapore.
- [16] I. Suay-Matallana. Expertos en química analítica y familias científicas en la España contemporánea: Antonio Casares Rodríguez y su hijo José Casares Gil. *Llull*, **2017**, *40* (84), 207-224.
- [17] C. Magallón. El Laboratorio Foster de la Residencia de Señoritas. Las relaciones de la JAE con el International Institute for Girls in Spain, y la formación de las jóvenes científicas españolas. *Asclepio*. **2007**, *49* (2), 37-62.
- [18] Memoria correspondiente a los cursos 1931 y 1932. Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas, Madrid, 1933.
- [19] F. Fichter, J. V. Arnal, Oxydationen mit Fluor XVIII: Einwirkung von Fluor auf Cer(III)sulfat und auf Jodate. *Helvetica chimica acta*. **1931**, *14* (4), 862-867.
- [20] I. Suay-Matallana. Farmacéuticos innovadores. María del Carmen Brugger Romaní. *Circular Farmaceutica*. **2019**, *77* (1), 49.
- [21] M. J. Báguena Cervellera, Jenara Vicenta Arnal Yarza, <http://dbe.rah.es/biografias/61256/jenara-vicenta-arnal-yarza>, consultado el 16/04/2021.
- [22] M. C. Brugger Romaní. *Contribución al estudio de la química analítica del flúor*. Artes Gráf, J. Gamón, Valencia, 1927.
- [23] T. Salinas Ferrer. *Estudios sobre la determinación cuantitativa del flúor y su aplicación a varios productos del reino animal*. Universidad Central, Madrid, 1934.
- [24] J. Casares Gil, T. Salinas. Sobre la determinación cuantitativa del flúor y su aplicación a algunos productos naturales. *Revista de la Academia de Ciencias de Madrid*. **1935**, *32*, 88-119.
- [25] I. Suay-Matallana. La colaboración científica y los espacios de la química: un estudio de caso español en la primera mitad del siglo XX. *Revista Española de Documentación Científica*. **2014**, *37* (4).
- [26] K. Roholm, *Fluorine Intoxication: A Clinical-Hygienic Study. With a Review of the Literature and Some Experimental Investigations*. H. K. Lewis & Co. Ltd, Londres; Nyt Nordisk Forlag, Copenhagen, 1937.
- [27] C. Magallón. *Pioneras españolas en las ciencias. Las mujeres del Instituto Nacional de Física y Química*, Madrid, CSIC, 1998.
- [28] M. J. Santasmases. Género, afición y mérito: Una biografía de Sara Borrell Ruiz. *Arenal*. **2017**, *24* (2), 287-318; A. Romero De Pablos. Mujeres científicas en la dictadura de Franco: Trayectorias investigadoras de Piedad de la Cierva y María Aránzazu Vigón. *Arenal*. **2017**, *24* (2), 319-348. Ver también: A. Ulises Acuña Fernández. María Josefa Molera: cinética, fotoquímica y cromatografía en la España de 1940 a 1980. *Anales de Química*. **2013**, *1*, 31-33.
- [29] J. Casares Gil, F. Moreno Martín. Investigación de flúor en cenizas vegetales, *Anales de Física y Química*. **1944**, *11*, 685-692.