

¿Estás tú tan en forma como la cristalografía en su año internacional?

Claudia Lucía Millán Nebot

Resumen—El año que acaba, 2014, ha sido nombrado por la ONU como el Año Internacional de la Cristalografía. Numerosas actividades dirigidas a dar a conocer la disciplina y sus fundamentos se han llevado a cabo por todo el mundo. Un equipo de MoleQla y de la comisión de gestión ambiental de la Facultad de Ciencias Experimentales de la Universidad Pablo de Olavide participó en la 12ª Feria de la Ciencia y distribuyó un quiz sobre cristalografía con el doble objetivo de despertar la curiosidad de los asistentes y de ver cuanto sabían sobre el tema. En este artículo repasaremos las preguntas y los resultados del mismo.

Palabras Claves— Divulgación, Cristalografía, Quiz.

1. UN POCO DE HISTORIA

Durante el pasado mes de Mayo el equipo de MoleQla se desplazó al palacio de congresos y exposiciones de Sevilla, donde tuvo lugar la 12ª Feria de la Ciencia. Tres días de ciencia donde 22.779 visitantes pudieron disfrutar y aprender de la mano tanto de profesionales como de estudiantes. El Grupo de Investigación "Tecnología y Medioambiente", que colabora habitualmente con esta revista, elaboró junto con la autora de este artículo una pequeña gymkana cristalográfica con el doble objetivo de por un lado, ver qué conocimientos de cristalografía tenían los visitantes a la feria, y por otro, dar a conocer la disciplina en su año internacional. Partiendo de las preguntas vamos a esbozar unos cuantos conceptos sobre la cristalografía y a analizar las respuestas obtenidas gracias a los 74 cuestionarios que se completaron durante la Feria.

2. LAS PREGUNTAS

2.1. ¿Qué piensas que es un cristal?

- A. Un sólido transparente a través del cual podemos ver.
- B. Sólo son cristales los minerales que presentan hábito cristalino.
- C. Una estructura de átomos y moléculas ordenada en las tres dimensiones del espacio.

da en las tres dimensiones del espacio.

La gran mayoría de los participantes (77%) han opinado que la definición que mejor describe un cristal era una estructura de átomos y moléculas ordenada en las tres dimensiones del espacio. Si lo analizamos desde el punto de vista de descartar las demás, era desde luego la única opción posible, ya que tenemos ejemplos de cristales que no son transparentes (como la pirita), así como de naturaleza distinta a la mineral (por ejemplo, el hielo). Esta ha sido ciertamente la definición de cristal durante muchos años, pero con el advenimiento de los recientes descubrimientos en cuasicristales y estructuras inconmensurables, la IUCr (Unión Internacional de Cristalografía) ha tenido que cambiar la definición oficial, que ha pasado a ser la siguiente: Un material es un cristal si tiene un patrón de difracción definido (como el que vemos en la Fig 1).

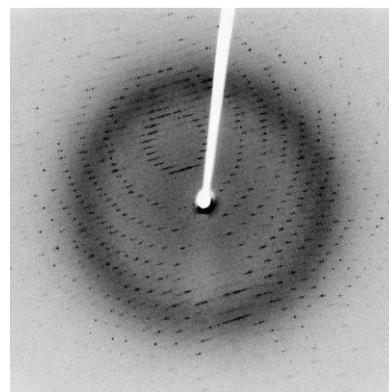


Fig. 1. Patrón de difracción formado por la interferencia constructiva de los rayos X al pasar a través del cristal

C. A las condiciones en las que ha crecido.

2.2. ¿Sabes cual es la diferencia entre un vidrio y un cristal?

- A. Ambos son materiales cristalinos, pero el vidrio es de peor calidad.
- B. Son materiales transparentes que se pueden fundir y preparar en laminados para ventanas, botellas, lámparas, etc.
- C. El cristal presenta sus átomos ordenados en las tres dimensiones del espacio, mientras que el vidrio no tiene una ordenación interna.

Con respecto a la diferencia entre el vidrio y el cristal, un 78% ha dado en el clavo y señalado que radica en el orden interno de sus átomos. En artículos pasados de esta sección ya hemos comentado que aunque en español solemos utilizar el término cristal también para el vidrio que está en nuestras ventanas y en el menaje de nuestra cocina, esto es en realidad un error que tiene su origen en que realmente usábamos cristal en la época del imperio romano, el espejuelo o lapis specularis. En muchos otros idiomas se emplea usualmente la palabra que lo define más claramente. Por ejemplo, el glass inglés o el glas alemán.

El caso de la pregunta sobre el hábito cristalino de los minerales ha sido uno de los cuales ha resultado menos obvio para el público que asistió a la feria. Un 50% ha respondido que se debe a la estructura atómica, seguido de un 31% que piensa que las condiciones en que ha crecido son las que le confieren su forma. Lo cierto es que aunque la estructura cristalina influye en el hábito, las condiciones ambientales y de crecimiento del mineral pueden hacer que su hábito sea diferente. Esto hace que un mismo mineral con una misma estructura cristalina pueda presentar formas diferentes. Por ejemplo, la pirita, que aunque habitualmente se encuentra en su hábito cúbico (que es el que además está directamente relacionado con su estructura cristalina), pero según sus condiciones de crecimiento también puede aparecer como una estalactita, en agregados, o con forma dodecaédrica. Un ejemplo muy intuitivo de esto, pero aplicado a otro tipo de cristal, el hielo, son los copos de nieve. Los copos de nieve son de hecho formaciones cristalinas de hielo, pero presentan una diversidad increíble, y eso es así porque crecen en diversas condiciones.

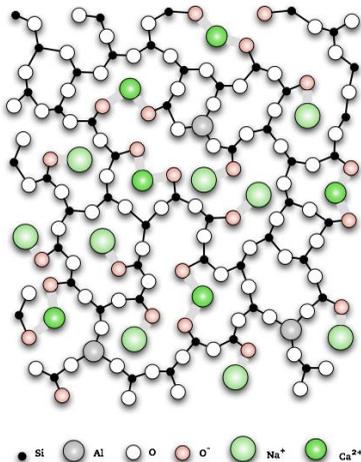


Fig. 2. Componentes de un tipo de vidrio muy clásico en el Medioevo conocido como Forest glass. Se aprecia que no hay una ordenación tridimensional de las moléculas.

2.3. ¿A qué crees que se debe el hábito cristalino de un mineral?

- A. A su estructura atómica.
- B. Al tipo de mineral.



Fig. 3. Pirita cúbica y pirita dodecaédrica, dos hábitos de un mismo mineral, cuya estructura cristalina es cúbica.

dureza con precisión o para aplicar grandes presiones a otros elementos.

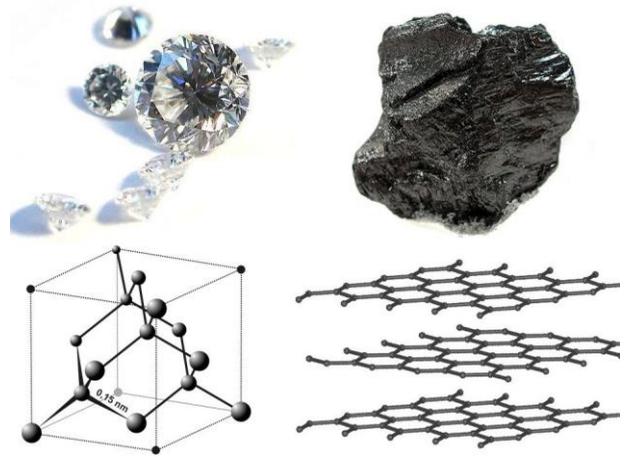


Fig. 4. Estructuras cristalinas del grafito y del diamante

Esto abre la puerta a pensar que si podemos modificar esa estructura, de uno de ellos podemos obtener el otro. Parece claro que habría más gente interesada en convertir el carbono en diamante, pero el problema es que para ello se tiene que aplicar una presión aproximada a ¡150.000 veces la atmosférica! Vamos que el proceso aún es más costoso que extraer los propios diamantes. No obstante, el diamante, aparte de para su uso en joyería, siendo un material muy resistente y de la más alta dureza, tiene muchos usos tecnológicos e industriales, para los que sería extremadamente útil obtener materiales de propiedades similares. Un equipo de la universidad de Stanford ha conseguido indicios de que modificando el grafito con hidrógeno se podrían sintetizar láminas ultrafinas de una estructura igual a la del diamante pero sin aplicar presión.

2.4. ¿Sabes cual es la diferencia entre el grafito y el diamante?

- A. Los dos son carbono y se pueden hacer brillantes o puntas de lápices según como se trabajen.
- B. Los dos son carbono, pero su estructura cristalina es diferente.
- C. Los dos son carbono, pero químicamente son diferentes.

Parece que en cuanto a que es lo que hace distinto al grafito del diamante también ha habido acuerdo mayoritario: un 78% ha afirmado, correctamente, que ambos están compuestos del mismo elemento químico, el carbono, pero cada uno presenta una estructura atómica distinta. Mientras que la del grafito, hexagonal, está dispuesta en capas de átomos, la del diamante es cúbica. Por ejemplo, esto hace que podamos usar el grafito para las minas de los lápices (se exfolia muy fácilmente y es untuoso), mientras que los diamantes pueden usarse para cortar materiales de gran

2.5. ¿Podrías cubrir un suelo con baldosas pentagonales?

- A. Sí
- B. No

La pregunta sobre las baldosas también ha causado un poco de confusión. Un 45% ha contestado que sí es posible cubrir un suelo con baldosas pentagonales, mientras que un 55% ha contestado que no es posible, que es la respuesta correcta. Os hacíamos esta pregunta porque en un cristal no es posible la simetría pentagonal, y es precisamente porque no podemos llenar el espacio de un rectángulo (el suelo de nuestra

habitación) con baldosas pentagonales. Pensad que que lo mismo que ocurre a escala macroscópica ocurre en la escala de los átomos en el cristal. Necesitamos una simetría que llene bien el espacio, que permita un empaquetamiento muy muy compacto, y esto es imposible con ciertos tipos de simetría. La simetría octaédrica es otro ejemplo de ello, como podéis ver en la figura 5.

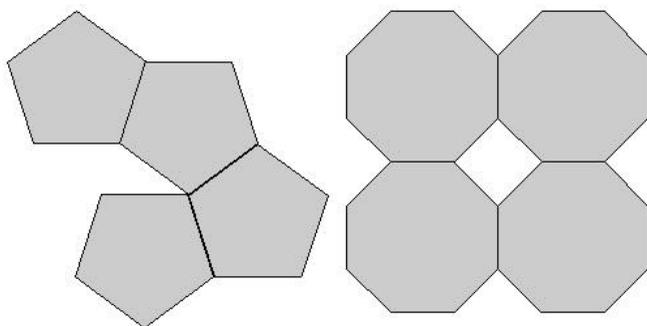


Fig. 5. El empaquetamiento bidimensional de estos polígonos no nos permite llenar completamente el espacio.

2.6. ¿Existen los cristales líquidos?

- A. Sí
- B. No

Con respecto a los cristales líquidos, y pese al uso extensivo que hacemos de ello, parece que solo un poco más del 50% de los participantes cree que existen. Pues bien, un cristal líquido es un material que presenta al menos una fase intermedia entre la líquida isótropa y la sólida cristalina, en función de la temperatura y/o de la concentración en un determinado disolvente. Tanto técnica como prácticamente son una fase intermedia entre los cristales y los líquidos, que presentan una propiedad muy interesante, y es que a pesar de no estar totalmente ordenadas, sus moléculas pueden orientarse en la misma dirección. Esto hace que se empleen en muchas aplicaciones, especialmente en algunas relacionadas con óptica, y están presentes en muchas de las pantallas de nuestros dispositivos, conocidas como LCD (liquid crystal display).

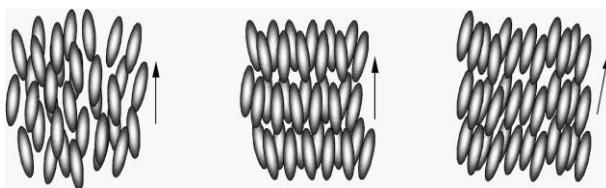


Fig. 6. En un cristal líquido, las moléculas se pueden orientar en diferentes direcciones.

2.7. Elige de la siguiente lista aquellos materiales que pienses que tienen estructura cristalina.

- A. El “cristal” de las ventanas de casa.
- B. Un cañón de bronce fundido.
- C. Una bebida rica en proteínas.
- D. La cal de las paredes de los pueblos blancos.

La pregunta número 7 la diseñamos pensando en ver si los participantes podían reconocer otros materiales cristalinos más allá de los minerales, y para mostrar que los cristales están presentes en muchos ámbitos diferentes. Para empezar, donde no están es en nuestras ventanas, pese a que un 26% de los participantes así lo haya afirmado. Como ya hemos comentado al hablar de la pregunta número 2, el vidrio, que es lo que usamos en nuestras construcciones, no tiene una estructura definida, mientras que un cristal sí la tiene. Pero el resto de materiales que os hemos puesto en la pregunta sí pueden presentar una estructura cristalina. Vayamos uno por uno.

El bronce es una aleación metálica, lo cual ya nos da una pista de que podría ser cristalino, ya que los metales tienen una estructura muy ordenada. Concretamente, el bronce fue la primera aleación metálica que el ser humano fabricó voluntariamente. Se forma mezclando el fundido del mineral de cobre y el de estaño, y al solidificarse forma lo que llamamos una disolución sólida. Esta disolución se forma gracias a que la estructura cristalina de ambos materiales por separado es la misma que cuando se juntan. Este tipo de estructura es muy compacta y mantiene las propiedades típicas de los metales.

Con respecto a las proteínas, aunque pueda parecer poco intuitivo, puesto que las relacionamos con su ambiente natural, que no es ni más ni menos que la célula, éstas pueden formar cristales si las concentramos mucho en una disolución. Eso sí, el tipo de cristales que forman tienen un contenido de disolvente mucho más elevado que el de por ejemplo un mineral.

Experimentalmente, tener un cristal de proteína nos permite estudiar la estructura que ésta tiene, y esto nos ayuda a desentrañar la función que desempeña en su medio nativo. Por ejemplo, podemos obtener la estructura de una enzima que se une a su sustrato o a un análogo que bloquea la reacción, y así podemos estudiar su sitio activo y su mecanismo de reacción.

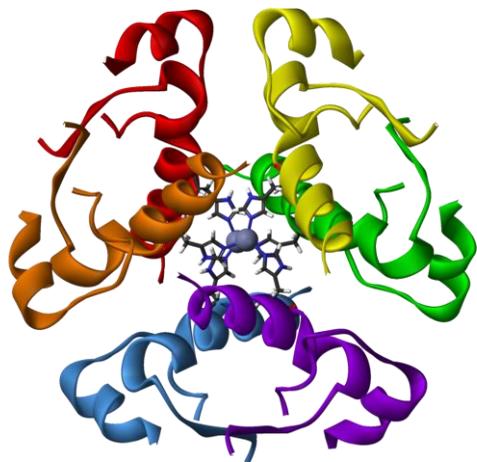


Fig. 7. Estructura tridimensional de la insulina

El último de los casos es aquel en el que más gente ha coincidido en señalar que tenía estructura cristalina. Y efectivamente, la cal viva que empleamos, entre otras muchas cosas, para tratar las paredes de nuestros “pueblos blancos”, es un óxido de calcio que tiene una estructura cristalina cúbica. Cuando aplicamos la cal viva en las paredes, obtenemos una reacción de carbonatación, por la que se forma carbonato cálcico, que también tiene estructura cristalina.

2.8. ¿Sabrías decir porqué se conoce a Rosalind Franklin?

- A. Fue una de las primeras mujeres aviadoras.
- B. Fue una química que contribuyó al descubrimiento de la estructura de la insulina.
- C. Fue una matemática que contribuyó a sentar la matemática de la cristalografía.
- D. Fue una química que contribuyó al descubrimiento de la estructura del ADN.

En esta pregunta ha habido dos respuestas claramente mayoritarias, la C (38%) y la D (41%). Rosalind Elsie Franklin fue una química que trabajó junto con Watson y Crick en el King’s College en Londres. Ella consiguió perfeccionar los experimentos de difracción con cristales de ADN, y obtener una serie de imágenes muy buenas, como la famosa fotografía número 51. Estas fotografías ayudaron a Watson y Crick a proponer su modelo de estructura del ADN, que años más tarde les proporcionaría un premio Nobel. La falta de reconocimiento explícito al trabajo de Franklin en la publicación en Nature así como en las memorias de Watson ha hecho que este se haya convertido en uno de los casos que mejor ejemplifican el esfuerzo que se ha tenido que hacer y que se continúa haciendo para igualar el papel de hombres y mujeres en la carrera científica.

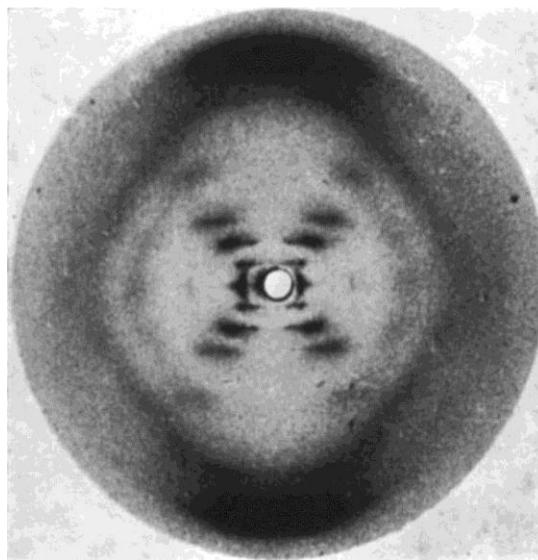


Fig. 8. Fotografía Número 51

AGRADECIMIENTOS

La autora desea agradecer el trabajo al equipo de MoleQla, a los alumnos de la comisión de gestión ambiental y al profesor Jose María Martín, por encargarse de entregar los cuestionarios y de animar a los participantes. También desea agradecer especialmente a la profesora Maria del Pilar Ortiz Calderón por la idea y por la ejecución del quiz. Y por supuesto, a todos los participantes 😊

REFERENCIAS

- [1] Imágenes extraídas de Wikimedia Commons Web (<http://commons.wikimedia.org>)
- [2] Blog Mujeres Con Ciencia (<http://mujeresconciencia.com>)
- [3] Blog de Química Dimetilsulfuro, (<http://dimetilsulfuro.es>)
- [4] S. Rajasekaran et al. "Interlayer Carbon Bond Formation Induced by Hydrogen Adsorption in Few-Layer Supported Graphene". Phys. Rev. Lett. 111, 085503



Claudia Millán recibió el título de Licenciada en Biotecnología por la Universidad Pablo de Olavide en 2011, y de Máster en Cristalografía y Cristalización en 2012 por la Universidad Internacional Menéndez Pelayo. Desde 2004 hasta 2007 fue Personal Docente e Investigador de la Universidad de Sevilla. Desde entonces trabaja como investigadora en el grupo de la Doctora Isabel Usón, en el Instituto de Biología Molecular de Barcelona,

perteneciente al CSIC. Su principal interés investigador es el desarrollo de métodos de resolución de estructuras macromoleculares en un entorno de supercomputación. La divulgación científica es otro de sus intereses, y por ello es a su vez la editora de la sección MoleQla Cristalina.