

# Introducción didáctica a los conceptos de cristal y de génesis mineral

Por José LILLO BEVIA y Luisa Fernanda REDONET ALVAREZ

**José Lillo Beviá**

Catedrático de Ciencias Naturales del Instituto Nacional de Bachillerato «Sorollas», de Valencia, y Doctor en Ciencias Geológicas por la Universidad Complutense de Madrid. Hasta 1976 ha desempeñado el cargo de Jefe de la División de Formación del Profesorado del I.C.E.

de la Universidad Literaria de Valencia. Es autor de libros y artículos.

**Luisa Fernanda Redonet Alvarez**

Profesora Agregada de Ciencias Naturales del Instituto Nacional de Bachillerato «Sorollas», de Valencia.

## RESUMEN

El presente trabajo tiene por objeto introducir mediante sencillas experiencias el concepto de cristal (1), así como el hacer pensar acerca de la utilización de modelos de laboratorio para explicar la génesis mineral y la estructura interna de los edificios cristalinos. Después de una breve introducción teóri-

ca (2) se fijan los objetivos de conocimiento a conseguir, se proponen las actividades prácticas para conseguirlos y sigue un comentario que, en ocasiones, intercala observaciones que pueden enriquecer las interpretaciones de las experiencias y sus resultados.

## I. BREVE INTRODUCCION TEORICA

### A) La estructura del estado sólido.

La materia mineral sólida está constituida por unidades (átomos, iones o moléculas) que se pueden agrupar en su interior de dos maneras distintas:

**1.º Sin ningún orden interior concreto:** *materia o estado amorfo*. Así ocurre en los vidrios y geles. Por ejemplo, la limonita y el ópalo (gel de sílice). Hay muy pocas sustancias amorfas.

**2.º Con un orden interno perfecto, ocupando los nudos de una red paralelepédica:** *materia cristalina*. Casi todos los minerales tienen una estructura interior perfecta y son, por tanto, materia cristalina. Cuando ese orden interno se traduce al exterior como una forma

geométrica perfecta se origina un cristal de dicha sustancia mineral. El cristal es, por lo tanto, una forma ocasional del estado cristalino.

### B) El estado cristalino.

Hablar de la formación de cristales es hablar de la formación de la materia cristalina, ya que

(1) Las experiencias básicas de cristalización se encuentran descritas, aunque sin figuras, en J. ROYO & O. CENDRERO. *Prácticas de mineralogía y geología*. Santander, 1928.

(2) En este modesto trabajo de discusión didáctica se dan por sentados los principios teóricos acerca de la naturaleza del estado sólido y de las propiedades de los minerales, los cuales pueden estudiarse en J. L. AMORÓS. *Introducción al estado sólido*. Madrid, 1962. DANA-HURBULT. *Manual de mineralogía*. Edit. Reverté, 1960. ROSSO DE LUNA. *1.º Cristalografía. Fundamentos geométricos de morfología y estructura cristalina*, 2.ª ed. Esc. Esp. ING. Minas Madrid, 1955.

solamente cuando los átomos, iones o moléculas encuentran ESPACIO, TIEMPO y REPOSO se estructuran en una forma geométrica perfecta. Como estas tres condiciones de espacio, tiempo y reposo se deben dar juntas, el encontrar cristales de una especie mineral es un caso excepcional más que una regla común.

**1. Los cristales se forman en la naturaleza por:**

**a) Solidificación de materiales fundidos.** En las rocas magmáticas los átomos, iones o moléculas, dispersos en el estado fundido, se ordenan al solidificarse por enfriamiento, lo cual frena el grado de libertad de las partículas materiales.

**b) Por sublimación** (paso directo de gas a sólido). Los gases de los volcanes o los gases que circulan por filones y grietas cristalizan en esta forma al enfriarse el gas en contacto con las paredes, disminuyendo así el grado de agitación de las partículas materiales.

**c) Por sobresaturación de disoluciones y evaporación del disolvente,** como ocurre con los yacimientos de sales. Este procedimiento es frecuente en las rocas sedimentarias.

**d) Por formación de un precipitado cristalino a partir de ciertas reacciones químicas.** Así ocurre entre disoluciones distintas de minerales que entran en contacto, normalmente en los filones y en las rocas magmáticas (segregaciones) y metamórficas.

**C) Los tipos genéticos de rocas y la génesis mineral.**

Para el nivel de primero de B. U. P. es suficiente una clasificación de las rocas basada en el criterio genético. Ciertamente los minerales, como integrantes de las rocas, lo son de las rocas magmáticas (plutónicas, efusivas y filonanas), sedimentarias y metamórficas, por lo que los modelos de génesis se deben referir a estos tipos de rocas. En tercero de B. U. P. deben estudiarse según la composición química y en base al estudio de sus redes cristalinas.

**D) Las propiedades de los minerales en relación con su estructura.**

Para este nivel encuentro de suma dificultad explicar la isotropía y anisotropía de la materia mineral, sobre todo las propiedades periódicas basadas en el comportamiento de la luz.

Sin embargo, en base a la estructura reticular se pueden comprender bien los conceptos de *exfoliación*, *dureza* y *raya*, con la construcción de algunas redes minerales. Asimismo se puede comprender cómo dos compuestos químicos idénticos en composición tienen propiedades distintas, debido a la forma de estructurarse internamente sus partículas materiales.

**II. FIJACION DE OBJETIVOS Y ACTIVIDADES PROPUESTAS**

**OBJETIVOS DEL GRUPO A: Sobre la estructura del estado sólido**

**Objetivo A1: Diferenciar entre materia amorfa, materia cristalina y cristal.**

**Actividad A1:** Observación a la lupa binocular y de visu de ejemplares amorfos de limonita y ópalo, de piritita y oligisto microcristalinos (materia cristalina) y de cristales cúbicos y piritoedros de piritita.

(Pueden emplearse evidentemente otros ejemplares de minerales en estado cristalino o cristalizados.)

**OBJETIVOS DEL GRUPO B: Sobre los cristales y su formación**

**Objetivo B1: Los cristales se forman a partir de un centro o núcleo de cristalización.**

**Comentario**

El edificio cristalino crece a partir de ese núcleo por adición de iones, átomos o moléculas, que están en la fase disuelta o dispersa según los casos. Para ello es necesario que las partículas tengan un cierto grado de libertad, es decir, debemos partir de disoluciones en estado líquido o fundido, o del estado gaseoso.

**Actividad B1:** Preparar una disolución concentrada de sal común y observar una gota al microscopio durante unos minutos, de forma que incida un foco de calor (luz de un flexo) sobre el portaobjetos, para provocar la evaporación del agua.

Se verán crecer los cristales cúbicos con caras en tolva, propios de la sal común (figura 1).

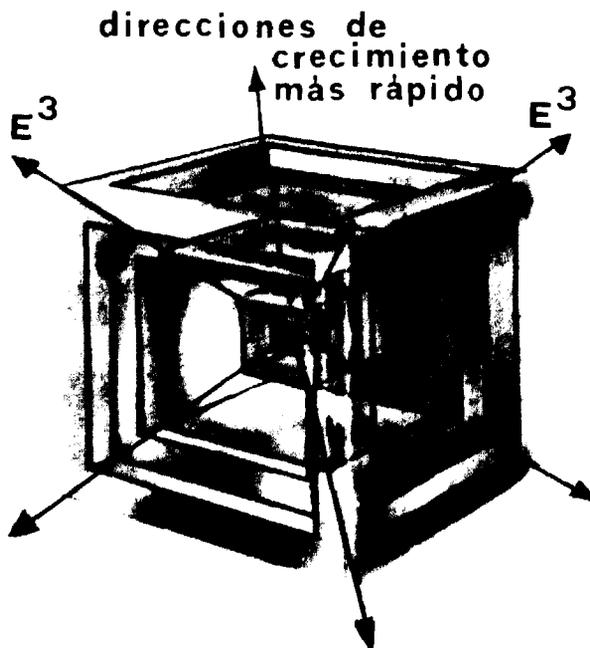


FIG. 1.— CARAS EN TOLVA DE CRISTALES CUBICOS DE SAL COMUN.

**Objetivo B2:** Los cristales crecen en direcciones preferenciales.

**Actividad B2:** Explicar sobre el dibujo de la figura 1 cómo el crecimiento de un cristal tiene unas direcciones preferenciales que, en este caso, hacen que las caras queden escalonadas en su centro, creciendo más rápidamente el cristal hacia los vértices del cubo.

(Los iones se incorporan en mayor cantidad y con mayor velocidad según los ejes ternarios del cubo.)

**Objetivo B3:** Algunos cristales se pueden formar por enfriamiento de un material en fusión.

**Actividad B3:** Fundir azufre en un crisol (figura 2A) y dejarlo enfriar. Antes de que se enfríe totalmente hacer un agujero en el centro de la masa que se está enfriando con ayuda de una lima u objeto contundente. En el hueco cristalizarán agujas de cristales de azufre. También puedes obtenerlos fundiendo el azufre en polvo en una latita de conservas que sea baja (figura 2C), bien provocando un agujero con un objeto contundente como en la figura 2B, con lo que obtendrás una *geoda* de agujas monoclinicas de azufre, o bien introduciendo un clavo de cabeza gruesa cuando está casi frío el azufre y entonces levantar lentamente para provocar un crecimiento en *drusa* de cristales de azufre (figura 2C).

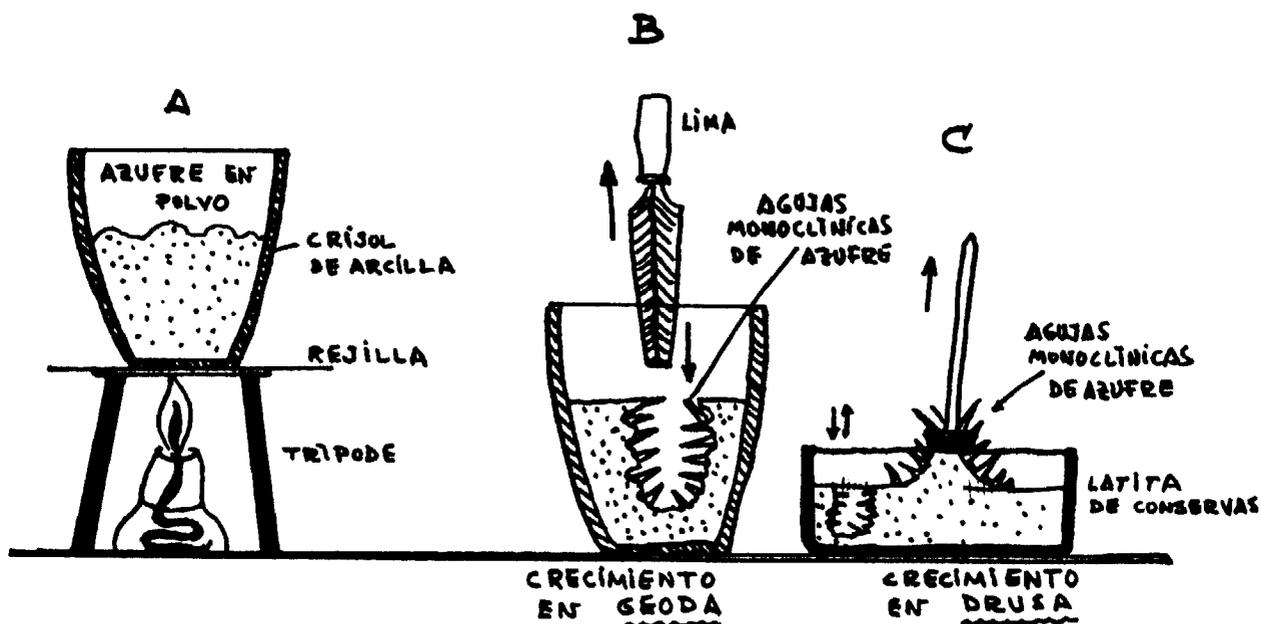


FIG. 2.— PROCEDIMIENTOS PARA OBTENER CRISTALES DE AZUFRE POR ENFRIAMIENTO DE UN SOLIDO EN FUSION.

### COMENTARIO

Se ha de tener cuidado con los vapores de azufre que son inflamables e irritantes, por lo que no se aconseja fundir sin la precaución de una rejilla y con la llama del mechero de alcohol baja y bien regulada, de forma que caliente el centro y base del crisol a través de la rejilla. Antes de hacer agujeros sobre la masa que se enfría conviene apagar el mechero y retirar el crisol o la latita de conservas, para hacer los agujeros sobre una tablilla de madera que sirva de base. Se debe esperar hasta que estén formándose agujas y se vea aparecer pequeños cristallitos flotando sobre una película densa de color amarillo claro.

Si se da mucha llama, la fundición se hace muy pastosa y de color negro y no sirve para obtener buenos cristales.

Una vez enfriada la masa se puede partir en trozos y aparecerán huecos distintos a los provocados. Examinar los trozos a la lupa binocular.

**Objetivo B4:** Algunos cristales se forman por precipitación de una disolución sobresaturada (figura 3).

**Actividad B4:** Disolver sulfato de cobre en polvo en un tubo de ensayo en la proporción 1/3 sulfato, 2/3 agua. En frío no se disolverá todo el sulfato, por lo que debes disolver el resto en caliente y añadir algo más de polvo para en caliente obtener una disolución sobresaturada. El exceso disuelto en caliente tiende a precipitar al enfriarse, pero lo hace de una forma ordenada dando bellos cristales triclinicos de sulfato de cobre de color azul. Es

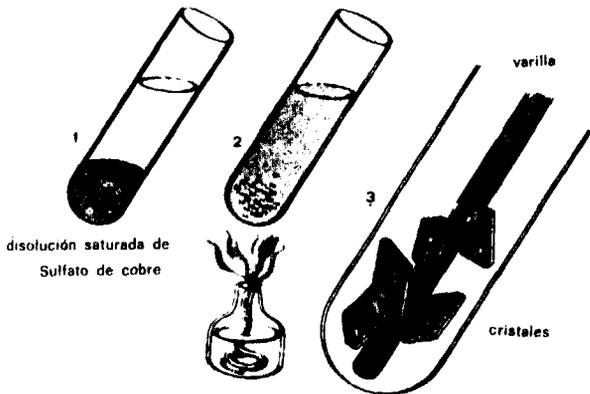


FIG. 3.— CRISTALIZACION DEL SULFATO DE COBRE.

conveniente hacer la experiencia con tres tubos de ensayo en los que haya diferentes concentraciones. Una vez disuelto en todos el polvo de sulfato de cobre, colocar una varita de madera en cada tubo (figura 3C) y dejarlos en reposo durante unas horas. La varita de madera es útil porque se impregna de la disolución y en su superficie rugosa se producen núcleos de cristalización. Puedes modificar las condiciones de espacio y reposo introduciendo varitas más gruesas o agitando. Se obtienen también bellos cristales dejando el líquido sobresaturado en el fondo de una placa de Petri o de un cristizador. También colgando un palillo de dientes con un hilo dentro del tubo de ensayo de modo que el palillo quede «entre dos aguas», sin tocar el fondo.

### COMENTARIO

En esta experiencia se puede jugar con los conceptos de cantidad de soluto, espacio, tiempo y reposo, por lo que se le puede sacar mucho partido didáctico. También se pueden añadir datos cuantitativos acerca de la velocidad de precipitación, etc. Otra forma de obtener fácilmente cristales por este procedimiento es emplear *alumbre potásico*, obteniéndose cristales cúbicos y octaédricos.

**Objetivo B5: Algunos cristales se pueden formar por sublimación (paso directo de gas a sólido) (figura 4).**

**Actividad B5:** Poner en un crisol bolas de naftalina de las usadas para proteger la ropa contra la polilla, previamente reducidas a polvo. Hacer un cono de cartulina negra y montarlo según se indica en la figura 4. Hacer con aguja e hilo un entramado hacia la mitad del cono. Calentar el crisol sobre una rejilla y tripode; cuando salgan vapores blancos por el orificio superior vigilar hasta que se precipiten cristallitos blancos en el orificio superior. Apagar entonces el mechero y retirar el crisol, sin quitar el cono de cartulina hasta pasados dos o

tres minutos, para que los vapores se enfríen en sus paredes. Retirar el cono y observar en su interior dos tipos de cristales, unos sobre las paredes del cono, otros sobre la trama de hilo o sobre los palillos de madera atravesados. Con ayuda de la lupa binocular observar los dos tipos de cristales.

### COMENTARIO

Los vapores de naftalina son inflamables, por lo que se debe regular bien la llama y ajustar bien el cono de cartulina para que haya buen tiro y los gases salgan por el orificio superior que no debe ser muy grande. En esta práctica se pueden contemplar *maclas polisintéticas* de cristales obtenidas por apilamientos de unidades semejantes a puntas de flecha y que en con-

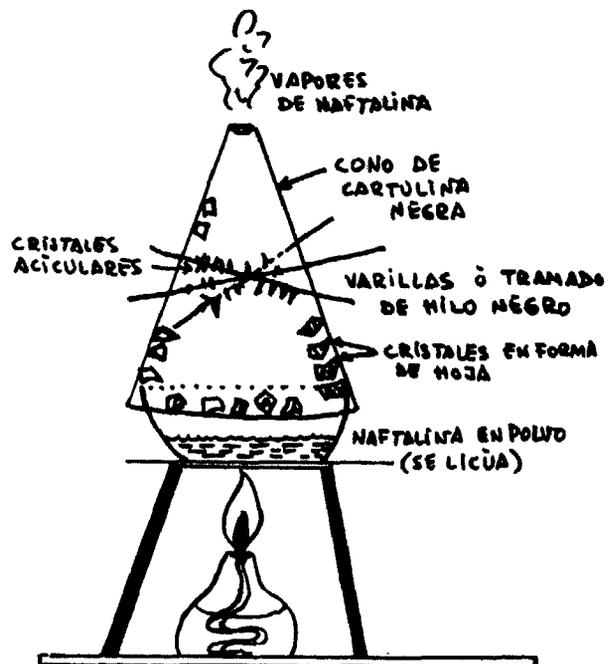


FIG. 4.— CRISTALIZACION POR SUBLIMACION.

junto dan cristales semejantes a abetos. También es frecuente observar *imperfecciones* en los cristales, tales como burbujas de aire y diaclasas y grietas, por lo que se puede hacer el comentario acerca de las alteraciones en el proceso de cristalización y hacer patente el hecho de que los cristales tienen imperfecciones por variación en las condiciones básicas de la cristalización: aporte de iones, espacio, tiempo y reposo.

**Objetivo B6: Un cristal necesita para su formación espacio donde cristalizar, tiempo y reposo.**

**Actividad B6:** Sobre las actividades B3, B4 y B5 producir variaciones en las condiciones de cristalización que afecten al espacio, tiempo y reposo.

Así, por ejemplo, en la cristalización del azufre es necesario provocar un hueco (o hacer salir

lentamente la masa viscosa hacia arriba con ayuda de un clavo) para que se formen los cristales. En la actividad B5, cuanto más tiempo estén saliendo gases, más cantidad de cristales y mejores ejemplares se obtienen, etc.

**Objetivo B7: El edificio cristalino crece hasta un límite, aun cuando tenga espacio, tiempo y reposo. Dicho límite lo impone el aporte de iones, átomos o moléculas y su grado de libertad.**

**Actividad B7:** Dejar una disolución sobresaturada de sal común o de sulfato de cobre en un cristizador hasta la total evaporación del agua. La evaporación del disolvente acaba con el grado de libertad de los iones y el cristal no sigue creciendo al no haber disolución. Esto queda patente preparando dos concentraciones idénticas pero con volúmenes distintos de disolvente.

**Objetivo B8: Algunos cristales se pueden obtener por formación de un precipitado cristalino a partir de ciertas reacciones químicas.**

**Actividad B8:** Mezclar dos disoluciones, una de cloruro cálcico y otra de oxalato amónico. Se obtendrá un precipitado blanco microcristalino de oxalato cálcico, que después de estar en reposo y una vez decantada el agua se puede observar a la lupa binocular.

## COMENTARIO

En general se obtienen también precipitados a partir de haluros de plata, sales de calcio y bario (sulfatos), sulfuros y carbonatos. Un ejemplo muy patente por su rápida reacción (lo que dificulta la formación de buenos cristales) lo da la reacción sulfocianuro potásico (o sódico) con cloruro férrico, con lo que se obtiene un precipitado rojo de sulfocianuro férrico.

## OBJETIVOS DEL GRUPO C: IDEAR MODELOS QUE EXPLIQUEN LA GENESIS DE LOS DISTINTOS TIPOS DE MINERALES

Para la creación de modelos que expliquen la génesis mineral podemos recurrir a las actividades B3, B4 y B5.

Adjunto como anexo un modelo de ficha de laboratorio confeccionada para este objetivo, relativa a la creación de un modelo de volcán, para explicar cómo se pueden obtener minerales en las emanaciones gaseosas de los volcanes o en filones por donde circulen gases.

**Objetivo C1: Dar un modelo de cómo se pueden formar minerales a partir de los gases que circulan en los filones y grietas y en las chimeneas volcánicas (MINERALES MAGMÁTICOS Y FILONIANOS).**

**Actividad C1:** Desarrollarla según el modelo de ficha de laboratorio que figura como ANEXO.

**Objetivo C2: Dar un modelo de formación de minerales por evaporación de una disolución sobresaturada (MINERALES SEDIMENTARIOS).**

**Actividad C2:** Diseñar y realizar una ficha de laboratorio según el modelo del anexo y con las explicaciones de la actividad B4.

**Objetivo C3: Dar un modelo de formación de minerales por enfriamiento de un magma (MINERALES DE LAS ROCAS MAGMÁTICAS).**

**Actividad C3:** Diseñar y realizar una ficha de laboratorio según el modelo anexo y con el contenido de la actividad B3.

## OBJETIVOS DEL GRUPO D: PROPIEDADES DE LOS MINERALES EN RELACION CON SU ESTRUCTURA

**Objetivo D1: Comprensión del concepto de celda unidad y red espacial**

**Actividad D1:** Montar con bolas de plastilina de dos colores (azul y rojo, por ejemplo) y teniendo como modelo el dibujo de la figura 5A, la estructura de la sal común. Construir ocho cubos y continuar después el apilamiento en las tres direcciones del espacio.

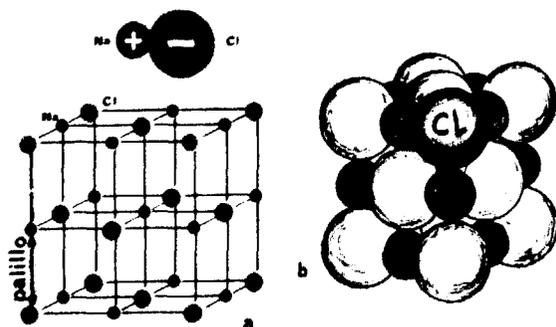


FIG. 5.— DOS FORMAS DE REPRESENTAR LA RED DE LA HALITA, TIPO Na Cl. a) MODELO CONSTRUIDO CON BOLAS DE PLASTILINA DE DOS COLORES Y ENLACES POR MEDIO DE PALILLOS DE DIENTES b) MODELO DE EMPAQUETADO HECHO CON BOLAS DE CORCHO DE DOS TAMAÑOS Y PEGADAS CON PEGAMENTO Y MEDIO.

## COMENTARIO

En este caso el enlace iónico está representado por los palillos y los iones por las bolas de corcho o plastilina empleadas. Responde a un modelo interpretativo que da idea de que la materia es esencialmente vacía, ajustándose a la concepción atómica del modelo de BOHR.

Si hacemos el montaje con bolas de corcho pegándolas con pegamento, según la figura 5B, nos aproximaremos al modelo atómico de la nube de carga (según Heisenberg). En este caso las bolas de corcho de distinto tamaño se pueden colorear con anilinas.

**Objetivo D2:** En una red espacial los átomos de una de las caras de la celda unidad son comunes a la celda siguiente.

**Actividad D2:** Construir dos redes cúbicas centradas en el interior y las figuras planas siguientes: una unión cuatro, una unión cinco (como los números de un dominó), todo ello con bolas de corcho de igual tamaño, pegadas.

### COMENTARIO

Al apilar las dos celdas cúbicas se observa que no se repite el cubo centrado en el interior. Entonces usar una de las celdas y superponerle la coordinación cinco y luego la cuatro, con lo que se obtiene el apilamiento correcto.

**Objetivo D3:** Dos minerales de composición química idéntica pueden poseer propiedades distintas, debido a la distinta estructuración de los átomos en su red cristalina. A este fenómeno se le llama POLIMORFISMO. En las figuras 6 y 7 se representan los dos polimorfos del carbono: diamante y grafito, de propiedades químicas y físicas tan distintas.

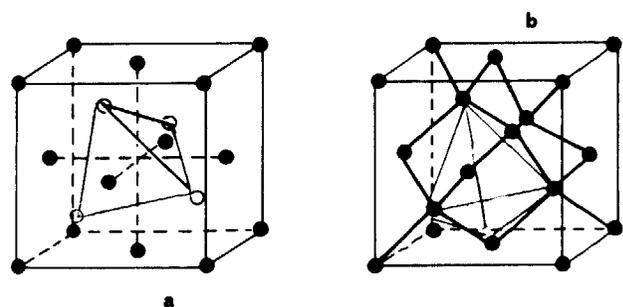


FIG. 6.— MODELO DE LA RED DEL DIAMANTE: a) LOS ÁTOMOS DE CARBONO OCUPAN LOS VERTICES Y CARAS DE UN CUBO Y ADEMÁS LOS DE UN TETRAEDRO CUYOS VERTICES SE SITUAN EN CUATRO DE LOS OCHO CUBOS PEQUEÑOS EN QUE PUEDE SER DIVIDIDO UN CUBO GRANDE. b) RED COMPACTA DEL DIAMANTE EN LA QUE SE PUEDE VER LA POSICIÓN DE LOS ENLACES TETRAÉDRICOS.

**Actividad D3:** Construir con bolas de plastilina del mismo color y tamaño, y siguiendo las figuras 6 y 7, las redes estructurales del diamante y del grafito. En la figura 7b se hace ver que los planos de mayor densidad de átomos del grafito no se superponen exactamente, sino que sólo coinciden tres y el centro de un hexágono coincide con un vértice del hexágono del plano siguiente.

### COMENTARIO

Al hacer estas redes no se pueden usar palillos del mismo tamaño en todas las direcciones, ya que hay átomos colocados a distinta distancia y,

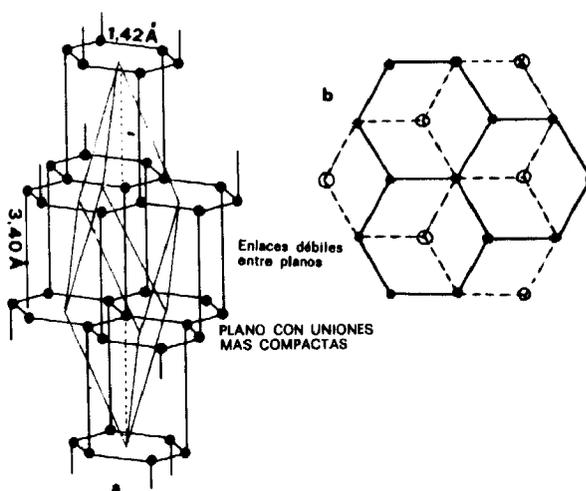


FIGURA 7.— a) RED DEL GRAFITO MOSTRANDO DOS TIPOS DE UNIONES: UNAS MUY DÉBILES ENTRE PLANOS HEXAGONALES Y OTRAS MÁS FUERTES EN LOS PLANOS HORIZONTALES DONDE SE SITUAN LOS HEXÁGONOS. b) SI PROYECTAMOS LOS PLANOS HEXAGONALES DE UN PISO SOBRE LOS DEL SIGUIENTE (INFERIOR O SUPERIOR) LOS ÁTOMOS DE LOS VERTICES DEL HEXÁGONO NO SE SUPERPONEN COMO EN UN PRISMA HEXAGONAL, SINO QUE EL VERTICE DE UNOS SE PROYECTA EN EL CENTRO DEL HEXÁGONO DEL PLANO INTERMEDIATO SUPERIOR O INFERIOR.

por tanto, con distinta fuerza de unión según la dirección que consideremos. Se deben usar algunos palillos fragmentados. Asimismo, para dar estabilidad a la red se usan palillos de distinto color que no suponen fuerzas de unión entre átomos.

Al construir la red del diamante y hablar de la coordinación más compacta entre átomos, conviene construir previamente un tetraedro de sílice con palillos, de forma que se usen trozos de palillos coloreados para significar las uniones silicio con los cuatro oxígenos y palillos enteros para dar compacidad a la estructura y visualizar el tetraedro.

Esta figura compacta así construida se puede reconocer después en la estructura del diamante fijándonos en los átomos de los vértices y los centros de las caras contiguas a un vértice.

**Objetivo D4:** Para que un edificio cristalino sea regular y no tenga deformaciones, la unión entre iones se hace según el radio atómico de los átomos que intervienen (ver figura 8).

**Actividad D4:** Construir coordinaciones planas, tres, cuatro y seis, y coordinaciones espaciales cuatro (tetraedro de bolas) y seis (octaedro de bolas), todo ello con bolas de corcho de igual tamaño, valiéndose de la figura 8. Comprobar que el hueco que hay entre las bolas según se trate de modelos planos o espaciales es diferente y que, por tanto, sólo determinados iones caben en ese hueco.

¿Qué pasará si intentamos meter un átomo o

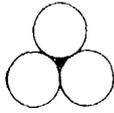
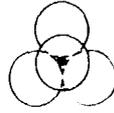
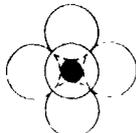
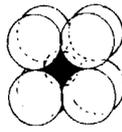
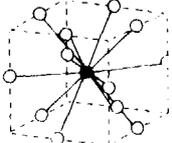
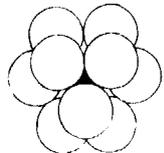
Relación mínima entre radios			Geometría del empaquetamiento
0,155	3 aniones en los vértices de un triángulo		
0,225	4 aniones en los vértices de un tetraedro		
0,414	6 aniones en los vértices de un octaedro. (Tipo Halita)		
0,732	8 aniones en los vértices de un cubo		
1,0	12 aniones en los puntos medios de las aristas de un cubo. (Empaquetamiento compacto)		

FIG. 8.— TIPOS DE COORDINACION ENTRE ANIONES (ESFERAS GRANDES) ALREDEDOR DE UN CATION (ESFERA PEQUEÑA EN NEGRO), SEGUN LA RELACION DE RADIOS EXISTENTE ENTRE EL ANION Y EL CATION.

ion de distinto radio (y por tanto de distinto volumen) en tal o cual hueco?  
 ¿Pueden entrar átomos de distinta naturaleza pero del mismo tamaño en un hueco dado?

Los minerales admiten sustituciones isomórficas porque se producen intercambios de átomos o iones del mismo radio atómico, con lo cual no se altera el edificio cristalino.

**Vida escolar**

la expresión lingüística en la E.G.B.

# Vida escolar

---

## Revista de la Dirección General de Educación Básica

---

**EN NUMEROS ANTERIORES:**

183-184  
Orientación escolar.

185-186  
Educación para la convivencia.

187-188  
Expresión lingüística en la E.G.B.

189-190  
Educación Permanente de adultos (nivel E.G.B.)

# INSTITUTO NACIONAL DE BACHILLERATO

(Nombre del centro)

Localidad: .....

FICHA DE LABORATORIO NUM. ....

(Usar núm. o siglado)

ACTIVIDAD C-1  
de este artículo

## SEMINARIO: CIENCIAS NATURALES U. T.: Cristalización por SUBLIMACION

Alumno: .....

Nivel ..... Curso .....

Fecha .....

**OBJETIVO:** Dar un modelo de cómo se pueden formar cristales de minerales a partir de los gases que circulan por los filones y por las chimeneas volcánicas.

### MATERIAL

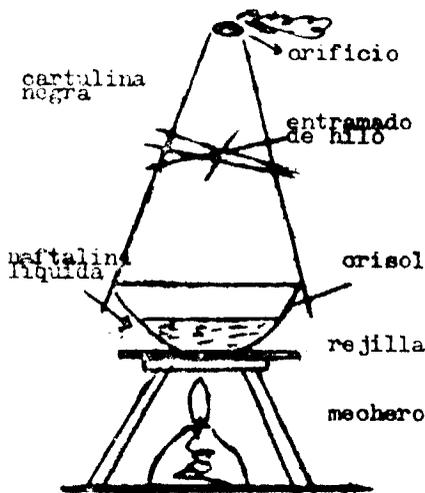
Lupa binocular.  
Crisol.  
Mortero.  
Mechero de alcohol.  
Tijeras.

### PRODUCTOS

2-3 bolitas de naftalina de las usadas en la ropa.  
Cartulina negra.  
Aguja de coser y 1,5 m. de hilo negro.  
Papel celo.

### DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA

Machacar las bolas de naftalina y colocar el polvo en el crisol. Hacer con la cartulina un cono a modo de gorro de payaso, pegándola con celo. Recortar la base del cono de forma que quede redondeada y se ajuste bien sobre el crisol, de forma que éste quede dentro de la cartulina (ver dibujo adjunto).



Hacia la mitad del cono se traspasa éste con la aguja, haciendo un entramado de hilo negro.

Calentar el polvo de naftalina hasta que se haga líquido. Cuando emita vapores, ajustar bien sobre el crisol el cono de cartulina y mantenerlo hasta que en el orificio superior asome una nieve blanca. Por dicho orificio seguirá habiendo tiro y el cono humeará como un volcán. Cuando aparezcan los cristalitas blancos en la parte superior, retirar el cono y mirar en su interior. Si están las paredes y el entramado de hilo cubiertos de cristales, retirarlo, si no, continuar más tiempo, hasta que éstos se formen, y retirar el cono de cartulina.

¡¡¡OJO!!! Ajustar bien el cono al crisol de forma que no escapen gases por la parte baja del cono, ya que estos gases son inflamables si les da el fuego del mechero.

RECORTAR los hilos y observar a la lupa binocular los cristales. Dibújalos aquí.

RECORTAR un trozo de cartulina y OBSERVAR a la lupa binocular. Dibuja aquí los cristales.

### **OBSERVA QUE...**

*Sobre los hilos* los cristales son aciculares y forman una *drusa* (crecimiento de cristales desde el plano del hilo) alrededor del grosor del hilo.

*Sobre los cristales formados en la cartulina* OBSERVA que son como puntas de flecha que se *apilan* formando en su conjunto como un abeto. Este hecho nos demuestra que un edificio cristalino crece de forma geométrica y reiterativa si se mantienen las condiciones de cristalización y según un modelo que se repite (en este caso, la forma similar a una punta de flecha).

### **UN HECHO CURIOSO**

Los hermosos cristales de los hilos y la cartulina desaparecen totalmente al cabo de media hora, ya que la naftalina se volatiliza.

El líquido sobrante en el crisol forma un espejo cristalino.

### **ESCRIBE TUS IDEAS ACERCA DE LO QUE SEA UN MODELO DE EXPERIMENTACION**

¿Estas prácticas son modelos o son repetición de hechos reales ocurridos en la naturaleza? ¿La naftalina es un mineral o un compuesto orgánico? Explica tus ideas al dorso.