

## REDES DE BRAVAIS

Un cristal es un tipo de sólido de estructura regular. Este patrón consiste en un arreglo periódico, denominado estructura cristalina. Una forma de representar esto es mediante una red. Cada nodo de esta red cristalina tiene exactamente el mismo número y arreglo de nodos vecinos. Esta propiedad es la que genera el orden macroscópico característico del cristal. Al mismo tiempo, hace posible dividir la red en unidades menores, bloques de construcción repetitivos que al agruparse en tres dimensiones reproduce la estructura completa del cristal. Esta unidad repetitiva se llama *celda unitaria*. La celda unitaria puede describirse por la longitud de sus lados y los ángulos entre los mismos.

Podrían imaginarse celdas unitarias de una enorme variedad de formas. Sin embargo, sólo algunos de estos arreglos son capaces, al apilarse, de rellenar el espacio tridimensional por completo. De hecho, existen sólo siete disposiciones de la celda unitaria capaces de lograr esto. A estas celdas unitarias características se las denomina *sistemas cristalinos*, y los cristales son clasificados en base a ellos.

Si ubicásemos un nodo en las esquinas de las celdas de estos siete sistemas cristalinos, obtendríamos siete redes diferentes. Sin embargo, existen otros arreglos de nodos en los mismos sistemas cristalinos que satisfacen el requisito de que cada nodo posea el mismo número y arreglo de nodos vecinos. Auguste Bravais demostró en 1848 que existen 14 posibles redes. Hoy se las conoce como *redes de Bravais*.

La noción de que los cristales poseen una estructura regular puede rastrearse al menos hasta el siglo XVII. Por ejemplo, Niels Stensen estableció la “Ley de constancia de los ángulos interfaciales” en 1669. Sin embargo, la primera teoría sólida sobre la estructura de los cristales fue planteada por René Just Haüy en 1784, quien describió a los cristales en términos de bloques de construcción, una

estructura conformada por celdas repetitivas. La representación de la estructura cristalina como un arreglo en red de nodos fue introducida por Seeber en 1824 y desarrollada, principalmente, por Auguste Bravais.

Auguste Bravais nació en Annonay (Francia) en 1811. De formación predominantemente matemática, Bravais aplicó la misma a los más diversos saberes: astronomía, meteorología, magnetismo, hidrografía; en su mayoría, durante su misión en la Marina a las costas septentrionales de Noruega, entre 1838 y 1839. La lectura de los trabajos de Delafosse (1843) produjeron un giro de los intereses de Bravais hacia la estructura interna de los cristales. La consecuencia de ello fue la publicación en 1848 de “Memoria sobre los sistemas formados por puntos distribuidos regularmente sobre un plano o en el espacio”, en el cual abstraía la estructura del cristal como un sistema de red de nodos.

Los puntos o nodos (*points*) representaban los centros de gravedad de las moléculas del cristal. El sistema se iniciaba con la unión de dos nodos primordiales. Sobre la línea formada por estos puntos, se agregaban un número infinito de nodos, todos a la misma distancia, a la que denominaba parámetro (*paramètre*), dando lugar a una fila (*rangée*). A esta fila, se agregaban otras tantas, todas paralelas y a la misma distancia. Cuando los nodos correspondientes de cada fila se unían, se obtenía lo que Bravais denominaba una red (*réseau*). El apilamiento paralelo y equidistante de estas redes generaba, a su vez, un ensamblaje (*assemblage*). La distancia entre las filas y las redes, así como el ángulo entre puntos correspondientes de redes contiguas, determinaba lo que Bravais llamó paralelepípedo generador, y que representa lo que hoy denominamos celda unitaria. Posteriormente, consideró los diferentes ejes de simetría de los distintos paralelepípedos generadores.

En el caso de dos dimensiones, partiendo de dos paralelogramos idénticos, uno estático y otro en movimiento, analizó

los casos en los que los mismos llegaban a coincidir exactamente, después de aplicar al segundo operaciones de rotación y/o traslación. De esta manera, Bravais llegó a la conclusión de que existían únicamente 4 redes simétricas, dependiendo de la forma del paralelogramo generador. Llevando a cabo la misma operación en tres dimensiones, Bravais encontró que existían 7 simetrías que conducían a una clasificación de los ensamblajes en función de las características del paralelepípedo generador. Esto constituye lo que hoy se conoce como los 7 sistemas cristalinos.

Bravais consideraba su teoría apriorística no como una mera especulación, sino como la verdadera fundación de la cristalografía. La hipótesis sobre la estructura regular de los cristales conformados por redes de nodos, desarrollada principalmente durante la primera mitad del siglo XIX, recién tuvo confirmación empírica y experimental, en primer lugar, con el descubrimiento de los rayos X en 1895 (Röntgen) y, en segundo lugar, con el hallazgo de su difracción al atravesar cristales de sulfato de cobre en 1912 (Laue). Esto último confirmó también la naturaleza ondulatoria de los rayos X.

**Agustín Ostachuk**

### **Bibliografía**

Kubbinga, H (2012). Crystallography from Haüy to Laue: controversies on the molecular and atomistic nature of solids. *Acta Crystallographica Section A: Foundations of Crystallography*. 68(1): 3-29.

Suryanarayana C, Grant Norton M (1998). *X-ray diffraction: a practical approach*. Nueva York: Springer Science & Business Media.