

INTRODUCCIÓN A LA CRISTALOGRAFÍA A TRAVÉS DE DIBUJOS PERIÓDICOS

Introducción to crystallography through periodic drawings

Joaquim M.^a Nogués (*)

RESUMEN

Se proponen una serie de ejercicios prácticos para introducir la Cristalografía de una manera sencilla y al mismo tiempo mucho más eficaz. La resolución de los mismos permite conocer las propiedades fundamentales del medio cristalino y dar una visión completa de lo que es el estudio del estado sólido.

ABSTRACT

We propose a set of practical exercises to introduce crystallography with a very easy and efficient system. The solving of these problems allows to know the most important properties of crystals and to obtain a very good and complete view of the solid state.

Palabras clave: *Cristalografía, estado sólido, ejercicios prácticos.*

Keywords: *Crystallography, solid state, practical exercises.*

INTRODUCCION

La Cristalografía desde un punto de vista histórico, se desarrolla como ciencia auxiliar de la Mineralogía para explicar la naturaleza y propiedades de los minerales. Una de las características más destacadas, aunque no es la más importante, es la de poseer una forma geométrica determinada, por ello es lógico que durante mucho tiempo el objetivo fundamental de la Cristalografía fuera el estudio de las formas de los cristales. A medida que se van descubriendo las distintas propiedades físicas, se intuye que la explicación de las mismas tiene su origen en la estructura interna de los minerales, y por tanto aparecen las primeras hipótesis acerca de cómo es la organización interna de los cristales.

A principios de siglo algunas de estas hipótesis se ven confirmadas experimentalmente cuando se utilizan los rayos X para el estudio de los cristales. A partir de este momento el campo de estudio de la Cristalografía se diversifica y pasa a ser una ciencia interdisciplinar con aplicación en ámbitos aparentemente tan dispares como la química, la metalurgia, la biología, etc. El hecho de que los minerales hayan sido los sujetos de estudio desde la antigüedad, se debe solamente a que son sustancias sólidas que se forman en el laboratorio natural que es la corteza terrestre, al cual el hombre tiene un fácil acceso. Debemos insistir en que la forma geométrica externa de los cristales, que es una de las características más conocida por el hombre, no es precisamente un carácter fundamental sino accesorio.

El error que se ha estado cometiendo durante muchos años en la enseñanza secundaria, es el de realizar el estudio de la Cristalografía únicamente en su aspecto morfológico, olvidando el aspecto fundamental que es el ser una sustancia ordenada. Resumiendo podemos decir que se ha tomado una parte por el todo.

OBJETIVOS

La Cristalografía actual estudia cualquier sustancia sólida de composición química orgánica o inorgánica, de origen natural o sintético y cuya estructura sea cristalina. Así pues los principales objetivos que debemos destacar con estas prácticas son:

- 1.- El carácter interdisciplinar de la Cristalografía.
- 2.- El ámbito de estudio de esta ciencia que es cualquier sustancia sólida, ya que la mayoría de los sólidos son cristalinos. No obstante como nuestro objeto de estudio es la geología en general, los materiales con los cuales vamos a trabajar serán los minerales y las rocas.
- 3.- Deducir las características esenciales del cristal y establecer el modelo ideal de referencia que es justamente el retículo cristalino. Este desarrollo es el estudio del cristal a nivel microscópico ya que deducimos su estructura interna.
- 4.- Dicho modelo explica el comportamiento del cristal tanto a nivel microscópico como macroscópico, así como sus propiedades. También nos permite deducir las características fundamentales del medio cristalino. Constituye pues una visión global y completa desde un punto de vista conceptual.
- 5.- Comparar el modelo de la teoría reticular con otros modelos existentes en otras ramas de la ciencia, como puede ser la teoría atómica en el ámbito de la física-química.
- 6.- Las alteraciones a este modelo de referencia nos permiten explicar los llamados defectos cristalinos, que influyen decisivamente en el carácter dinámico del cristal. Este es un aspecto importante ya que el comportamiento a nivel microscópico permite interpretar fenómenos que se producen a nivel macroscópico. Es evidente que en todas estas interpretaciones el factor tiempo es muy importante.

(*)Dpto. Cristalografía y Mineralogía. Facultat de Geologia. Universitat de Barcelona. 08028 Barcelona.



DESCRIPCION DE LAS ACTIVIDADES

Para conseguir los objetivos citados anteriormente, se proponen una serie de ejercicios prácticos muy sencillos que permiten estructurar el estudio del cristal desde el interior hacia el exterior, es decir partiendo del nivel microscópico para explicar la realidad macroscópica. El desarrollo de estas actividades es el siguiente:

1.- En la figura nº 1, vemos un dibujo repetitivo en el que pueden apreciarse relaciones de simetría. Se trata de un dibujo del pintor M.C. Escher. A partir de estos dibujos periódicos que representan una realidad repetitiva bidimensional, se establece el modelo abstracto de referencia que es el RETICULO CRISTALINO. Para ello el estudiante debe superponer sobre el dibujo un papel vegetal, en el que irá marcando puntos de referencia para establecer la distribución de puntos ordenados que representa el dibujo periódico. Las características que definen el retículo son:



Figura nº 1.- Conjunto bidimensional repetitivo. De un dibujo de M.C. Escher.

- * NUDO RETICULAR, que es el punto de referencia.
- * FILA RETICULAR, que es una sucesión infinita de puntos en una dirección determinada.
- * PLANO RETICULAR, que es el conjunto de puntos definido por la intersección de dos filas reticulares.
- * CELDA FUNDAMENTAL, que es el espacio mínimo definido en este conjunto y que sirve para caracterizarlo.

2.- Una vez establecido el modelo abstracto, el estudiante debe comprobar sobre el mismo las propiedades que lo definen y que son las siguientes:

- * PERIODICIDAD
- * HOMOGENEIDAD
- * ANISOTROPIA
- * SIMETRIA

Con ello queda demostrado que cualquier distribución ordenada de puntos en el espacio cumple con estas propiedades, que son las características del medio cristalino.

3.- A continuación el estudiante comprueba cómo la celda fundamental definida en el papel vegetal, divide al dibujo periódico en espacios iguales todos ellos encajando sin dejar huecos entre sí. También puede verificar cómo cada una de estas celdas recorta una parte del dibujo y que es igual para todas ellas. Esa parte del dibujo delimitada por la celda fundamental es lo que se denomina el contenido, y representa lo que hay realmente en el cristal (átomos y moléculas). De este modo hemos puesto de manifiesto la dualidad que siempre debemos tener en cuenta al estudiar el cristal, el modelo ideal de referencia que ha quedado plasmado en el papel vegetal, y el contenido real del cristal que en este caso viene representado por los elementos del dibujo. Todos estos aspectos que acabamos de comentar, los vemos reproducidos en la figura nº 2 en la que vemos el mismo conjunto bidimensional de la figura nº 1, en el que se han marcado los nudos reticulares y también la parte mínima repetitiva, o sea la celda fundamental.

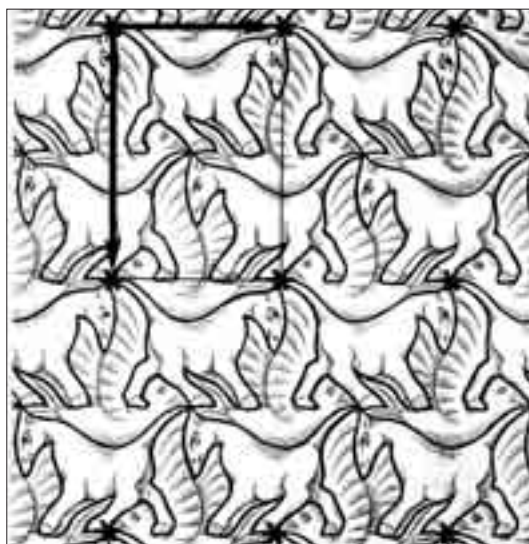


Figura nº 2.- El mismo conjunto bidimensional de la figura anterior, en el que se han marcado los nudos reticulares y la celda fundamental.

4.- En los apartados anteriores hemos definido todos los conceptos básicos en Cristalografía, y se ha realizado a partir de un ejercicio práctico a nivel bidimensional. Para comprender mejor la realidad del cristal, se recomienda la construcción de algún modelo sencillo de estructura cristalina, con la finalidad de introducir al estudiante en el espacio tridimensional. En la figura nº 3 vemos reproducida la estructura del cloruro sódico (Na Cl), que se puede construir fácilmente con bolas de distinto tamaño. Dichos modelos permiten comentar algunas de las características físicas y químicas del cristal, como por ejemplo:



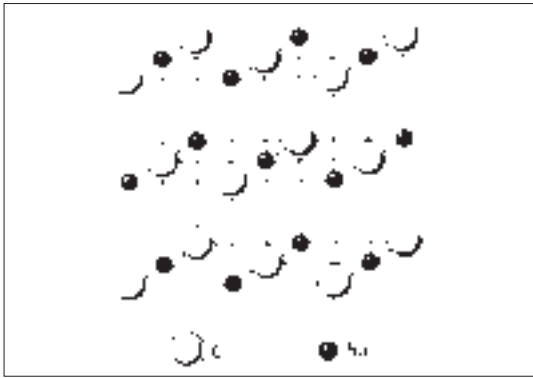


Figura nº 3.- Modelo de bolas que reproduce la estructura cristalina del NaCl.

- * Contenido de la celda fundamental.
- * Relación estequiométrica entre los componentes de dicha celda.
- * Relación entre el volumen de la celda y el espacio ocupado por las partículas integrantes del cristal.
- * Cálculo de la densidad de un compuesto.
- * Explicación de alguna propiedad física con la ayuda del modelo, por ejemplo la exfoliación.

5.- Finalmente y como una práctica complementaria se sugiere la preparación de una colección de materiales dividida en dos partes. En la primera se muestra un conjunto de ejemplares de una misma sustancia pero que presenta distinto grado de desarrollo. Se recomienda la calcita: espato de Islandia (calcita transparente), romboedro de calcita translúcido, una drusa de cristales de calcita, un trozo de mármol y un fragmento de caliza de grano fino. Esto indica al alumno la variabilidad que puede presentar una misma sustancia, en cuanto a formas cristalinas y grado de desarrollo de las mismas. Sirve para poner de manifiesto el carácter universal de la materia cristalina.

El la segunda parte se muestran un conjunto de cristales bien desarrollados y de la misma forma. Se recomienda el cuarzo: cristal de roca (cuarzo transparente), cuarzo lechoso, cuarzo amatista, cuarzo ahumado, cuarzo citrino y jacinto de Compostela. Todos ellos poseen la misma forma, no obstante el interior del cristal presenta variaciones de color y de grado de transparencia. Ello nos permite introducir la idea del cristal real con sus imperfecciones.

CONCLUSIONES

Como se desprende de la introducción y de las prácticas que se proponen, se trata de abrir las puertas al conocimiento del estado sólido, una parte del cual es el objetivo del geólogo (minerales y rocas). Se da una visión global y mucho más completa de lo que es el cristal y se justifican algunas de sus propiedades a partir del modelo de referencia. Este objetivo es por supuesto más completo que el simple estudio de las formas cristalinas. Ello no invalida el estudio de algunos ejemplos de formas de cristales para la mejor comprensión por parte del alumno, pero nunca como un objetivo en sí mismo.

Si tenemos en cuenta la reforma planteada en la E.S.O., creemos que justamente este cambio de orientación tiene todavía mayor sentido, ya que permite una interrelación con otras materias como es la química y la física dando una visión global y menos compartimentada. Dicho enfoque favorece un proyecto de ciencia integrada, con una visión amplia y una carga conceptual clara y bien delimitada en detrimento de conocimientos parciales.

BIBLIOGRAFÍA

- Borchardt-Ott, W.(1993): *Crystallography*. Springer-Verlag. Berlin.
- Coxeter, H.S.M. et al.(1986): *M.C.Escher Art and Science*. Elsevier Science Publishers. Amsterdam.
- Hammond, C.(1990): *Introduction to Crystallography*. Oxford University Press. Royal Microscopical Society.
- Hargittai, I and Hargittai, M.(1986): *Symmetry through the eyes of a chemist*. V.C.H. Verlagsgesellschaft. Germany.
- Holden, A. and Singer, P.(1960): *Crystals and crystal growing*. Anchor Books. New York.
- MacGillavry, C.H.(1965): *Symmetry aspects of M.C.Escher's periodic drawings*. University of Amsterdam. Published for International Union of Crystallography. Utrecht.
- Weyl, H.(1975): *La simetría*. Princeton University Press. Ediciones de Promoción Cultural S.A. Barcelona.
- Windle, A.(1977): *A first course in Crystallography*. Bell and Sons Ltd. Edinburgh. ■

