

## LA TAULA PERIÒDICA DE LES CIENTÍFIQUES

**NÚRIA SOLSONA PAIRÓ**

UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA.

Paraules clau: *química, gènere, taula periòdica, elements*

### **The periodic table of women scientists**

*Summary: This paper makes a brief review of several women involved in the work connected with the periodic table, who sought to identify new elements, calculate atomic weights and chemical properties, refine separation techniques, obtain pure substances, and improve experimental proof. Some of them had worked as head assistants in the most renowned laboratories and others worked with men scientists who had received the Nobel Prize. All of them helped to expand our knowledge of the chemical elements and of the periodic table.*

Key words: *chemistry, gender, periodic table, elements*

### **Introducció**

Marie Skłodowska Curie (1867-1934) és la científica més coneguda pel seu doble premi Nobel sobre la recerca entorn de la radioactivitat i el descobriment del poloni i el radi. Marie Curie i Lise Meitner (1878-1968) van ser l'excepció, la resta de científiques van ser ajudants de recerca indispensables, sense les quals els seus col·legues no haurien avançat en el treball experimental ni en la identificació dels elements.

En un grup de vint dones científiques russes, destaquem Anna Federovna Volkova (1800-1876), que va morir el mateix any que va presentar a l'Exposició Universal de Tecnologia de Londres els dos treballs científics que li van obrir les portes de la Societat de Química Russa. Era molt ben considerada pels seus col·legues, estava ben integrada en la comunitat química i va treballar amb Mendeléiev.

Julia Lermontova (1846-1919) va ser la primera dona russa doctora en química (1874, Universitat de Göttingen) i la segona dona a obtenir un doctorat a

Europa. Filla d'un general de l'escola militar de Moscou, des de petita s'interessà per les ciències de la naturalesa. Es formà gràcies a la biblioteca del seu pare i, després, amb l'ajuda de professors de l'acadèmia militar que li van fer classes particulars. Intentà entrar a l'Acadèmia Agrícola de Petrovskaya, però les portes de les altes institucions educatives estaven tancades per a les dones.

La matemàtica Sofia Kovalskaia (1850-1891) la va convèncer perquè anés a estudiar a l'estranger. Van escollir les universitats de Heidelberg i Göttingen. Fou admesa per treballar al laboratori de Robert Bunsen. Va acceptar el repte, per indicació de Mendeléiev, amb qui mantenia correspondència, de refinar els processos de separació dels metalls del grup del platí (ruteni, rodi, palladi, osmi, iridi i platí). Va aprendre els mètodes d'anàlisi dels minerals i es va integrar en la recerca. Era el primer requisit per poder posar-los en ordre. L'única referència al seu treball consta en la correspondència amb Mendeléiev, que es troba en els seus arxius. Molts treballs seus foren publicats amb el nom de Butlerov (amb agraïments), tot i que la síntesi del 2,4,4-trimetil-2-pentè va aparèixer amb el seu nom el 1879 (Cervellati, 2018).

### Les millors experimentadores

Obtenir valors dels pesos atòmics era decisiu per resoldre les sèries de descomposició radioactiva, i per discriminar nous elements i versions desconegudes dels existents, és a dir, els isòtops. Això resol·lia el problema de molts nous elements que semblaven sorgir de nou, encara que només s'haguessin deixat un parell de forats en la taula periòdica. Malgrat que el britànic Frederick Soddy (1877-1976) va introduir el concepte *isòtop* el 1913, fou la metgessa Margaret Todd (1859-1918) qui va suggerir el terme (que significava 'mateix lloc' en grec).

Stefanie Horovitz (1877-1942), polonesa, va estudiar a la Universitat de Viena. Va subministrar proves experimentals dels isòtops. Treballava a l'Institut del Radi a Viena, i va mostrar que fins i tot elements habituals, com el plom, poden tenir pesos atòmics diferents en funció de si provenen de la descomposició radioactiva de l'urani o del tori. Horovitz va aïllar plom de mostres de pechblenda riques en urani de la mina de St. Joachimstal. Les seves anàlisis gravimètriques, de mil·lèsimes de gram, van provar que el plom creat a partir de la sèrie radioactiva de l'urani té un pes atòmic més baix que el plom habitual. Aquesta fou la primera prova experimental àmpliament acceptada sobre el fet que els elements poden tenir pesos atòmics diferents segons l'origen. Aquest treball experimental rebatia l'existència àmpliament acceptada d'un element i establia el tori com a segon element identificat amb isòtops (Rayner-Canham, 2000).

Ellen Gleditsch (1879-1968) fou una química noruega que tingué la radioactivitat i la radioquímica com el seu camp d'investigació. En aquell moment no hi havia possibilitat per a les dones de fer exàmens d'ingrés a la universitat. Per tant, va treballar com a auxiliar de farmàcia i va tenir l'oportunitat d'obtenir un títol no acadèmic en química i farmacologia el 1902. El 1905, va superar l'examen d'ingrés a la universitat de París. Va començar la seva carrera com a assistent de Marie Curie, amb qui va col·laborar des del 1907 fins al 1912, i va ajudar a demostrar l'existència dels isòtops.

Al laboratori de Curie, Gleditsch va desenvolupar una tècnica anomenada *crystallitzacions fraccionals* per purificar el radi. Després dels cinc anys de treball amb Curie, va mantenir el vincle amb el laboratori i hi tornava sovint per supervisar els experiments. El 1913, va rebre una beca per anar als EUA per continuar les seves investigacions al laboratori millor equipat de radioquímica, a la Universitat de Yale. Va treballar al laboratori de Bertram Boltwood, on va completar les seves investigacions sobre la vida mitjana del radi, la qual va calcular en 1686 anys. Aquest valor va romandre in-

tacte durant trenta-cinc anys fins que el van corregir altres investigadors, amb una capacitat de mesura més precisa, i el van fixar en 1620 anys (Pigéard-Micault, 2013: 105).

Malgrat que Boltwood s'oposava a les dones investigadores, la feina de Gleditsch sobre la vida mitjana del radi el va impressionar tant que va esdevenir amic seu i va escriure amb ella dos articles. Al llarg de la dècada de 1930, va continuar produint articles en anglès, francès, alemany i noruec (Gleditsch, 1909a, 1909b, 1924, 1925). En la dècada de 1930 va dirigir un laboratori de radioquímica a Noruega, que va ser utilitzat com un laboratori clandestí pels científics que fugien del règim nazi. Durant una incursió de les tropes alemanyes en el seu laboratori el 1943, les dones científiques van ser capaces de rescatar els minerals radioactius, però tots els homes van ser detinguts. El 1949, va participar activament en el comitè de treball per al control de la bomba atòmica i el 1952 va ser nomenada membre de la comissió de treball per al control de l'ús de la bomba atòmica.

Ada Florence Remfry Hitchins (1891-1972) va ser la principal assistent de recerca del químic britànic Frederick Soddy (1877-1956), amb qui va treballar durant quinze anys. Soddy va guanyar el premi Nobel l'any 1921 pels seus treballs sobre la radioactivitat i la naturalesa dels isòtops. Hitchins obtenia mostres aïllades de minerals d'urani, i prenia mesures precises del pes atòmic que proporcionaven la primera prova experimental per a l'existència dels diferents isòtops. Les expectatives de Soddy per establir un pròsper centre de recerca a Aberdeen van ser interrompudes per la Primera Guerra Mundial. El 1921, Frederick Soddy, aleshores a la Universitat d'Oxford, va obtenir finançament per tornar a contractar Hitchins com a assistent tècnic. Feia poc que havia rebut el Premi Nobel pel seu treball sobre radioactivitat i isòtops. El 1922, Hitchins va tornar a ser la seva assistent d'investigació privada. La seva acurada preparació de materials radioactius, i el seu meticulós treball experimental amb urani i isòtops de plom, va significar una contribució crucial per a la investigació a partir de la qual Soddy va rebre el Premi Nobel.

La doctora Elizabeth Rona (1890-1981) fou una química nuclear hongaresa nacionalitzada estatunidenca, coneguda pel seu treball amb isòtops radioactius. Després de desenvolupar un mètode millorat de preparació de mostres de poloni, va ser reconeguda internacionalment com la principal experta en la separació d'isòtops i la preparació del poloni. Entre 1914 i 1918, durant el seu estudi postdoctoral, va desenvolupar la teoria sobre el fet que la velocitat de difusió constant del radó en aigua depèn de la massa dels núclids. Atès que només havien estat identificats uns pocs «elements atòmics», per diferenciar-los d'altres elements amb estructures moleculars o gegants, la confirmació de l'existència d'urani-Y va ser una important contribució a la química nuclear.

Harriet Brooks (1876-1933) va néixer el 1876 a Ontàrio; la seva mare la va animar, a ella i les seves germanes, a estudiar. Va estudiar física, i va entrar en un laboratori per començar a investigar sota la direcció d'Ernest Rutherford (1871-1937). Brooks es va centrar en el cas del tori, un metall radioactiu, i va descobrir que es desintegrava en un nou element, que finalment es va anomenar *radó*, i el va caracteritzar. Uns anys més tard, va realitzar experiments que van demostrar que el radó es transformava d'una manera similar (Brooks, 1904). La seva recerca fou pionera: va observar que la descomposició d'un dipòsit actiu de radi i actini depenia de manera evident del temps d'exposició a les seves radiacions respectives, i va establir la corba de descomposició per exposicions molt curtes. Va analitzar l'índex de difusió de les emanacions del radi en l'aire i altres gasos (Pigéard-Micault, 2013: 49).

El 1902, Rutherford i Soddy van enunciar la seva teoria de la desintegració radioactiva: els àtoms es desintegren espontàniament en nous àtoms mentre desprenen radiacions. Rutherford va guanyar

el Premi Nobel de Química el 1908 per les seves investigacions, però la contribució de Brooks sobre el radó va ser el primer esglaó i fou crucial. Ella rarament és reconeguda, tot i que els primers articles portaven l'autoria de Rutherford i Brooks (1901, 1902a, 1902b); el següent, publicat a *Nature*, portava només el nom de Rutherford (1904) amb una línia en els crèdits que deia que Brooks era la seva assistent (Tiggelen i Lykknes, 2019).

Els coneixements sobre el nucli atòmic van continuar emergint. Lise Meitner era austríaca i va anar a Alemanya després d'obtenir el doctorat. El 1907, va ser admesa com a col·laboradora no retribuïda d'Otto Hahn en el Departament de Química de la Universitat de Berlín. Havia de treballar en el soterrani, ja que les dones se suposava que no havien d'estar a la vista. El 1917, Hahn i Meitner van identificar el protoactini mentre buscaven la «substància mare» de l'actini en la sèrie de descomposició radioactiva. Era una part de l'ampla cursa per trobar l'element i ràpidament van sorgir les disputes. El descobriment de la parella va ser reconegut com el primer, perquè Meitner i Hahn van recollir més substància i la van caracteritzar millor que els seus competidors. En l'enfrontament de la Segona Guerra Mundial, com que Meitner era jueva, va fugir a Suècia. Malgrat que van ser els seus càlculs els que van convèncer Hahn que el nucli del protoactini s'havia separat, no va incloure el nom de Meitner en la publicació dels resultats del 1939 ni en va fer cap referència quan va acceptar el Premi Nobel de Química el 1945.

Ida Noddack (1896-1978) va treballar com a convidada, sense un estatus professional, en el laboratori del seu marit Walter Noddack a la Physikalisches-Technische Reichsanstalt tota la vida. No va ser considerada seriosament quan el 1934 va suggerir que el nucli es podia dividir, un procés que avui anomenem *fissió*. El descobriment del neutró el 1932 i la radioactivitat induïda el 1934 van obrir una nova línia de recerca en l'obtenció d'elements bombardejant àtoms amb partícules. El 1934, l'equip d'Enrico Fermi (1901-1954), a la Universitat de Roma, va produir els elements 93 i 94 disparant neutrons al nucli de l'urani. Ida Noddack va assenyalar, en un article a *Angewandte Chemie*, que Fermi no havia demostrat que no es poguessin produir altres elements, inclosos els més lleugers. Ella raonava: «Podria ser que el nucli es desintegrés en diferents fragments grossos». Els físics la van ignorar (Tiggelen i Lykknes, 2019: 210-222).

Marguerite Perey (1909-1975) va descobrir ella sola l'element 87, el franci, el 1939. Perey va entrar a l'Institut de Marie Curie amb dinou anys com a tècnica de laboratori, sota la direcció d'Irène Joliot-Curie (1897-1956) i André Debierne (1914-1949). Tots dos, de forma independent, li van demanar trobar valors precisos per a la vida mitjana de l'isòtop 227 de l'actini, un procés tècnic molt sensible durant el qual va identificar el nou element. Com que ningú podia afirmar per qui estava treballant en aquell moment, ningú era capaç de reclamar de qui era l'autoria del descobriment. Perey publicà els seus resultats de recerca durant els anys 1939 i 1947 (Perey, 1939, 1947). Va ser cap del Departament de Química Nuclear de la Universitat d'Estrasburg i el 1962 fou la primera dona escollida membre corresponent de l'Acadèmia Francesa de Ciències.

### Les experimentadores contemporànies

El significat d'element químic va canviar des del concepte de Mendelèiev d'una substància estable i intransmutable fins als isòtops que existeixen només mil·lisegons. Amb els acceleradors de partícules, la química estatunidenca Darleane Hoffman (1926- ) va fer un salt monumental a l'inici de la dècada de 1970. Mostrà que l'isòtop fermi-257 pot desintegrar-se espontàniament, no només després de bombardejar-lo amb neutrons. Ella va ser la primera dona que va dirigir la divisió científica

del Laboratori Nacional Los Alamos a Nou Mèxic. Hoffman també va descobrir el plutoni-244 a la natura. Darleane Hoffman va formar generacions de científiques, entre elles Dawn Shaughnessy (1980-), radioquímica estatunidenca i investigadora principal del grup d'elements pesants del Laboratori Nacional Lawrence Livermore. Dawn Shaughnessy va estar involucrada en el descobriment de cinc elements superpesants amb nombres atòmics del 114 al 118.

Després que el químic francès Henri Moissan aïllés el fluor el 1886, un grup de dones joves, especialment Carmen Brugger Romaní (1899-?) i Trinidad Salinas Ferrer (?-1965), que treballaven amb José Casares Gil a la Universitat de Madrid en les dècades de 1920 i 1930 estudiaren els efectes del fluor en la salut i la presència en les aigües minerals. Quan van haver de deixar la recerca després de la Guerra Civil del 1936, la seva feina va quedar amagada entre la bibliografia de Casares. Suay Matallana (2019: 158-169, la traducció és meva) citant a Carmen Magallón diu: «El laboratori el portaven diverses dones joves amb dos objectius: aprendre sobre la cultura material de la química amb intencions didàctiques i millorar el seu coneixement pràctic per desenvolupar la seva pròpia recerca. Totes dues estaven llicenciades en farmàcia, i tenien el doctorat en farmàcia per la Universitat de Madrid. La seva recerca implicava anàlisis quantitatives del fluor i el desenvolupament de noves tècniques per trobar fluor en diferents substàncies orgàniques i animals. Brugger i Salinas van tenir problemes per consolidar les seves carreres científiques després de la Guerra (1936-1939). El seus treballs van ser ignorats i altres alumnes masculins de Casares es van apropiat de les seves línies de recerca durant la dictadura.»

### **Reflexions finals**

L'article recull algunes de les aportacions de diferents dones científiques als treballs que es van desenvolupar en diferents moments històrics entorn de la taula periòdica. La majoria d'elles van ser molt bones experimentadores i van treballar amb els equips que es van formar en les universitats i els centres d'investigació. Van col·laborar en la identificació de nous elements, en el càlcul de pesos atòmics i propietats químiques, en la millora de les tècniques i els processos de separació de les substàncies, en l'obtenció de substàncies pures i en les proves experimentals necessàries per a la identificació dels elements. Algunes d'elles van treballar amb companys que van rebre el Premi Nobel pel treball desenvolupat conjuntament. Totes van col·laborar a ampliar el nostre coneixement dels elements químics i la taula periòdica. És de justícia que les seves aportacions arribin a les aules si volem oferir models d'imitació i referència femenins per impulsar les vocacions científiques.

## Referències bibliogràfiques

- BROOKS, H. T. (1904). «The decay of the excited radioactivity from thorium, radium, actinium». *Philosophical Magazine*, 8, p. 373-384.
- CERVELLATI, R. (2018). «Le donne scienziate in Russia nella seconda metà del XIX secolo». A: *La Chimica e la Società* [en línia] (6 juliol). <<https://ilblogdellasci.wordpress.com/2018/07/06/le-donne-scientiate-in-russia-nella-seconda-meta-del-xix-secolo-migranti-della-conoscenza-2/>> [Consulta: 19 novembre 2019].
- GLEDITSCH, E. (1909a). «Sur le radium et l'uranium contenus dans les minéraux radioactifs». *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences*, 148, p. 1451-1453.
- (1909b). «Sur le rapport entre le radium et l'uranium dans les minéraux radioactifs». *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences*, 149, p. 267-268.
- (1924). «Sur le poids atomique du chlore». *Journal de Physique et Le Radium*, 21, p. 456.
- (1925). *Contribution to the study of isotopes*. Oslo: J. Dybwad, p. 46.
- PEREY, M. (1939). «Sur un élément 87, dérivé de l'actinium». *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences*, 208, p. 97-99.
- (1947). «Pouvoir émanateur des composés de lanthane actinifère». *Journal Phys. Radium*, 8/6, p. 179-181.
- PIGEARD-MICAULT, N. (2013). *Les femmes du laboratoire de Marie Curie*. Paris: Glyphe.
- RAYNER-CANHAM, M.; RAYNER-CANHAM, G. (2000). «Stefanie Horowitz, Ellen Gleditsch, Ada Hitchens and the discovery of isotopes». *Bulletin for the History of Chemistry*, 25, 2, p. 103-108.
- RUTHERFORD, E. (1904). «A volatile product from radium». *Nature*, 64, p. 157-158.
- RUTHERFORD, E.; BROOKS, H. T. (1901). «The new gas from radium». *Transactions of the Royal Society of Canada*, 2, III, 7, p. 21-25.
- (1902a). «The new gas from radium». *Chemical News*, 196, p. 26-28.
- (1902b). «Comparison of the radiations from radioactive substances». *Philosophical Magazine*, 6, 4, p. 1-23.
- SUAY-MATALLANA, I. (2019). «Fluorine and the research of Vicenta Arnal, María del Carmen Brugger, and Trinidad Salinas». A: LYKKNES, A.; TIGGELEN, B. van (ed.). *Women in their element*. New Jersey: World Scientific, p. 158-169.
- TIGGELEN, B. van; LYKKNES, A. (2019). «The women behind the periodic table». *Nature*, 565, p. 559-561.