

MUJERES EN LA CRISTALOGRAFÍA

Fabiola Téllez Bárdenas

Instituto Técnico Industrial de México

RESUMEN

La primera radiografía fue tomada en el invierno de 1895; en ésta se observan los huesos de la mano de Bertha Röntgen. Este acontecimiento marcó el inicio de la participación de las mujeres en la investigación relacionada con los rayos X. Las aportaciones que Kathleen Lonsdale, Rosalind Franklin y Dorothy Hodgkin hicieron a la cristalografía han sido particularmente valiosas en la química y de gran trascendencia en la ciencia.

PALABRAS CLAVE: mujeres, ciencia, género, rayos X, cristalografía, Kathleen Lonsdale, Rosalind Franklin, Dorothy Hodgkin.

ABSTRACT

«Women in Crystallography» The first X-ray was taken in the winter of 1895. In it, it is possible to observe the bones of Bertha Röntgen's hand. This event marks the beginning of women's participation in the research related to X rays. Kathleen Lonsdale's, Rosalind Franklin's and Dorothy Hodgkin's contribution to crystallography has been particularly valuable to Chemistry and of great importance to science in general.

KEY WORDS: women, science, gender, X rays, Crystallography, Kathleen Lonsdale, Rosalind Franklin, Dorothy Hodgkin.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas las mujeres se han matriculado en estudios universitarios y se han integrado a la investigación a pesar de que las condiciones adversas generadas por la desigualdad dificultan su trabajo. En consecuencia, la incorporación de las mujeres a la actividad científica ha sido un proceso lento e intermitente, su participación en este campo es menor en número que la de los hombres y su inclusión en la elite científica es más reducida aún. Muestra de ello es la distribución de los Premios Nobel en las ciencias naturales. Desde 1901 a la fecha, ha habido 510 investigadores galardonados, de los cuales sólo 11 son mujeres: dos en Física, Marie Skłodowska Curie (1903) y Maria Goeppert Mayer (1963); tres en Química, Marie Skłodowska Curie (1911), Irene Joliot-Curie (1935) y Dorothy

Crowfoot Hodgkin (1964); seis en Fisiología y Medicina, Gerty Radnitz Cori (1947) Rosalyn Sussman Yalow (1977), Barbara McClintock (1983), Rita Levi-Montalcini (1986), Gertrude Elion (1988) Christiane Nusslein-Volhard (1995) y Linda B. Buck (2004).

Las aportaciones de la mujer a la ciencia no han sido debidamente documentadas. La recuperación de los nombres y el trabajo de las científicas contribuirá a hacerles justicia y a darle voz a quienes han sido silenciadas. A partir de sus biografías podemos reconstruir su interés particular por el conocimiento científico y entender mejor el proceso de su incorporación a la ciencia. A través de estos relatos de vida, es posible registrar diversas experiencias en la investigación. Biografías como la de Kathleen Lonsdale y Dorothy Hodgkin nos muestran a mujeres que fueron capaces de lograr el éxito y el reconocimiento en su carrera profesional, al mismo tiempo que mantenían sus responsabilidades familiares. Por otro lado, la historia de vida de Rosalind Franklin, cuyos logros académicos no fueron reconocidos debidamente por sus colegas, nos revela la existencia de mecanismos de exclusión y discriminación hacia las científicas que, desgraciadamente, siguen vigentes.

1. LOS RAYOS X

Los minerales han llamado la atención de los seres humanos por sus variadas formas, tamaños y colores. Motivados por la curiosidad, hombres y mujeres de diversas disciplinas científicas han colaborado para explicar la estructura de estas especies inertes. La morfología externa de los minerales ha estado menos oculta a la inspección que su construcción interna, la cual permaneció en el más absoluto misterio hasta el descubrimiento de los rayos X.

El 8 de noviembre de 1895, Wilhelm Conrad Röntgen trabajaba en su laboratorio del Instituto de Física de la Universidad de Würzburg, Alemania. Röntgen investigaba la conductividad eléctrica a través de ciertos gases contenidos en los tubos de Crookes o tubos de rayos catódicos. Para su experimento, Röntgen cubrió con cartón el tubo de los rayos catódicos y verificó que no pasara ni un haz de luz dentro del tubo; una vez a oscuras aplicó alto voltaje. Desde la década de 1880 se sabía que la corriente eléctrica producida en estos tubos pasaba a través de los gases y producía un fenómeno de fluorescencia en algunos materiales. El resultado le tomó por sorpresa: efectivamente detectó la fluorescencia en un trozo de papel impregnado con platinocianuro de bario, ¡pero éste estaba a más de 2 metros del tubo! Repitió el experimento y el resultado fue reproducible. Röntgen denominó rayos X¹ a esta radiación porque desconocía la naturaleza del fenómeno observado.

¹ Los rayos X son un tipo de radiación electromagnética (0.1 a 100×10^{-10} m) no perceptibles a la vista. El ojo humano registra longitudes de onda en el intervalo de 3.500 a 7.500×10^{-10} m: rojo 6.500 - 7.500 ; amarillo 5.700 - 5.900 , verde 5.000 - 5.600 , azul 4.500 - 4.900 y violeta 4.000 - 4.500×10^{-10} m.



Después de modificar algunas condiciones experimentales, Wilhelm C. Röntgen observó que «[...] si se coloca la mano entre la descarga del aparato y la pantalla, uno ve la sombra oscurecida de los huesos[...]». El 22 de diciembre de 1895, tomó las fotografías que habrían de producir un cambio radical en su vida y en el rumbo de varias disciplinas científicas. En ellas se observan los huesos de la mano de su esposa Bertha portando un anillo. El 5 de enero de 1896 estas fotografías fueron publicadas en la edición semanal del periódico *Die Presse* en Viena y provocaron gran conmoción en el público y en la comunidad científica. Una semana después Röntgen fue condecorado con la Orden de la Corona por el *Káiser* Guillermo II de Prusia y en 1901 recibió el primer Premio Nobel en Física por su importante descubrimiento².

Los rayos X son uno de los descubrimientos científicos que encontraron aplicación inmediata en medicina y muy pronto en la determinación estructural de especies cristalinas utilizando el fenómeno de la difracción³. El inicio no fue sencillo porque pasar de la observación de la estructura ósea en humanos a la estructura atómica en los cristales requirió de múltiples y variados esfuerzos.

La aplicación de la difracción de rayos X en química motivó a diversos investigadores a analizar estructuralmente sustancias cristalinas orgánicas e inorgánicas. En el inicio, las moléculas seleccionadas como objeto de estudio tenían un número pequeño de átomos y gran simetría. En 1913, H. Bragg⁴ publicó el primer análisis estructural del diamante, estudio que sería retomado años más tarde por Kathleen Lonsdale. Investigadores como John Desmond Bernal⁵, Rosalind Franklin y Dorothy Hodgkin se atrevieron a caracterizar moléculas de interés biológico no obstante su gran tamaño y complejidad.

² H.H. SELIGER, «Wilhelm Conrad Röntgen and the glimmer of light». *Physics Today*, número especial (1995), pp. 25-31.

³ La difracción de electrones es el fenómeno que ocurre cuando la radiación electromagnética se desvía al interactuar con los electrones de un átomo. Los materiales cristalinos producen un patrón de difracción característico al ser irradiados; éste es utilizado para deducir la disposición espacial de los átomos en el cristal.

⁴ William Henry Bragg y su hijo W. Laurence Bragg determinaron que la distancia entre los planos que contienen a los átomos en el arreglo cristalino está relacionada con la longitud de onda de la radiación utilizada. Esta expresión matemática es conocida como Ley de Bragg, y con base en ella diseñaron el primer aparato de rayos X para analizar especies cristalinas. W.H. Bragg y su hijo recibieron por esta aportación el Premio Nobel en Física en 1915.

⁵ John Desmond Bernal (1901-1971), físico irlandés, especialista en la difracción de rayos X. Fue miembro de la Royal Society (1937) y de la Academia de Ciencias de la URSS (1958). Recibió el premio Lenin Internacional (1953). Realizó numerosas e importantes investigaciones en el terreno de la física, bioquímica y cristalografía. Escribió varios artículos y libros sobre el valor filosófico de la ciencia, y analizó la historia de la ciencia basándose en los principios del materialismo dialéctico.



2. DAME KATHLEEN LONSDALE: LONSDALEITA PARA LA ETERNIDAD

Kathleen Yardley nació el 28 de enero de 1903, en Newbridge, al sur de Dublín y fue la menor de 10 hijos en una familia de padres divorciados. En 1923 Sir William H. Bragg asistió al Colegio en Bedford en Londres para fungir como jurado en el examen de esta brillante joven de 19 años, quien obtuvo la calificación más alta de la década. En consecuencia, Bragg ofreció a la joven un puesto de investigación en su laboratorio en el *University College* de Londres. Kathleen Yardley inició su exitosa trayectoria en el campo de la cristalografía con el análisis del ácido succínico y algunos de sus derivados. En el verano de 1927, interrumpió su colaboración con Bragg y se trasladó a Leeds debido a su matrimonio con su colega Tomás Lonsdale, con quien tuvo tres hijos. En esta ciudad continuó con el trabajo de cristalografía y realizó una de sus aportaciones más importantes a la química: determinó, por difracción de rayos X⁶, la primera estructura de un derivado del benceno. El análisis de la muestra cristalina del hexametilbenceno confirmó la planaridad y el carácter aromático del anillo bencénico, propuestos en 1865 por Friedrich August Kekulé.

En 1934, regresó al laboratorio de William H Bragg en la *Royal Institution* y trabajó en la elaboración de las «Tablas de Rayos X» con William Thomas Astbury. A la muerte de Bragg, en 1942, instaló su propio departamento de cristalografía en el *University College*, donde fue la primera mujer en obtener una cátedra. Tres años después, el 22 de marzo, Kathleen Lonsdale y Marjory Stephenson fueron las primeras mujeres en ser aceptadas como miembros de la *Royal Society of London*. En 1956 fue condecorada con el título honorario de *Dame* por el Imperio Británico y ese año escribió el libro *Is Peace Possible?* como parte de su faceta pacifista.

En 1944 publicó el artículo «Diamonds, Natural and Artificial»⁷ sobre las características y propiedades de los diamantes. La fascinación por éstos se debe a que al estar formados de carbono, al igual que el grafito, poseen propiedades muy peculiares: su morfología y color dan información sobre su procedencia y las condiciones de su crecimiento⁸. En 1966, una de las variantes de cristalización del diamante fue denominada *lonsdaleita*⁹ en reconocimiento a su trabajo. Ese año, Lonsdale asumió el cargo de presidenta de la Unión Internacional de Cristalografía (IUCr).

⁶ M.M. JULIAN, «Kathleen Lonsdale and the planarity of the benzene ring». *Journal of Chemical Education*, vol. 58, núm. 4 (1981), pp. 365-366. M.M. JULIAN, «Dame Kathleen Lonsdale (1903-1971)». *Journal of Chemical Education*, vol. 59, núm. 11 (1982), pp. 965-966.

⁷ K. LONSDALE, «Diamonds, natural and artificial». *Nature*, vol. 153 (1944), pp. 669-672.

⁸ El diamante puro sólo contiene átomos de carbono; sin embargo, se ha determinado que los diamantes color azul contienen átomos de boro como impurezas, mientras que los amarillos contienen átomos de nitrógeno. Cuando el diamante es de algún otro color (rojo, rosa, verde, café, etcétera), éste se debe a la combinación de muchos factores y no sólo a la presencia de impurezas.

⁹ La *lonsdaleita* o diamante tipo III es un mineral cristalino formado de carbono, con un arreglo estructural «intermedio» entre el grafito y el diamante. Esta especie es menos estable que el diamante y ha sido detectado principalmente en meteoritos.

Murió de cáncer, en Londres, a los 68 años, y diez años después (1981) el edificio de química del *University College* fue renombrado como *Kathleen Lonsdale Building*.

3. ROSALIND FRANKLIN: LA INTENSIDAD DE UNA VIDA BREVE

Es frecuente que algunas mujeres dedicadas a la ciencia no sean reconocidas debidamente por el trabajo de investigación que realizan debido a una cándida omisión o a una acción premeditada. Esta última posibilidad, sin duda, se aplica a Rosalind Franklin. En 1951 ella realizó uno de los trabajos más espectaculares en la ciencia: dilucidó mediante difracción de rayos X la estructura de la doble hélice del ácido desoxirribonucleico (ADN). Estos resultados fueron determinantes para que su colega Maurice Wilkins publicara, conjuntamente, con James D. Watson y Francis H. C. Crick la investigación sobre la estructura molecular de los ácidos nucleicos, por la cual recibieron el Premio Nobel en Fisiología y Medicina en 1962. Ella no recibió reconocimiento alguno por esta aportación debido a la omisión por parte de los galardonados; acción que pasó inadvertida en un principio, entre otras razones porque Franklin murió en 1958; tenía 37 años. Pero ¿quién fue esta mujer que realizó tan importante hallazgo?

Rosalind Elsie Franklin nació el 25 de julio de 1920 en Londres, Inglaterra. Estudió en el *Newnham College* en Cambridge y en 1945 terminó su tesis doctoral sobre de las propiedades fisicoquímicas del carbón, dirigida por Adrienne Weill. Al mismo tiempo en Francia, Marcel Mathieu, discípulo de William H. Bragg en la *Royal Institution*, investigaba la forma de cristalización del grafito debido a las variaciones de presión y temperatura. En febrero de 1947, Rosalind Franklin llega a París invitada por Mathieu y al lado de Jacques Mering aprendió la técnica de difracción de rayos X.

Durante su estancia en Francia, publicó cinco artículos acerca de la cristalización del grafito, los cuales son los más citados, en el tema, hasta hoy. En 1951 regresó a Londres al *King's College* y desarrolló la investigación sobre el ADN con John Randall. La técnica de difracción de rayos X aprendida en Francia le fue de gran utilidad, puesto que los patrones de difracción del grafito y del ADN tenían en común su baja nitidez. Para obtener estos patrones de los delgados prismas cristalinos del ADN, Franklin utilizó una cámara fotográfica de alta resolución. Su trabajo fue excelente y John D. Bernal comentó que las fotografías eran las más hermosas tomadas hasta ese momento para cualquier sustancia. En abril de 1953, aparecieron en la revista *Nature* tres artículos acerca del ADN. El más famoso, firmado por Watson y Crick, propone el modelo de la doble hélice; sin embargo, no hay referencia alguna a Rosalind Franklin pese a que la evidencia experimental provenía de su trabajo¹⁰.

¹⁰ L. OSMAN ELKIN, «Rosalind Franklin and the double helix». <http://www.physicstoday.org/vol-56/iss-3/p42.html>.

Debido a la relación poco amistosa con Wilkins, en 1953 aceptó la invitación de John D. Bernal y se trasladó al *Birkbeck College* en Londres, e inició un proyecto acerca de la estructura molecular del virus del tabaco. Años más tarde, Aaron Klug, uno de sus colegas y colaboradores, recibió el Premio Nobel en Química por la investigación realizada en este tema y su contribución a la cristalografía. En el verano de 1956, ella supo que tenía cáncer y emprendió un último y peligroso proyecto: el análisis estructural del virus de la polio. Durante los trece años de su intensa vida académica, de 1945 a 1958, año de su muerte, publicó 45 artículos¹¹.

4. DOROTHY HODGKIN: EL PREMIO NOBEL

Dorothy Crowfoot nació el 12 de mayo de 1910 en El Cairo, Egipto. Su padre, John Winter Crowfoot, era arqueólogo de profesión y también funcionario del Ministerio de Educación en Jartum, Sudán. Tanto Dorothy como su madre le acompañaron a diversas excavaciones, entre ellas a las ruinas bizantinas en Jarash, Jordania¹².

A principios de los años 30 presentó su tesis doctoral sobre el estudio de compuestos alquilados de haluros de talio, que desarrolló en el *Somerville College* en Oxford. En 1932, se trasladó a Cambridge, en donde inició la investigación cristalográfica de moléculas de interés biológico con John D. Bernal. Las muestras cristalinicas que analizó, de manera preliminar, fueron la vitamina B₁, la vitamina D, el colesterol y la pepsina. En el verano de 1934, el grupo de investigación de Bernal tomó la primera fotografía de una proteína: la pepsina. En esa ocasión tan importante para la cristalografía, Crowfoot estuvo ausente por razones de salud. Un año después obtuvo el patrón de difracción para un cristal de insulina, sustancia que fue su gran reto y pasión: determinar su estructura por completo le llevó 33 años. En 1935 regresó a Oxford y montó su laboratorio en colaboración con C.H. Carlisle y analizó la estructura del yoduro de colesterol por difracción de rayos X. En su laboratorio solía contratar a mujeres como ayudantes y tener estudiantes jóvenes de química, una de ellas fue Margaret Hilda Roberts¹³.

Durante la Segunda Guerra Mundial, los esfuerzos en la investigación científica fueron dirigidos a la ciencia aplicada. La penicilina fue un tema que se abordó

¹¹ M.M. JULIAN, «Rosalind Franklin: From coal to DNA to plant viruses». *Journal of Chemical Education*, vol. 60 (1983), pp. 660-662. A. KLUG, «Rosalind Franklin and the discovery of the structure of DNA». *Nature*, vol. 219 (1968), pp. 808-844.

¹² M.M. JULIAN, «Dorothy Crowfoot Hodgkin: Nobel laureate». *Journal of Chemical Education*, vol. 59, núm. 2 (1982), pp. 124-125. P. FARAGO, «Interview with Dorothy Hodgkin». *Journal of Chemical Education*, vol. 54, núm. 4 (1977), pp. 214-216.

¹³ Margaret Hilda Thatcher, quien fue la primera mujer en ocupar el cargo de primer ministro en Gran Bretaña (1979-1990).

desde diversos frentes. En 1949 concluyó el proyecto, iniciado siete años antes, sobre la determinación de la estructura de la penicilina a través de sus derivados y productos de degradación. En este proyecto se implementó el uso de tarjetas perforadas para los cálculos en tres dimensiones. La contribución de Crowfoot fue determinante para la síntesis de este antibiótico.

Durante un periodo de seis años reunió información acerca de los patrones de difracción de los cristales de la vitamina B₁₂ y sus análogos. La complejidad del procesamiento de los datos hizo necesario el uso simultáneo de tres computadoras: dos en Inglaterra (Manchester y Teddington) y otra en Estados Unidos (Los Angeles)¹⁴. En 1956 Hodgkin completó la estructura de esta vitamina, resultados que habrían de ser de gran beneficio en el campo de la medicina.

En 1964, supo que había sido distinguida como ganadora única del Premio Nobel en Química por «sus determinaciones de las estructuras de importantes sustancias bioquímicas mediante la técnica de rayos X». Esta noticia le llegó mientras permanecía en la capital de Ghana donde su esposo, el escritor Thomas L. Hodgkin, con quien tuvo tres hijos, tenía el cargo de profesor en la Universidad. Un año después, se convirtió en la segunda mujer en recibir la *Orden al Mérito* del gobierno británico. Su productividad no menguó una vez que ganó el Nobel; en 1969 determinó por completo la estructura de la insulina. Durante los años posteriores a 1970 ocupó varios cargos administrativos. Dorothy Hodgkin murió el 29 de julio de 1994 en Warwickshire, Inglaterra, a los 84 años de edad.

La trascendencia del trabajo de Dorothy Hodgkin consiste en que eligió temas de estudio sumamente complejos y de gran impacto social. Para lograr sus objetivos fue necesario diseñar e implementar estrategias de solución novedosas y revolucionarias para su época. Por ésta y otras razones, fomentó la colaboración interdisciplinaria.

5. CONCLUSIONES

Las mujeres han hecho contribuciones importantes y significativas al desarrollo científico, a pesar de los obstáculos y mecanismos de exclusión que han tenido que enfrentar. En las ciencias naturales, particularmente, la contribución femenina ha sido de gran relevancia. Las aportaciones de Kathleen Lonsdale, Rosalind Franklin, Dorothy Hodgkin, Isabella Lugoski Karle, Dorothy Wrinch, H. Judith Grenville-Wells, Caroline H. Macgillavry Shoemaker, Clara Brink, Mary Jackman Rosaleen y Sagrario Martínez Carrera, entre otras, muestran que las mujeres también intervienen en el proceso de construcción del conocimiento científico. Estos nombres son una clara evidencia de la tradición femenina en la cristalografía, y

¹⁴ En la Universidad de Manchester utilizaron una *Mark 1*, en el Laboratorio Nacional de Física (NPL) de Teddington una *Deuce* y en la Universidad de California una *SWAC*.



señalan que la presencia de mujeres en una determinada disciplina favorece la incorporación de más mujeres a ésta. El hacer de conocimiento público la vida de estas mujeres es útil como modelo para las jóvenes estudiantes y favorece la elección de disciplinas científicas consideradas popularmente como masculinas.

La recuperación de los nombres de científicas y de sus aportaciones es una tarea impostergable que involucra la interacción de hombres y mujeres de diversas disciplinas. La historia de la ciencia permanecerá incompleta si las contribuciones de las mujeres no son debidamente documentadas y reconocidas.

