

# UN SIGLO DE CRISTALOGRAFÍA MODERNA

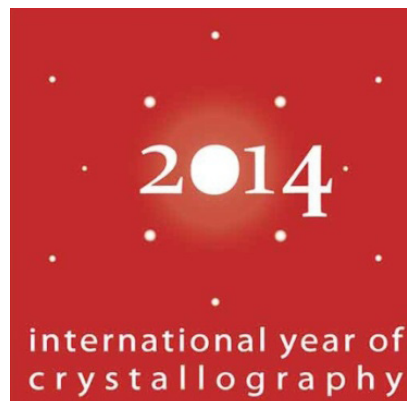
## A CENTURY OF MODERN CRYSTALLOGRAPHY

E. Estevez-Rams y A. Pentón-Madrigal  
Facultad de Física, Universidad de La Habana, Cuba

La UNESCO ha declarado el año 2014 como el Año Internacional de la Cristalografía, bajo las siglas UYCr. La nominación se hace para reconocer la importancia que esta disciplina ha tenido en el desarrollo científico y tecnológico de la humanidad. Estrechamente vinculada a la revolución de la física a principios del siglo XX, la cristalografía como disciplina tiene una historia mucho más vieja, que se expande ya por varios siglos y muchos personajes famosos dentro y fuera del mundo científico.

El 23 de abril de 1912 los alemanes Walter Friedrich y Paul Knipping realizaron el primer experimento de difracción de rayos X por un sólido (Un cristal de ZnS) bajo la conducción de Max von Laue, que ganó el Premio Nobel de 1914 por este experimento. El descubrimiento no sólo estableció el carácter electromagnético de los rayos X, sino demostró firmemente que los cristales son sólidos con un arreglo periódico de átomos. El 11 de noviembre de 1912, el británico William Henry Bragg presentó la ecuación que lleva su nombre a la *Cambridge Philophical Society*, que permite comprender los patrones de difracción de rayos X en cristales. Junto con su hijo, William Lawrence Bragg, recibieron el premio Nobel de Física en 1915 por sus hallazgos. En tan sólo medio año, la cristalografía moderna había sido creada. Curiosamente, el primer premio Nobel de Física, otorgado en 1901, había correspondido al alemán Wilhelm Conrad Röntgen por el descubrimiento en 1896 de los Rayos-X: con este premio se abrió una tradición de laureados nobeles por descubrimientos esenciales en la historia de la cristalografía. La página web de la Unión Internacional de Cristalografía (IUCr por sus siglas en inglés: [www.iucr.org](http://www.iucr.org)) recoge veintinueve de tales premios repartidos entre Física, Química y Medicina.

La idea de la difracción se le presentó a Laue cuando examinaba a un estudiante de doctorado de nombre Paul Peter Ewald, que versaba sobre un modelo matemático para la difracción óptica en redes tridimensionales. Según las propias memorias de Ewald, Laue le preguntó si su aparato matemático podía aplicarse en el supuesto caso de que un sólido fuera un arreglo periódico tridimensional de átomos. Tras la respuesta afirmativa —narra Ewald— Laue estuvo con la mente ausente durante el resto del examen. Lo cierto es que Laue, que trabajaba bajo la supervisión de Sommerfeld, presentó sus ideas a este profesor en el famoso café de *Hofgarten* en Munich, donde en varias sesiones maduraron hasta diseñar el histórico experimento. Ciertamente, resulta difícil asegurar que las discusiones “de café con leche” no son productivas.



Que tantos premios nobeles estén repartidos entre las tres disciplinas de la naturaleza cubiertas por este galardón no es en absoluto una sorpresa por estos días: la cristalografía moderna ha sido un área del conocimiento en la frontera de varias disciplinas que ha influido esferas en apariencia tan disímiles como la geología, la biología molecular y las telecomunicaciones. Pero no siempre fue así. El gran Johann Wolfgang von Goethe, de quien pudiera argumentarse que fue el autor de la primera novela con un científico como protagonista, fue un entusiasta estudioso de los cristales, que escribió: “La cristalografía, considerada como ciencia, levanta puntos de vistas muy peculiares. No es productiva, solo existe para sí misma y no tiene consecuencias (...) Como no es útil en ningún lado, se ha desarrollado en su mayor parte dentro de sí misma.” [1]. Mucho ha llovido desde entonces. Hoy es hartamente conocido el protagonismo de la cristalografía en la elucidación de la naturaleza de múltiples estructuras claves en el avance de la humanidad: desde la sal común o el hierro, hasta la insulina, la hemoglobina, el ADN, los superconductores, los semiconductores y, más recientemente, los grafenos y las estructuras aperiódicas. Gracias a la cristalografía sabemos por qué el diamante es la estructura más dura de la naturaleza y el grafito es tan frágil —a pesar de que ambos en el fondo se componen sólo de átomos de carbono. Gracias a la cristalografía hemos logrado describir la estructura de las proteínas, el acoplamiento de fármacos con sus receptores, los mecanismos de transporte a nivel celular y las funciones de la membrana celular. No habría ciencia de materiales como la conocemos hoy si no descansara sobre la cristalografía. El teorema de Bloch, piedra angular de la Física del Estado Sólido, es un corolario de un teorema de teoría de grupos aplicado a los cristales.

Como otras áreas de las ciencias naturales, la cristalografía, a la que se le acusaba de haber agotado su campo a mediados del siglo pasado y que su avance sólo ocurriría en términos de instrumentación y métodos, tuvo una nueva revolución “copernicana” cuando en 1984, el israelita Dan Shechtman

(Premio Nobel 2011) descubrió que en la naturaleza existían sólidos con orden de largo alcance, que sin embargo, no era periódico. El descubrimiento no sólo conmovió los cimientos de la disciplina, sino que sus ecos telúricos han alcanzado a la Ciencia de Materiales, la Física del estado Sólido (¿necesitamos un nuevo teorema de Bloch?), las matemáticas y la teoría de Fourier (al “descubrir” que no sabemos las condiciones necesarias y suficientes para una transformada de Fourier discreta). La sacudida ha provocado una revisión profunda de qué sabemos y qué no sabemos en términos de orden atómico, y se ha abierto la puerta hacia un universo fértil de nuevos emprendimientos indagadores. El advenimiento de la nanotecnología y estructuras novedosas como los fulerenos, los nanotubos y las nanocebollas, entre otras, solo ha hecho ampliar ese campo hasta límites no divisables en la actualidad.

En Cuba la cristalografía ya se impartía como disciplina a inicios del pasado siglo en la Universidad de La Habana. El Dr. Santiago de la Huerta y Ponce de León (1870–1941), profesor titular de Mineralogía y Geología de nuestra casi tricentenaria casa de altos estudios, en una comunicación en las Memorias de la Sociedad Poey (sesión del 28 de abril de 1921) titulada “*Sobre procedimientos de enseñanza de la cristalografía geométrica*” destacaba la importancia científica de la cristalografía, y su utilidad para los matemáticos, físicos, químicos y naturalistas. Mencionaba también los prejuicios respecto a la dificultad y aridez de las nociones fundamentales de esta ciencia que era, al mismo tiempo, según su criterio, de una sencillez y belleza extraordinarias.

El fomento de la cristalografía en nuestro país realmente comenzó a partir de la etapa revolucionaria. En el CENIC se nucleó un grupo de pioneros que a partir de la década de 1970 creció y se consolidó, siendo reconocidos a nivel latinoamericano e internacional, donde pueden mencionarse nombres como Ramón Pomés y Angel Dago, entre otros. De estos soplos crecieron otros vientos, y en la Universidad de La Habana y la Universidad de Oriente también se comenzó a trabajar en la disciplina: Francisco Cruz, Alberto Serra y José Ramón Quiñones fueron tres de los pioneros en la primera institución. Para mediados de los ochenta del pasado siglo, Cuba tenía probablemente una de las escuelas de cristalografía mejor establecidas de toda Latinoamérica.

Lamentablemente, la crisis de los noventa cambió ese panorama completamente. El deterioro creciente de una infraestructura necesariamente cara, unido al fallecimiento, la jubilación y la emigración de la mayoría de los cristalógrafos cubanos, han puesto al borde de la desaparición nuestra otrora vigorosa escuela cristalográfica. Cuba, uno de los primeros miembros de la Unión Internacional de Cristalografía (IUCr), ya no pertenece a la organización desde hace más de veinte años por insolvencia. Necesariamente la formación de recursos humanos en esta área se ha visto seriamente afectada por la falta de infraestructura y el éxodo de muchos jóvenes recién formados. El deterioro de la cristalografía cubana ha ocurrido en una coyuntura donde esta disciplina se ha vuelto central en

el desarrollo de áreas que el país ha señalado como prioritarias: la industria farmacéutica y biotecnológica, las energías tanto convencionales como renovables, el medio ambiente, la defensa, y los materiales de la construcción, entre otros. La dependencia de laboratorios externos para el análisis cristalográficos de todos los fármacos y proteínas sintetizados o aislados en los centros de investigación del país, es una importante limitante en nuestro desarrollo biofarmacéutico, que representa un real peligro de cara a las exigencias regulatorias, el espionaje industrial y la propiedad intelectual. Tal capacidad de análisis, que se tuvo en cierta medida hasta finales de los ochenta del siglo XX, hoy es en la práctica inexistente por la falta de infraestructura: crear escuelas de conocimiento tarda décadas; su desaparición puede ocurrir en muy corto tiempo.

En los últimos años, la cristalografía en Cuba se ha refugiado esencialmente en la Universidad de La Habana, dentro de las áreas de los materiales, la física del estado sólido y las biomoléculas. A pesar de las dificultades, se ha participado con trabajos científicos, incluyendo conferencias orales invitadas, en algunos de los principales eventos internacionales de la disciplina, incluyendo los Congresos Internacionales de la IUCr, donde un cubano es el único miembro latinoamericano de su Comisión de Cristalografía Matemática y Teórica. Recientemente Cuba estuvo presente en la fundación de la Asociación Latinoamericana de Cristalografía (LACA) ocurrida en Córdoba, Argentina, en noviembre del 2013. Quizás el desarrollo más importante ha sido la presencia continua de investigadores nacionales en facilidades de radiación sincrotrón alrededor del mundo [2]: Cuba es el tercer país con mayor presencia de proyectos en el Laboratorio Nacional de Luz Sincrotrón de Brasil (LNLS). La Universidad de La Habana ha organizado ocho escuelas internacionales de cristalografía con el auspicio de la IUCr.

Recuperar la cristalografía en el país se vuelve imprescindible en un escenario de recuperación y de apuesta al desarrollo basado en la ciencia. Seremos capaces de lograrlo si no le damos la espalda a lo que se ha hecho y somos capaces de incorporar como protagonistas a los pocos cristalógrafos que tenemos hoy en el país. Construir sobre lo que se tiene –especialmente cuando ha demostrado su capacidad de perdurar temporal y espacialmente a pesar de las dificultades– es la única manera de crear una obra perdurable, sostenida y sostenible. Cometer el error de recomenzar desde “tabla rasa” sólo haría retroceder aún más una escuela de conocimiento que forma ya parte de la historia científica de un país que apostó por los caminos de la ciencia en enero de 1959.

[1] J. W. Goethe, *Conversation of German refugees. Wilhelm Meister's Journeyman Years or The Renunciants* (Princeton University Press, New Jersey, 1943).

[2] A. Pentón-Madrigal, E. Estévez-Rams, E. Reguera, J. Rodríguez-Hernández, B. Concepción-Rosabal, Y. García-Basabe, R. García-Fernández, A. Talavera, E. Moreno, *Rev. Cub. Fis.* **30**, 36 (2013).