

**Brigitte van Tiggelen** es historiadora de la química y directora para Europa del Instituto de Ciencia e Historia de Filadelfia.

**Annette Lykkness** es profesora de didáctica de la química e historiadora de la química en la Universidad Noruega de Ciencia y Tecnología, en Trondheim. Han coordinado *Women in their element: Selected women's contributions to the periodic system* (publicado este mes por World Scientific).



## Las mujeres de la tabla periódica

### Un homenaje a las investigadoras que contribuyeron al descubrimiento de los elementos químicos y sus propiedades

La historia de la clasificación de docenas de elementos en una tabla periódica no se ciñe a una persona ni a un momento en el tiempo. Los científicos habían clasificado y predicho la existencia de los elementos antes de que Dimitri Mendeléiev propusiera su esquema en 1869, y siguieron haciéndolo después. Fueron muchos los que trabajaron para descubrir y explicar el comportamiento de las nuevas sustancias. Los gases nobles, la radiactividad, los isótopos, las partículas subatómicas y la mecánica cuántica todavía no se habían descubierto a mediados del siglo XIX.

Para celebrar el Año Internacional de la Tabla Periódica, dedicamos este artículo a algunas de las mujeres que revolucionaron nuestra concepción de los elementos. Marie Curie es la más famosa, por sus investigaciones sobre la radiactividad y el descubrimiento del radio y el polonio, que le valieron el Nobel en dos ocasiones. La mayoría, sin embargo, son poco conocidas. Tampoco suele apreciarse la tenacidad y diligencia que requiere el trabajo experimental, la valoración de datos y la reconsideración de las teorías vigentes.

Demostrar la existencia de un nuevo elemento no es tarea fácil. El primer paso consiste en detectar una actividad inusual; un comportamiento químico o una propiedad física (las emisiones radiactivas y las líneas espectrales, por ejemplo), que no se corresponda con la de ningún elemento conocido. Luego hay que aislar el nuevo elemento, o un compuesto de él, en cantidades lo suficientemente grandes como para poder pesarlo y convencer a la comunidad científica.

#### Descubrir y ordenar

Marie Curie no andaba a la búsqueda de nuevos elementos cuando inició su tesis doctoral sobre los «rayos del uranio»,

en 1897. Quería explorar la radiactividad, un fenómeno descubierto por Henri Becquerel en 1896. Pero sospechó de la existencia de otros elementos al observar que la radiactividad de la pechblenda, un mineral de uranio, era superior a la que cabía esperar de su contenido en uranio. Su marido Pierre se incorporó entonces a las investigaciones.

En 1898 identificaron las líneas espectrales de dos nuevos elementos: el radio y el polonio. Sin embargo, les llevó más de tres años pulverizar, disolver, hervir, filtrar y cristalizar toneladas de pechblenda para extraer tan solo 0,1 gramos de un compuesto de radio. La extracción del polonio sería aún más difícil, porque su vida media es más breve. En 1903, Pierre y Marie Curie compartieron el premio Nobel de física con Henri Becquerel por el descubrimiento de la radiactividad, y en 1911 Marie recibió un segundo Nobel por el descubrimiento del radio y el polonio y por la concentración y el estudio del radio.

Ubicar un elemento en la tabla periódica requiere establecer su peso atómico y sus propiedades químicas. El radio, por ejemplo, se comporta de modo muy similar al bario, pero su peso atómico es mayor, así que se sitúa justo debajo del bario. Determinar el peso atómico es difícil porque exige disponer de sustancias puras.

Cuesta distinguir elementos de peso y carácter similares. Poco después de elaborar su tabla, Mendeléiev propuso a la química rusa Julia Lermontova refinar los procesos de separación de los metales del grupo del platino (rutenio, rodio, paladio, osmio, iridio y platino), como paso previo a su ordenación. Solo sabemos de su trabajo a través del archivo y la correspondencia de Mendeléiev. Lermontova estudió química en Heidelberg con Robert Bunsen (descubridor del cesio y el rubidio en 1860, junto con Gustav Kirchhoff, con el espec-

troscopio que acababan de inventar), y fue la primera mujer que obtuvo un doctorado en química en Alemania, en 1874.

Establecer el peso atómico era, asimismo, crucial para identificar las series de desintegración radiactivas y distinguir entre nuevos elementos y las variedades de elementos conocidos. El concepto de isótopo solucionó el problema planteado por el descubrimiento de numerosos elementos para los que en apariencia no había espacio en la tabla periódica. Aunque el químico británico Frederick Soddy introdujo el concepto en 1913, fue la médica Margaret Todd quien propuso el término, que en griego significa «el mismo lugar».

La química polaco-judía Stefanie Horowitz, del Instituto de Radio de Viena, aportó la prueba experimental de la existencia de isótopos. Un elemento tan común como el plomo presentaba distintos pesos atómicos, según si procedía de la desintegración radiactiva del uranio o de la del torio.

También era problemática la naturaleza de una curiosa «emanación» del radio. ¿Era una partícula o un gas? La física canadiense Harriet Brook resolvió el problema junto con su director de tesis, Ernest Rutherford, en la Universidad McGill de Montreal. En 1901, Brooks y Rutherford mostraron que la emanación se difundía como un gas pesado y aportaron la primera prueba de que la desintegración radiactiva producía nuevos elementos. En 1907, William Ramsay sugirió que el gas, al que se denominaría radón, pertenecía al «grupo de los elementos del helio», que hoy conocemos como gases nobles.

En 1902, Rutherford y Soddy anunciaron su teoría de la desintegración radiactiva, según la cual los átomos se transmutan espontáneamente en nuevos átomos con la emisión de radiación. Si bien Rutherford obtuvo el Nobel de quí-



LA QUÍMICA ALEMANA IDA NODDACK, que abandonó un puesto en la industria para investigar los elementos, participó en el descubrimiento del renio.

mica de 1908 por estas investigaciones, la crucial contribución inicial de Brooks apenas ha sido reconocida. Tras publicar conjuntamente un primer artículo, el siguiente, en *Nature*, lo firmó Rutherford, que se limitó a indicar en los créditos la asistencia de Brooks. Como mujer de ciencia, Brooks tuvo dificultades, especialmente tras casarse, para obtener puestos estables y desarrollar sus investigaciones.

### Al fondo de la materia

A todo esto, no dejaban de producirse avances en la comprensión del núcleo atómico. En 1918, la física Lise Meitner y el químico Otto Hahn descubrieron en Berlín el elemento 91, el protactinio. Meitner era austríaca y, tras completar su doctorado, había buscado en Alemania una oportunidad profesional. En 1907 fue admitida como colaboradora no remunerada de Hahn en el departamento de química de la Universidad de Berlín. Tuvo que trabajar en el sótano porque las mujeres no podían acceder al edificio principal. En 1913, cuando Hahn se incorporó al Instituto Emperador Guillermo de Química en Berlín-Dahlem, Meitner fue nombrada «asociada» del instituto.

Hahn y Meitner descubrieron el protactinio en el curso de una investigación sobre la «sustancia madre» de la serie de desintegración del actinio. Otros científicos perseguían el mismo objetivo e, inevitablemente, se produjeron disputas de

prioridad. El descubrimiento fue atribuido a Meitner y Hahn porque concentraron el nuevo elemento en mayor cantidad y lo caracterizaron de forma más completa que sus competidores.

También el renio (elemento número 75) fue descubierto conjuntamente en 1925 en Berlín por la química alemana Ida Noddack y su marido, el también químico Walter Noddack, junto con Otto Berg, de la empresa de ingeniería eléctrica Siemens-Halske. Ida Tacke, que adoptaría el apellido de su marido, dejó un puesto en la industria química para ir a la caza de elementos. En 1925 se incorporó en calidad de investigadora no remunerada al Instituto Físico-Técnico Imperial de Berlín, donde Walter Noddack dirigía el departamento de química. Los Noddack tuvieron que emplearse a fondo para producir cantidades ponderables de renio, así denominado por el Rin. Es uno de los elementos más raros de la Tierra y no es radiactivo.

Los Noddack reclamaron asimismo el descubrimiento del elemento 43, al que denominaron masurio por la región de Masuria, en Polonia. Pero no consiguieron replicar las líneas espectrales ni aislar la sustancia. Las técnicas de la «química húmeda» no eran apropiadas para la identificación de este elemento, el primero en ser producido artificialmente, en 1937, y que recibiría el nombre de tecnecio.

A diferencia de Marie Curie, cuyas contribuciones fueron reconocidas y que tras la muerte de Pierre ocupó su cátedra en la Universidad de París, Ida Noddack trabajó como invitada en el laboratorio de su marido durante la mayor parte de su carrera. Esta es una de las razones por las que no se tomó en serio su sugerencia, en 1934, de que el núcleo podía partirse, un proceso que hoy denominamos fisión.

Los descubrimientos del neutrón, en 1932, y de la radiactividad artificial, en 1934, abrieron una nueva línea de investigación: la fabricación de elementos en el laboratorio mediante el bombardeo de átomos con partículas. En 1934, el físico Enrico Fermi y sus colaboradores en la Universidad de Roma anunciaron que habían producido los elementos 93 y 94 tras bombardear uranio con neutrones. Ida Noddack señaló en un artículo en *Angewandte Chemie* que Fermi no había demostrado que no se hubieran producido elementos más ligeros. «Es concebible», argumentó, «que el núcleo se haya dividido en varios fragmentos grandes». Los físicos la ignoraron.

Sin embargo, en 1938, Meitner y Hahn demostraron que el bario se encontraba entre los productos de las reacciones estudiadas por Fermi y que el núcleo se había partido. Para entonces, a falta de meses para que estallara la Segunda Guerra Mundial, Meitner, de ascendencia

judía, había huido a Suecia. Pese a que sus cálculos habían convencido a Hahn de la fisión del núcleo, este no la incluyó como coautora al publicar los resultados en 1939, y en 1945 no aprovechó el discurso de aceptación del Nobel de química de 1944 para reconocer el papel de Meitner.

La mayoría de estas pioneras colaboraron con colegas masculinos, y no es fácil distinguir sus contribuciones. La física francesa Marguerite Perey es una excepción: se la considera la única descubridora del elemento 87, el francio, en 1939. Se incorporó al instituto de Marie Curie en París a los 19 años como técnica de laboratorio, bajo la dirección de Irène Joliot-Curie y André Debierne. Ambos le pidieron, independientemente, que midiera con precisión la vida media del actinio 227. En el curso de este delicado procedimiento técnico, identificó el nuevo elemento. Al no ponerse de acuerdo sobre quién dirigía a Perey, ninguno de ellos pudo reclamar un papel en el hallazgo. Perey acabaría dirigiendo el departamento de química nuclear de la Universidad de Estrasburgo, y en 1962 se convirtió en la primera mujer escogida como miembro correspondiente de la Academia de las Ciencias francesa. Pese a que no había ninguna regla que excluyera la elección de mujeres, la Academia no admitiría una mujer como miembro de pleno derecho hasta 1979.

El francio fue el último elemento natural en ser descubierto. Actualmente, el hallazgo de nuevos elementos requiere grandes equipos, aceleradores de partículas e importantes presupuestos [véase «Disputas en la tabla periódica», por Edwin Cartlidge; INVESTIGACIÓN Y CIENCIA, mayo de 2019]. El significado de elemento químico ha cambiado. Si para Mendeléiev era una sustancia estable incapaz de transmutarse, hoy incluye especies isotópicas que existen apenas unos milisegundos.

Mediante esas técnicas, la química estadounidense Darleane Hoffman llevó a cabo un avance monumental a principios de los años setenta. Demostró que el fermio 257 se fisionaba espontáneamente, no solo al ser bombardeado con neutrones. También descubrió el plutonio 244 natural. Fue la primera mujer que dirigió una división científica en el Laboratorio Nacional de Los Álamos, en Nuevo México, donde se formaron generaciones de científicas. Una de ellas, Dawn Shaughnessy, es la investigadora principal de un proyecto sobre elementos pesados del Laboratorio Nacional Lawrence Livermore en California, en el

marco del cual se han descubierto seis elementos (del número 113 al 118).

## Usar los elementos

Muchas otras mujeres han contribuido a ampliar nuestro conocimiento sobre los elementos. Tras el aislamiento del flúor por el químico francés Henri Moissan en 1886, un equipo de mujeres (entre ellas, Carmen Brugger Romaní y Trinidad Salinas Ferrer) trabajó con José Casares Gil en la Universidad de Madrid en los años 1920 y principios de 1930 en el estudio de las propiedades terapéuticas y la presencia en las aguas minerales de este elemento. Cuando tuvieron que dejar las investigaciones como consecuencia de la Guerra Civil (1936-1939), el trabajo de estas mujeres fue incorporado a la bibliografía de Casares.

La química Reatha C. King fue la primera mujer afroamericana que trabajó en la Oficina Nacional de Estándares de los Estados Unidos, en Washington. En los años sesenta estudió la combustión de mezclas gaseosas de flúor, oxígeno e hidrógeno. La alta reactividad del flúor sugería su uso en la propulsión de cohetes. Algunas mezclas eran tan explosivas que requerían técnicas y aparatos especiales, que King diseñó y fueron adoptadas por la NASA.

En la década de 1910, la médica estadounidense Alice Hamilton demostró la toxicidad del plomo y los riesgos que entrañaba para la población y los trabajadores de la industria metalúrgica. Su trabajo obligó a las compañías de seguros y a las empresas a adoptar medidas de protección y compensar a los damnificados. También organizó acciones sociales para que se reconocieran las enfermedades laborales relacionadas con otros metales pesados, como el mercurio. En 1919 se convirtió en la primera profesora nombrada por la Universidad Harvard. Ya en 1925 se pronunció contra la adición de plomo a la gasolina.

La técnica japonesa-estadounidense Toshiko «Tosh» Mayeda era en los años 1950 una experta en la medida de los radioisótopos del oxígeno. Había empezado su carrera limpiando los recipientes de vidrio del laboratorio de Harold C. Urey en la Universidad de Chicago, pero pronto se hizo cargo de los espectrómetros de masa. Contribuyó a la medida de la proporción de isótopos de oxígeno en conchas marinas fosilizadas, a fin de deducir la temperatura de los océanos prehistóricos, y extendió el uso de este método a los meteoritos.

Como estadounidense de ascendencia japonesa, Mayeda fue confinada en un campo de internamiento tras el ataque a Pearl Harbor del 7 de diciembre de 1941, y tuvo que hacer frente a la discriminación. Contando solo con un título de graduada en química, sus contribuciones podían haber sido invisibilizadas, como las de tantas técnicas. Afortunadamente, Mayeda recibió el apoyo de sus superiores y su nombre apareció en las publicaciones junto al de doctores y catedráticos.

## Ampliar la perspectiva

Como ocurre con los descubrimientos científicos, la recuperación de la historia de todas estas mujeres de ciencia ha sido un trabajo de equipo en el que han participado Gisela Boeck, John Hudson, Claire Murray, Jessica Wade, Mary Mark Ockerbloom, Marelene Rayner-Canham, Geoffrey Rayner-Canham, Xavier Roqué, Matt Shindell e Ignacio Suay-Matallana.

El estudio de las mujeres que han contribuido al desarrollo de la química ofrece una perspectiva más amplia del descubrimiento científico y de las personas que participan en él, desde ayudantes y técnicos no asalariados a líderes de grandes laboratorios. En este año de celebración de la tabla periódica, es esencial reconocer los esfuerzos individuales y colectivos que nos han permitido construirla y siguen dándole forma. ■

Artículo original publicado en *Nature* vol. 565, págs. 559-561, 2019.  
Traducido con el permiso de Nature Research Group © 2019

Con la colaboración de **nature**

### PARA SABER MÁS

**The transuranium people.** D. C. Hoffman, A. Ghiorso y G.T. Seaborg. Imperial College Press, 2000.

**Trafficking materials and gendered experimental practices.** M. Rentetzi. Columbia University Press, 2009.

**African American women chemists.** J. E. Brown. Oxford University Press, 2012

**For better or for worse? Collaborative couples in the sciences.** Dirigido por A. Lykknes, D. Opitz y B. Van Tiggelen. Springer, 2012.

### EN NUESTRO ARCHIVO

**Lise Meitner y el descubrimiento de la fisión nuclear.** Ruth Lewin Sime en *JyC*, marzo de 1998.

**Curie confidencial.** Xavier Roqué en *JyC*, febrero de 2011.