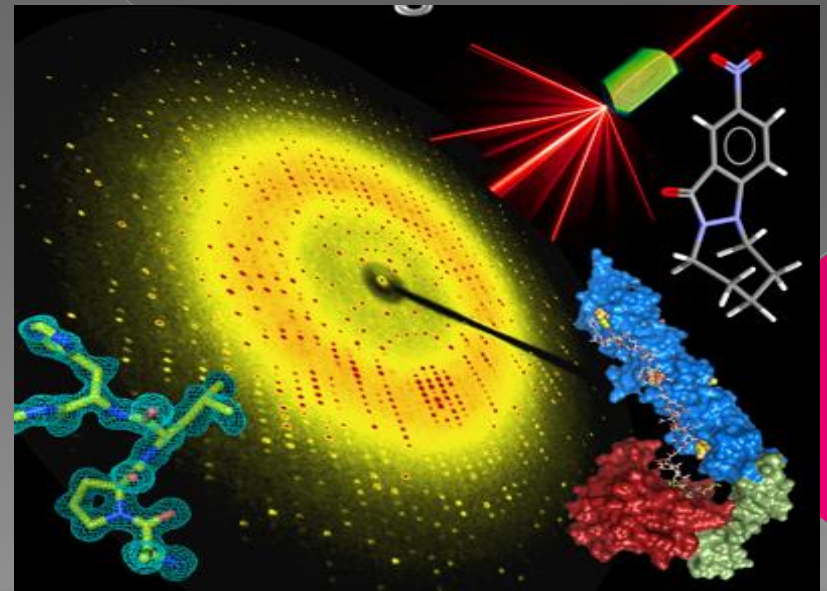


# CRISTALOGRAFIA

La cristalografía es la ciencia que estudia los cristales. La mayoría de los minerales, compuestos orgánicos y numerosos materiales, adoptan estructuras cristalinas cuando se han producido las condiciones favorables.



# CRISTAL



- Los cristales son materiales cuyos constituyentes, átomos, moléculas o iones, se empaquetan de un modo regular y periódico, formando una estructura microscópica ordenada. Estos constituyentes están unidos entre sí mediante diferentes tipos de fuerzas interatómicas (enlaces químicos), tales como el enlace metálico, el enlace iónico, el covalente, las fuerzas de van der Waals, y otros.



Un **MONOCRISTAL** es un material en el que la red cristalina es continua y no está interrumpida por bordes de grano hasta los límites de la muestra. Es decir un Cristal único.



Un **POLICRISTAL** o material policristalino es un agregado de pequeños cristales de cualquier sustancia, a los cuales, por su forma irregular, a menudo se les denomina cristalitas o granos cristalinos.

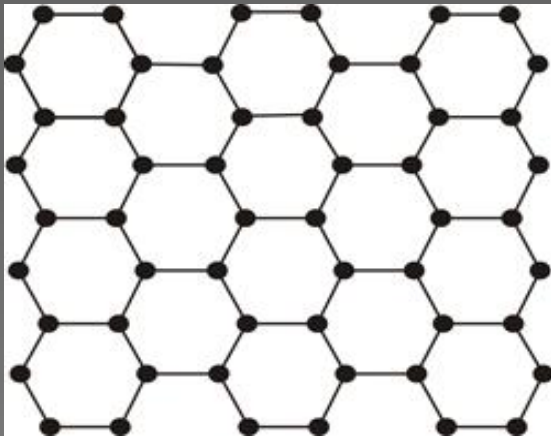
# ¿CUÁL ES LA PECULIARIDAD QUE DIFERENCIA A LOS CRISTALES DE OTROS TIPOS DE MATERIALES?

- La denominada ***estructura cristalina*** está caracterizada microscópicamente por la agrupación de iones, átomos o moléculas según un modelo de ***repetición periódica***, y el concepto de periodicidad es sencillo de entender si pensamos en los motivos de una alfombra oriental, dibujos de un mosaico, o una formación de tipo militar...

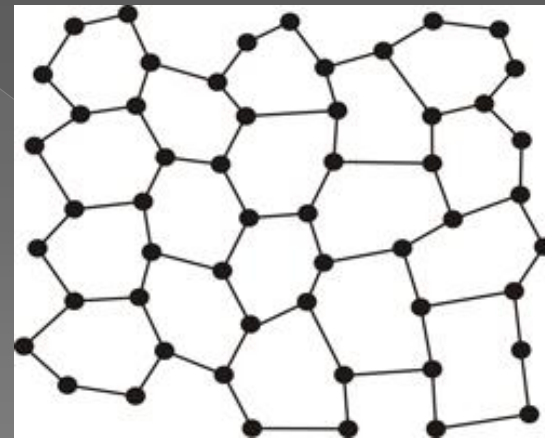


# MATERIALES AMORFOS

- Hay ocasiones en las que la repetitividad se rompe, no es exacta, y precisamente esa característica es lo que diferencia a los cristales de los vidrios o en general de los llamados materiales amorfos (desordenados o poco ordenados)...



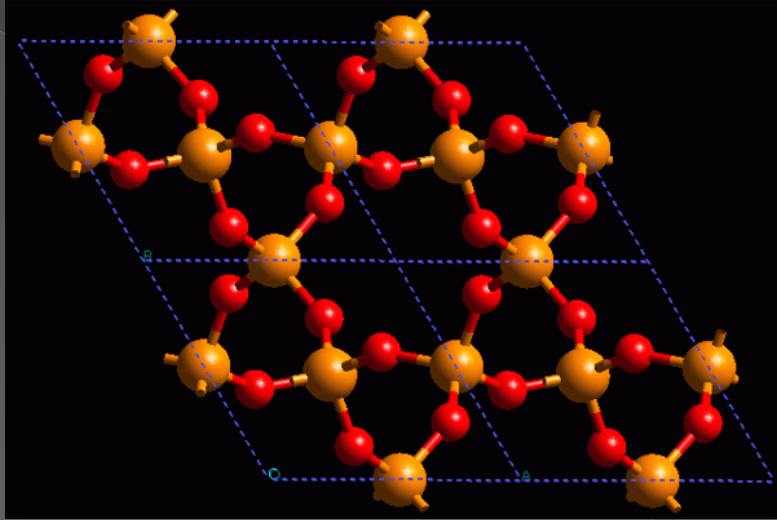
**Modelo atómico plano en un material ordenado (cristal)**



**Modelo atómico plano de un vidrio**

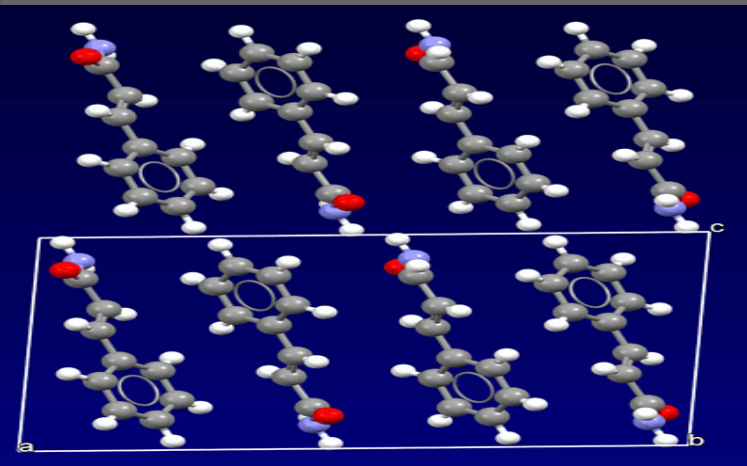
Sin embargo, la materia no siempre es totalmente ordenada, o totalmente desordenada, (cristalina o no cristalina), así que nos podemos encontrar con toda una degradación continua del orden (**grados de cristalinidad**) en los materiales, que nos lleva desde los perfectamente ordenados (**cristalinos**) hasta los completamente desordenados (**amorfos**). Esta pérdida gradual de orden que se da en los materiales, es equivalente a lo que podemos observar en los pequeños detalles de esta formación gimnástica, que siendo en cierto modo ordenada, sin embargo hay unas personas con pantalones, otras con falda, con posturas algo distintas o ligeramente desalineados ...





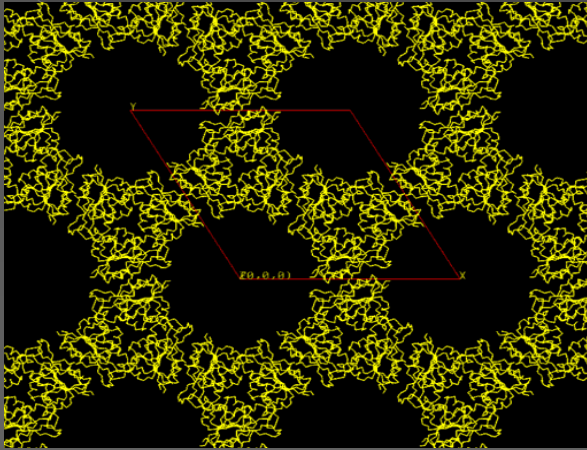
En la estructura cristalina (**ordenada**) de los materiales inorgánicos, los motivos repetitivos son átomos o iones enlazados entre sí, de modo que generalmente no se distinguen unidades aisladas y de ahí su estabilidad y dureza (**crisales iónicos, fundamentalmente**)...

*Estructura cristalina de un material inorgánico:  
el  $\alpha$ -cuarzo*



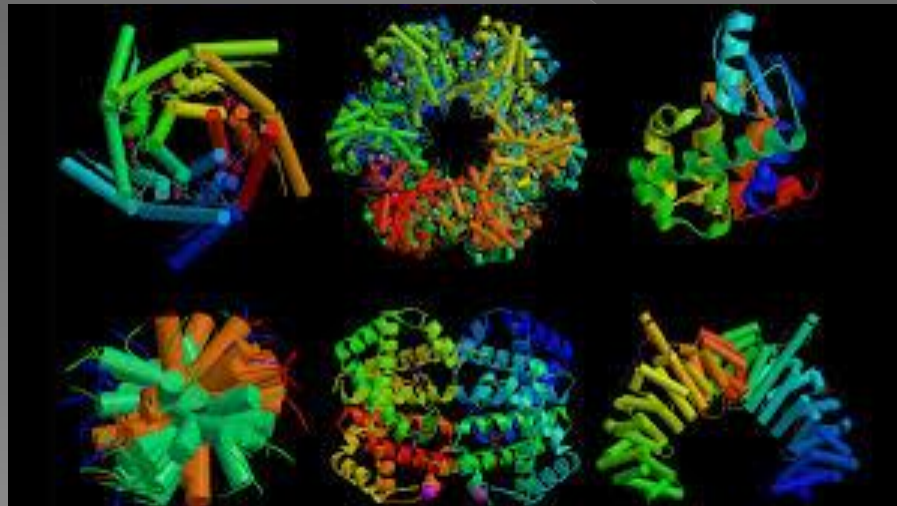
*Estructura cristalina de un material  
orgánico: Cinnamamida*

Donde sí se distinguen claramente unidades aisladas, es en los llamados materiales orgánicos, en donde aparece el concepto de entidad molecular (**molécula**), formada por átomos enlazados entre sí, pero en donde la unión entre las moléculas, dentro del cristal, es mucho más débil (**crisales moleculares**). Son generalmente materiales más blandos e inestables que los inorgánicos..



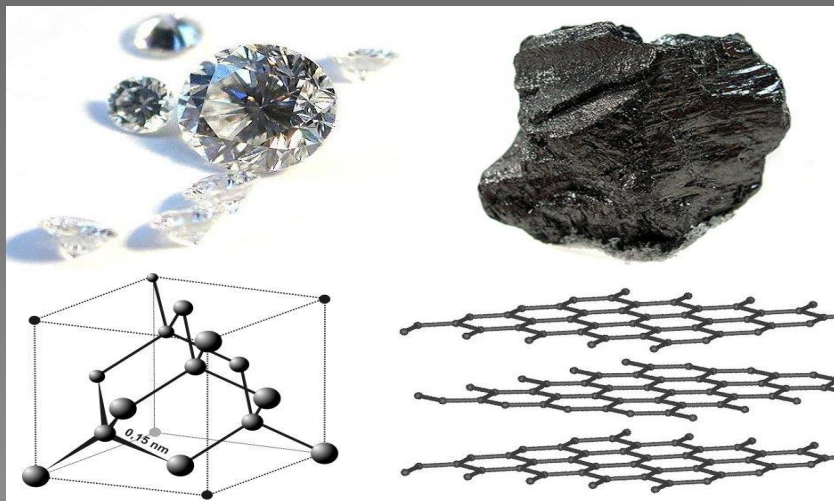
En las proteínas también existen unidades moleculares, como en los materiales orgánicos, pero mucho más grandes. Las fuerzas que unen estas moléculas son también similares, pero su empaquetamiento en los cristales deja muchos huecos que se rellenan con agua no ordenada y de ahí su extrema inestabilidad.

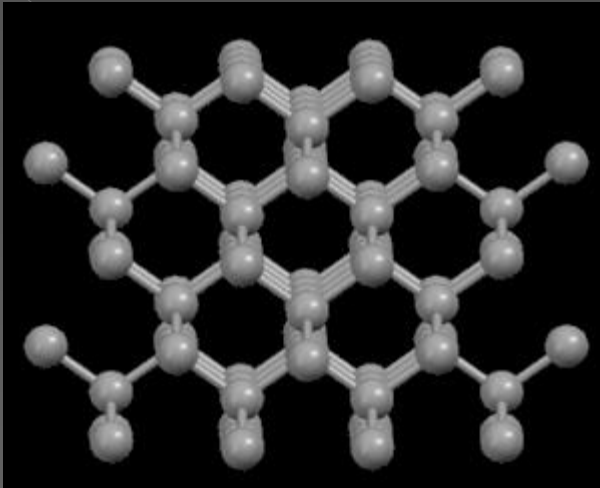
*Estructura cristalina de una proteína: AtHal3.  
Se muestran los grandes huecos que deja el empaquetamiento cristalino*



# POLIMORFISMO

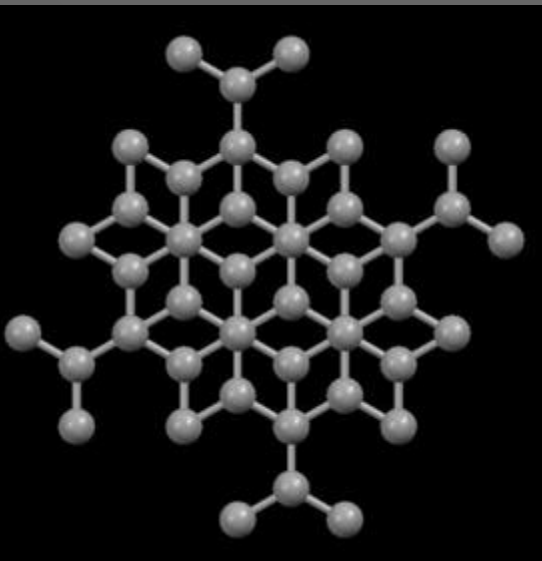
- El término polimorfismo deriva del griego “poli” (muchas) y “morphes” (formas) y en química establece la capacidad de un mismo compuesto para presentar más de una forma cristalina<sup>1</sup>. En otras palabras, esto quiere decir que las moléculas (neutras o iónicas, radicales o no-radicales) en su estado sólido pueden organizarse ordenadamente de varias formas distintas.
- De los distintos modos de empaquetamiento en un cristal dan lugar a las llamadas fases polimórficas. Por ejemplo, de todos son conocidas las distintas apariencias y propiedades del elemento químico Carbono, que se presenta en la Naturaleza en dos formas cristalinas muy diferentes, el diamante y el grafito:





En el diamante, cada átomo de carbono está unido a otros cuatro en forma de una red tridimensional muy compacta (cristales covalentes), de ahí su extrema dureza y su carácter aislante.

***Diamante, con estructura muy compacta***

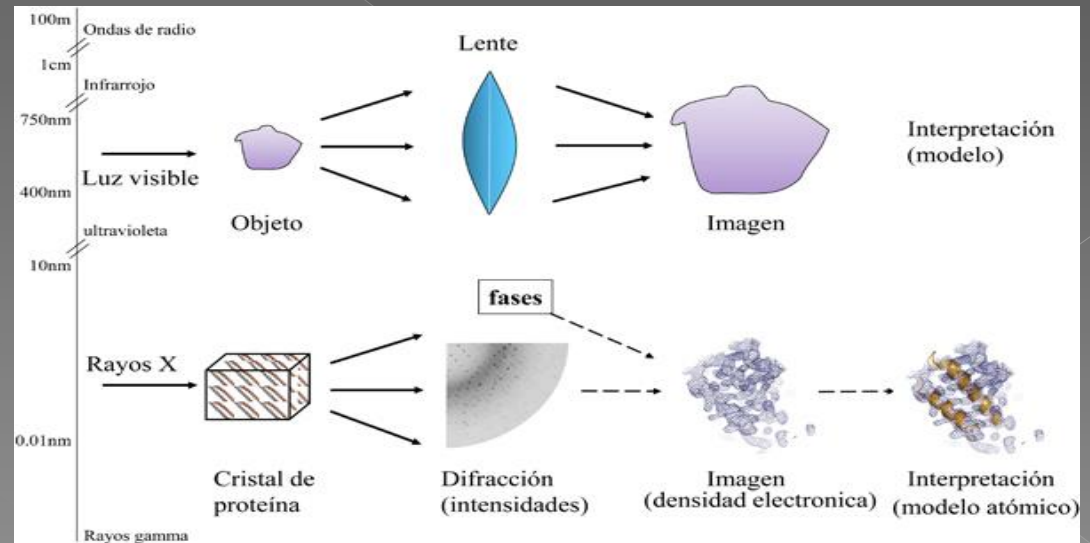


Sin embargo, en el grafito los átomos de carbono están distribuidos en forma de capas paralelas separadas entre sí mucho más de lo que se separan entre sí los átomos de una misma capa. Debido a esta unión tan débil entre las capas atómicas del grafito, los deslizamientos de unas frente a otras ocurre sin gran esfuerzo, y de ahí su capacidad lubricante, su uso en lapiceros y su utilidad como conductor.

***Grafito, con estructura atómica en láminas***

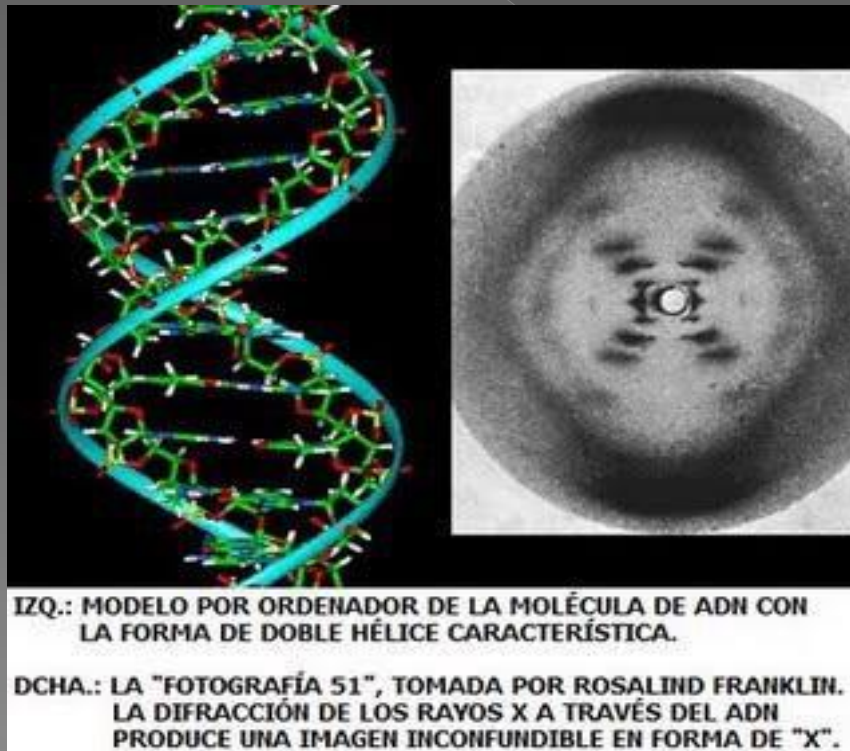
# La cristalografía de rayos X

- La cristalografía de rayos X puede considerarse como una microscopía de muy alta resolución, mediante la cual podemos visualizar estructuras a nivel atómico. A menudo se desconocen los fundamentos de la técnica. Este artículo pretende dar una pincelada de manera sencilla sobre los principios que la constituyen.
- La cristalografía de rayos X ha sido una herramienta fundamental en el desarrollo de muchos campos de la ciencia, y la biología no podía ser menos. Gracias a esta técnica se ha podido averiguar la estructura y el mecanismo molecular y de actuación de moléculas biológicas de origen diverso, como proteínas, ácidos nucleicos, etc. También puede utilizarse en el diseño racional de fármacos.



**1937-1960** Se comienza a estudiar la estructura cristalina de proteínas!!

**1953** La Cristalografía de rayos X permite resolver la estructura del ADN!! M. Wilkins R. Franklin Y recordemos a Rosalind Franklin (1920-1958), que fue fundamental



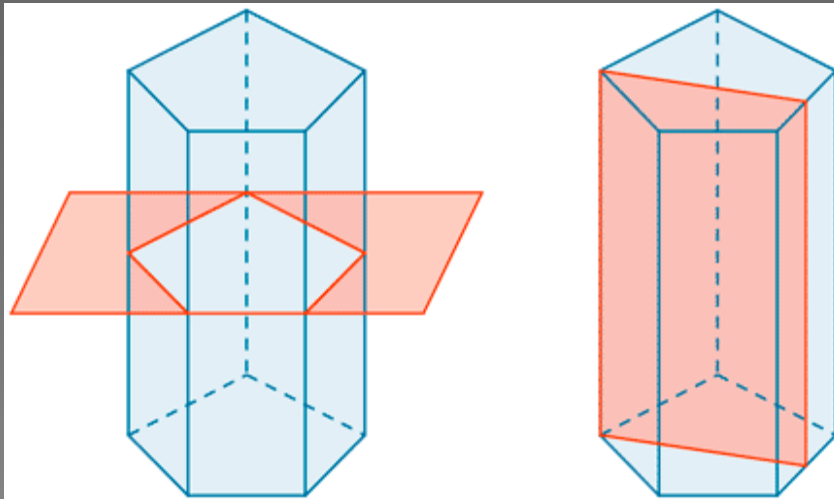
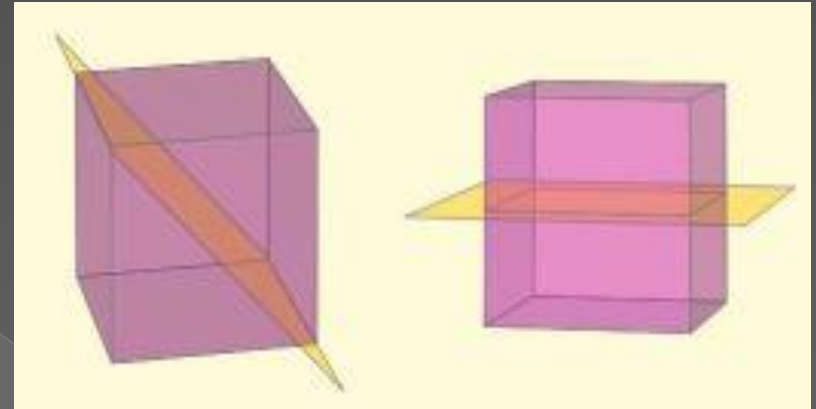
# Elementos de Simetría de un cristal

-La simetría es la constancia, la repetición de algo en el espacio y/o en el tiempo.

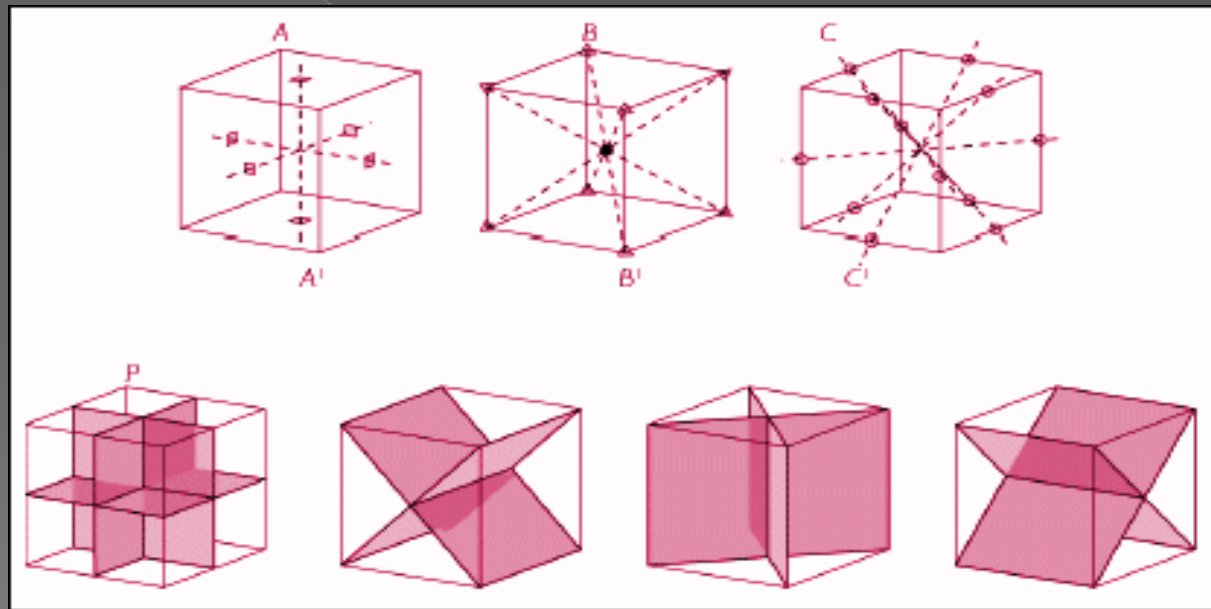
## Elementos de simetría

El lugar geométrico que ayuda a la visualización de la simetría de una distribución ordenada recibe el nombre de elemento de simetría, por ejemplo:

Un **plano de simetría** es aquel que divide un cuerpo en dos partes iguales que se corresponden de manera exacta

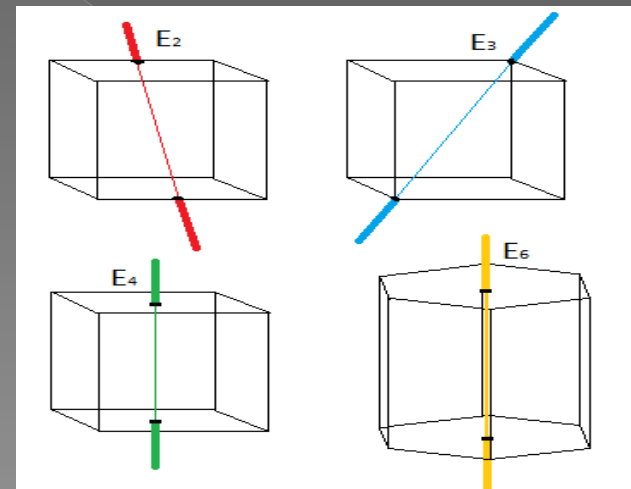


**-Centros de simetría:** son puntos imaginarios situados en el interior del cristal. Por ellos pasan los principales ejes y planos de simetría.



**Ejes de simetría:** son líneas imaginarias que cruzan el interior de la estructura cristalina. Al girar  $360^\circ$  hacen que el motivo geométrico del cristal se repita un número determinado de veces. Los ejes de simetría pueden ser **binarios, ternarios, cuaternarios y senarios**, según el número de repeticiones que generen.

Las operaciones por rotaciones alrededor de un eje de simetría en los cristales, se conocen en binarios (2), ternarios (3), cuaternarios (4) ó senarios (6), dependiendo del número de repeticiones que se produzcan del motivo (orden de la rotación). Así, un eje de orden 3 (ternario) produce 3 repeticiones del

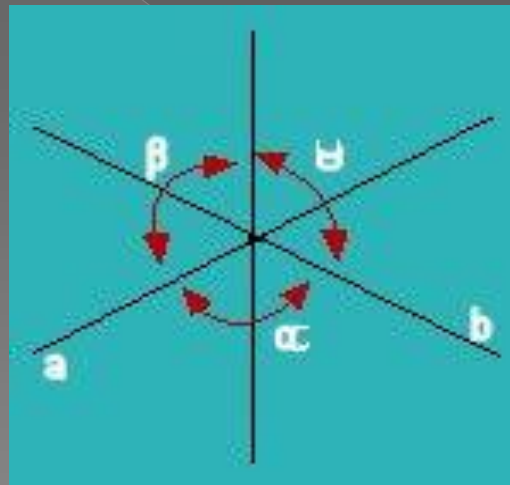
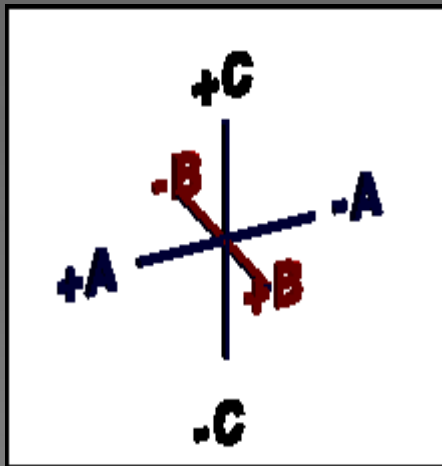


# Sistemas Cristalinos

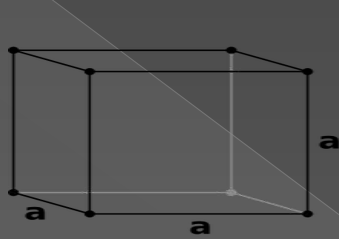
## EJES CRISTALOGRAFICOS:

Son líneas imaginarias que cruzan en el centro de simetría y sirven para ubicar las distintas caras del cristal en el espacio.

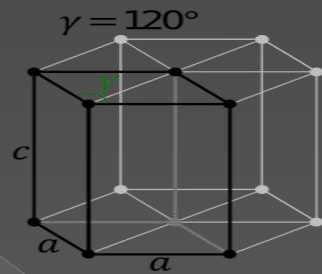
CRUZ AXIAL: responde a una relación angular y de longitud entre los ejes cristalográficos .



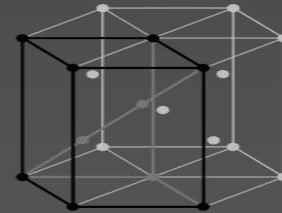
# SISTEMA CRISTALOGRAFICOS



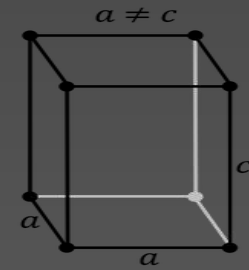
Cúbico



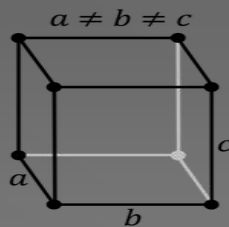
Hexagonal



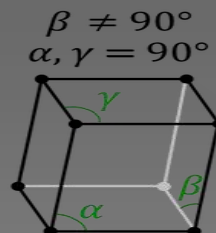
Trigonal



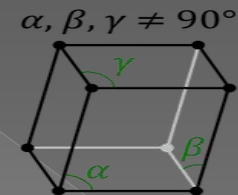
Tetragonal



Ortorómbico



Monoclínico



Triclínico

Sistema	relación ejes	relación ángulos entre ejes	formas típicas	ejemplos
Cúbico	$a = b = c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	cono, octaedro, dodecaedro	Fluorita, galena, halita, piritita
Tetragonal	$a = b \neq c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$		Calcopiritita, zircón, bornita, wulfenita, casiterita
Ortorrómbico (= romboico)	$a \neq b \neq c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$		Anhidrita, baritina, azufre, enargita, goethita
Monoclinico	$a \neq b \neq c$	$\alpha = \beta = 90^\circ \neq \gamma$		Ortosa, yeso, azurita, arsenopiritita
Triclinico	$a \neq b \neq c$	$\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$		Microclino, albita, calcantita,
Trigonal	$a_1 = a_2 = a_3 \neq c$	$\beta_{1,2,3} = 90^\circ;$ $\gamma_{1,2,3} = 120^\circ$		Cuarzo alto, calcita, turmalina, cinabrio, molibdenita
Hexagonal	$a_1 = a_2 = a_3 \neq c$	$\beta_{1,2,3} = 90^\circ;$ $\gamma_{1,2,3} = 120^\circ$		Covelina, cuarzo B, berilo, apatita