



Taller de Capacitación Docente sobre Cristalografía y Crecimiento de Cristales Edición 2024

Asociación Argentina de Cristalografía

E-mail:

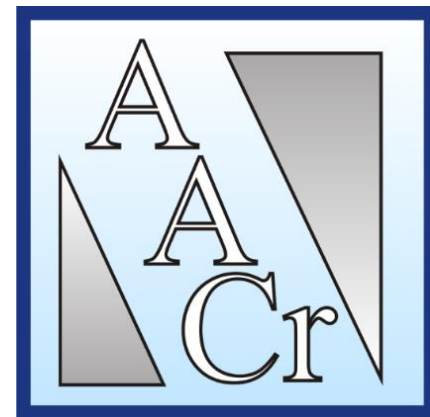
concursocrecimientocristales@gmail.com



Asociación Argentina de Cristalografía (AACr)

www.cristalografia.com.ar

La AACr se dedica a difundir la Cristalografía en el país y a nuclear a los grupos que trabajan en este campo y/o la usan como herramienta en sus investigaciones



Autoridades actuales

Presidente: Dr. Sebastián Klinke

Vicepresidente: Dr. Carlos López

Secretario: Dr. Martín Saleta



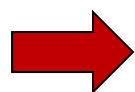
Reunión anual AACr 2023 – Mar del Plata

**Año Internacional
de la Cristalografía
IYCr 2014
IUCr y UNESCO**



<http://www.iycr2014.org/>

Festejos en Argentina



Lanzamiento PRIMERA EDICIÓN

**Concurso de Crecimiento
de Cristales para
Colegios Secundarios**



OBJETIVOS DEL CONCURSO

Objetivos Generales

Transmitir a los alumnos del nivel secundario **conocimientos sobre ciencia y método científico**, mostrándoles a través de una **experiencia concreta** cómo es el proceso de construcción de conocimiento desde el planteo de un proyecto hasta la presentación de los resultados del mismo.

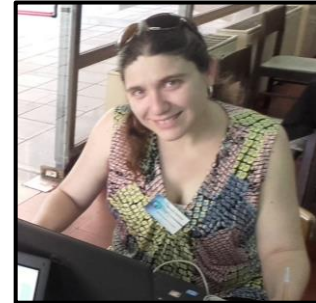
Objetivos Específicos

- Divulgar los conceptos fundamentales de cristalografía y cristalización
- Fomentar las vocaciones científicas entre los estudiantes
- Dar a conocer la forma de trabajo en ámbitos científicos
- Divulgar la importancia de la cristalografía en la sociedad



COMITÉ ORGANIZADOR 2024

- **Dr. Sebastián Klinke (CONICET-Instituto Leloir, Coordinador)**
- **Dr. Diego Lamas (CONICET-UNSAM)**
- **Dra. Valeria Fuertes (CONICET-UNC)**
- **Dra. Clarisa Álvarez (CONICET-CEFOBI)**
- **Dra. Vanina Franco (CONICET-UNL)**
- **Dra. Maricel Rodríguez (CONICET-UBA)**
- **Dra. María Elena Carrizo (CONICET-UNC)**
- **Dr. Carlos López (CONICET-UNSL)**



También participan representantes regionales y autoridades de la AACr

PATROCINADORES Y AUSPICIANTES

CONICET



VocAr

Programa de Promoción
de Vocaciones Científicas
del CONICET



FUNDACIÓN
JOSÉ A. BALSEIRO



UNR Universidad
Nacional de Rosario

BASES, MATERIAL Y CONTENIDOS

■ Página web

<http://cristalografia.com.ar/index.php/concurso-cristales-2024>



■ Dirección de correo electrónico

concursocrecimientocristales@gmail.com

■ Facebook

</ConcursoCrecimientoCristalesArgentina/>



■ Instagram

[@concursocristalesargentina](https://www.instagram.com/concursocristalesargentina)



1

TALLERES PRESENCIALES Y ONLINE DE CAPACITACIÓN DOCENTE EN CRISTALOGRAFÍA ABIERTOS A TODO PÚBLICO



2

REALIZACIÓN DE UN EXPERIMENTO DE CRISTALIZACIÓN, REGISTRO DE RESULTADOS Y SU COMUNICACIÓN



3

EVALUACIÓN Y COMUNICACIÓN DE RESULTADOS

4

JORNADA DE FINALISTAS Y ENTREGA DE DIPLOMAS



Talleres de Capacitación Docente sobre Cristalografía y Crecimiento de Cristales

<http://www.cristalografia.com.ar/index.php/talleres>

En apoyo al Concurso, la AACr organiza talleres de capacitación docente sobre Cristalografía y Crecimiento de Cristales a lo largo de todo el país. Desde 2014 se organizaron unos 330 talleres!

En 2024 proponemos la realización de talleres presenciales y también algunos online (Zoom y Facebook)



Talleres de Capacitación Docente sobre Cristalografía y Crecimiento de Cristales

2023

Talleres dictados: **27** (24 presenciales en 15 provincias) y 3 online
Docentes inscriptos: **1650** de las 24 provincias argentinas y de 6 países latinoamericanos



Talleres de Capacitación Docente sobre Cristalografía y Crecimiento de Cristales

Inscripción a Talleres

Online/Presenciales de Capacitación
sobre Cristalografía y Crecimiento de
Cristales 2024

Se dictarán talleres online y presenciales de capacitación gratuitos y abiertos para docentes de todos los niveles educativos, estudiantes de profesorado y público general interesado en esta rama de la ciencia.

Son organizados por la Asociación Argentina de Cristalografía y auspiciados por el Programa VocAr del CONICET. El taller es una única clase de 4-5 horas que se irá repitiendo en distintas sedes entre abril y julio. Más información:

<http://www.cristalografia.com.ar/index.php/talleres>

[Acceder a Google](#) para guardar el progreso. [Más información](#)

* Indica que la pregunta es obligatoria

www.cristalografia.com.ar/index.php/talleres





Taller de Cristalografía y Crecimiento de Cristales 2024

PROGRAMA DEL TALLER

- **Parte 1: Introducción a la Cristalografía. Importancia en nuestra vida diaria. ¿Para qué nos sirven los cristales?**
- **Parte 2: Crecimiento de Cristales: Conceptos generales**
- **Parte 3: Actividades para realizar en el aula – La experiencia del Concurso Nacional de Crecimiento de Cristales para Colegios Secundarios**

¿A qué llamamos Cristalografía?

Entendemos por Cristalografía el estudio de los Cristales.

Inicialmente era **descriptiva** y se dedicaba a registrar las formas de los minerales. Los primeros usos se remontan a miles de años. En China se les atribuía propiedades medicinales.

¡Y también se les han asignado propiedades mágicas!

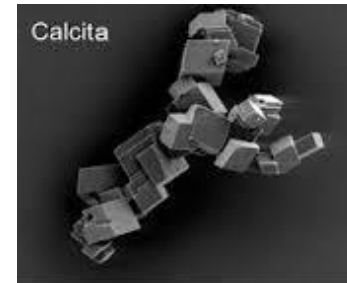
“Los espejos y otros objetos de obsidiana, pirita, cuarzo y metales fueron instrumentos mágicos, adivinatorios y proféticos. Por sus cualidades reflectoras, se creía que comunicaban con los mundos y seres sobrenaturales” (Museo del Oro, Bogotá, Colombia)



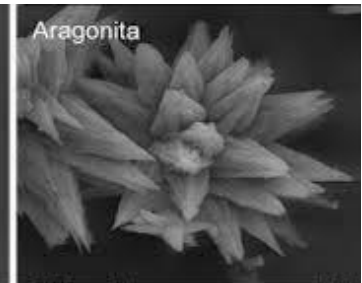
Yeso



Cuarzo



Calcita



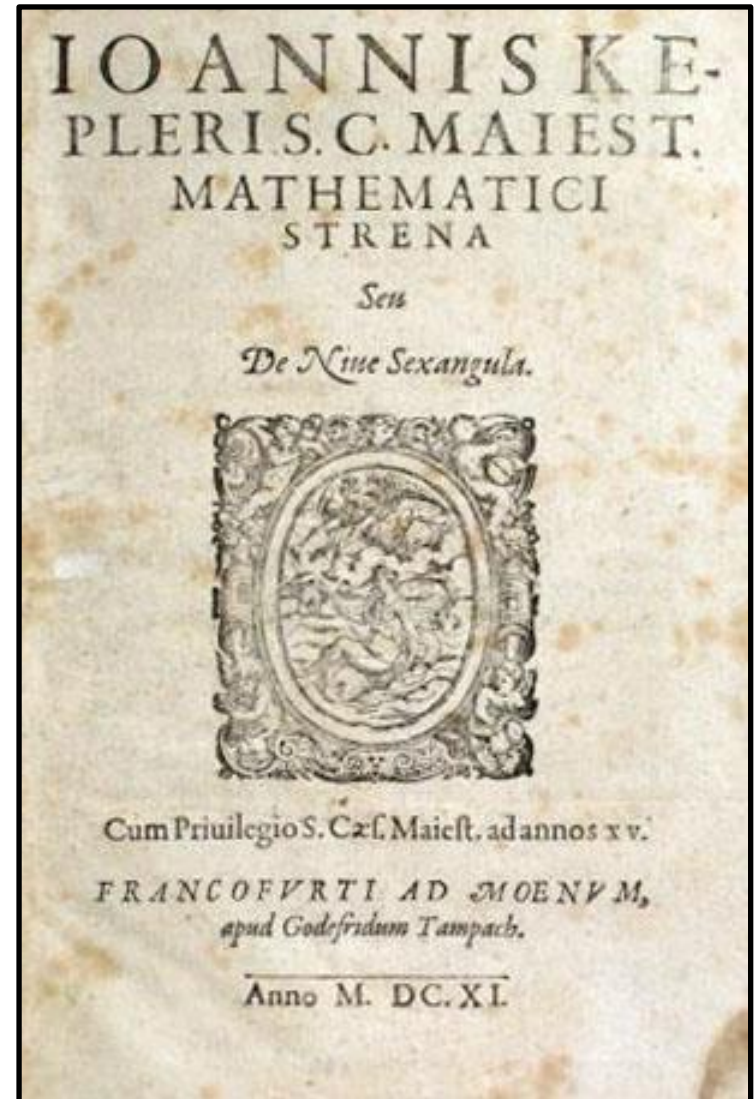
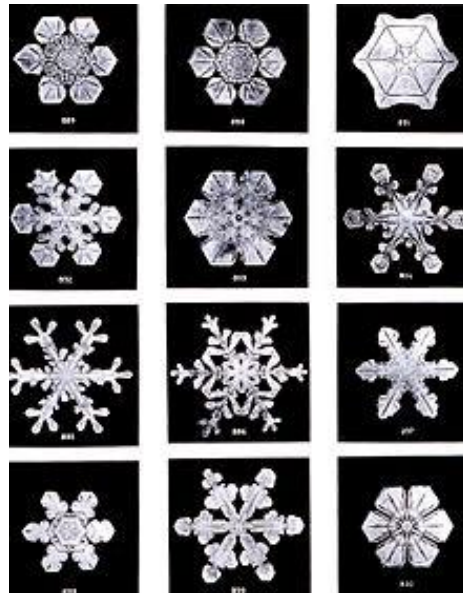
Aragonita

Formas cristalinas del carbonato de calcio: calcita vs. aragonita



¿A qué llamamos Cristalografía?

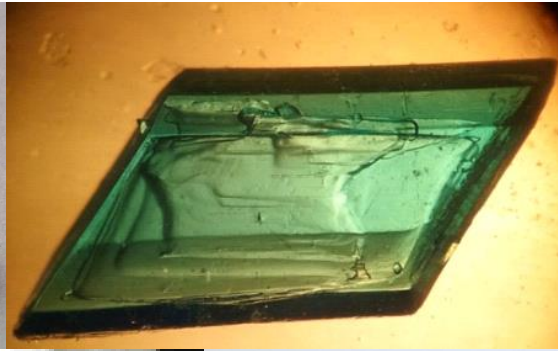
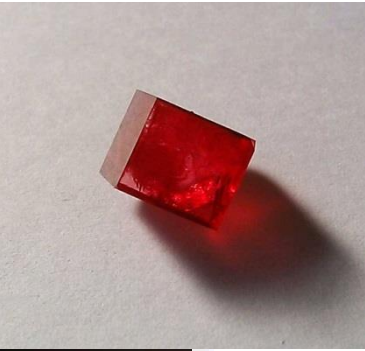
Primer estudio escrito de las simetrías de los cristales: “El copo de nieve de seis ángulos” (“Strena Seu de Nive Sexangula”) de Johannes Kepler, realizado en 1611.



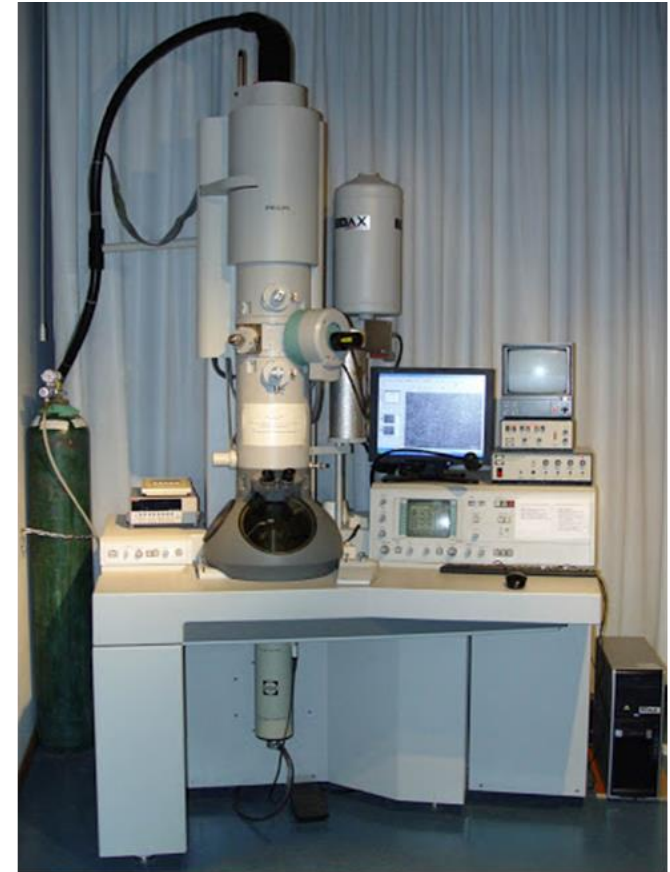
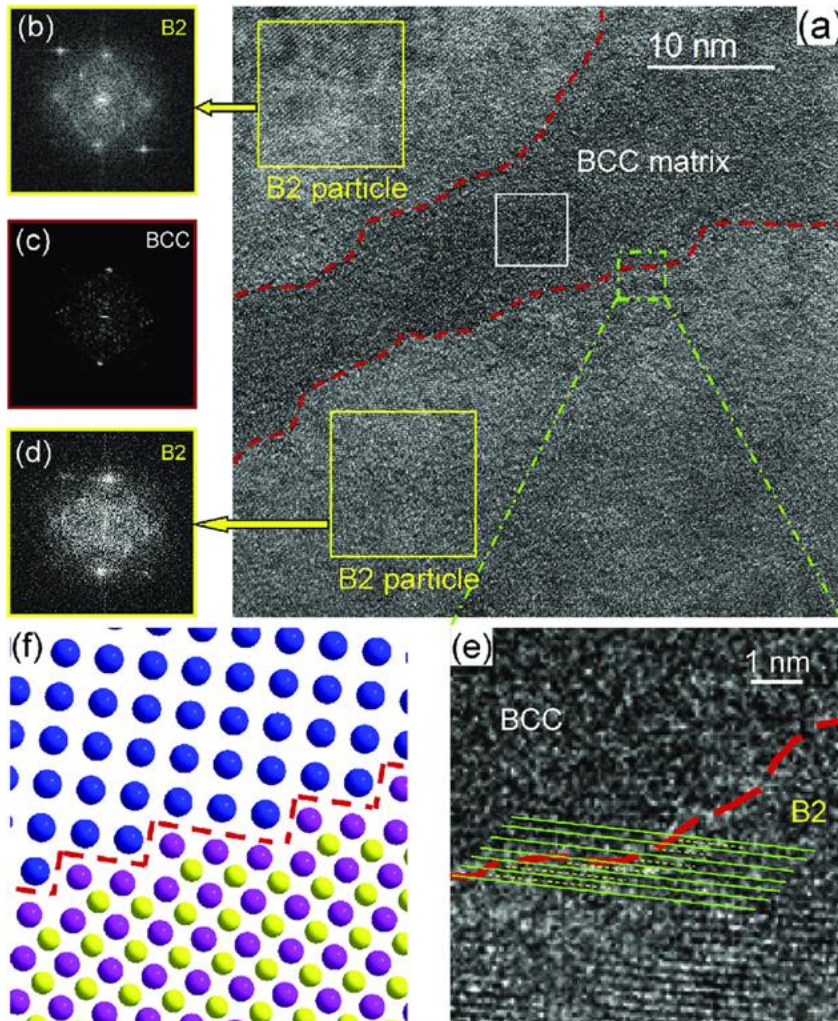
¿Cómo reconocemos a un cristal?

➡ Los **CRISTALES** presentan algunas características como:

- ◆ brillo
- ◆ caras y vértices definidos
- ◆ formas regulares



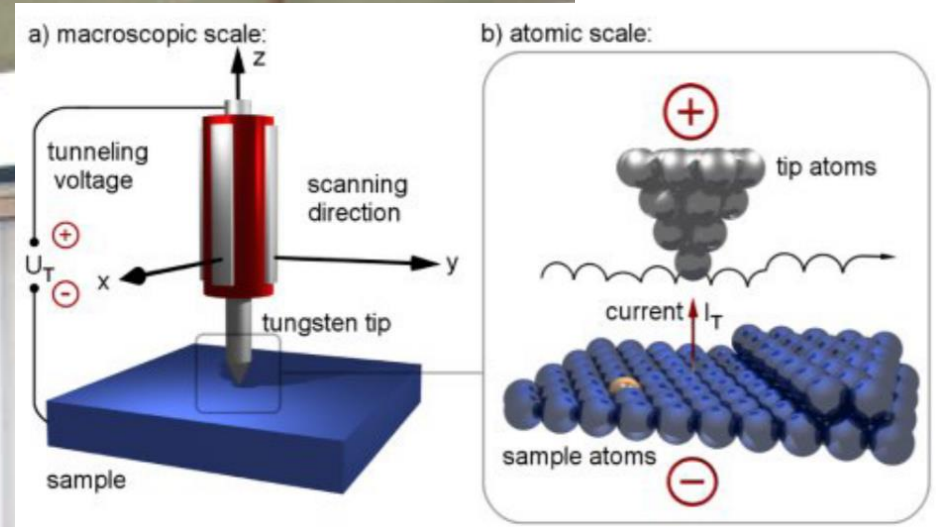
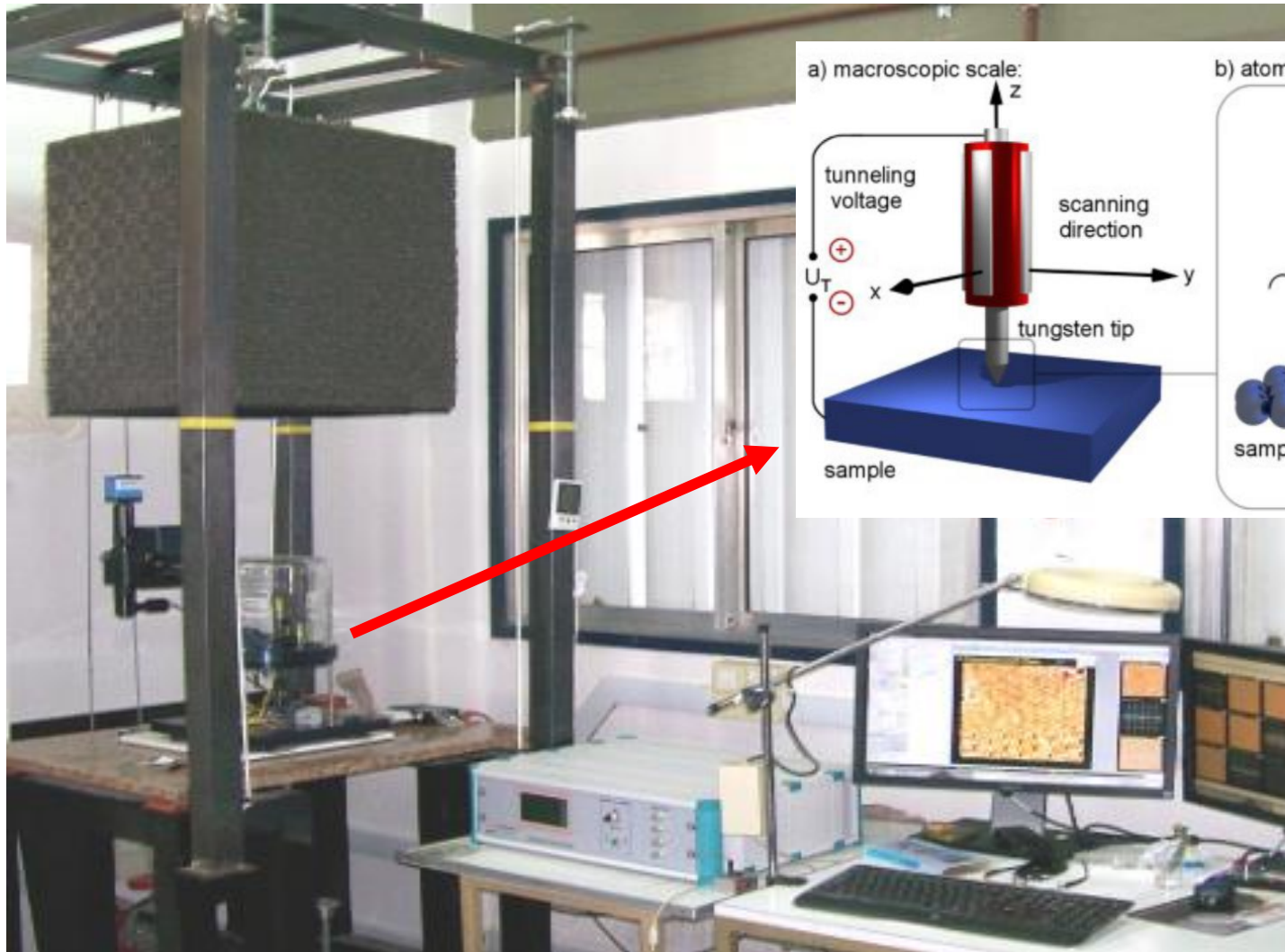
¿Cómo sabemos si los átomos están ordenados? ¿Se pueden ver los átomos? La Microscopía Electrónica de Transmisión



**Centro Atómico Bariloche,
Bariloche, Argentina**

¿Cómo sabemos si los átomos están ordenados? ¿Se pueden ver los átomos?

Microscopía Túnel de Barrido



***¿Cómo sabemos si los átomos están
ordenados? ¿Se pueden ver los átomos?
Microscopía Túnel de Barrido***

HOPG

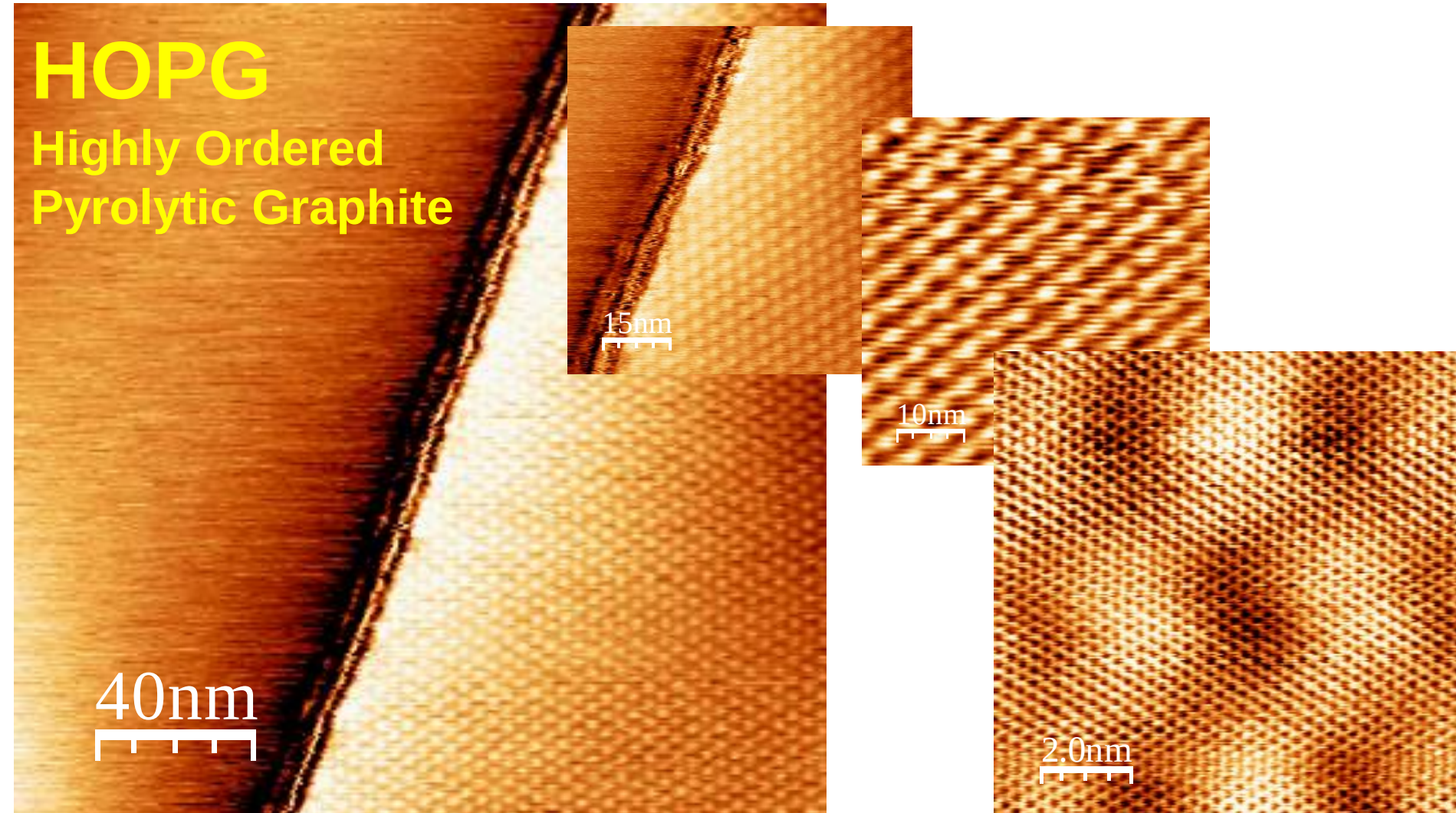
**Highly Ordered
Pyrolytic Graphite**

40nm


15nm


10nm

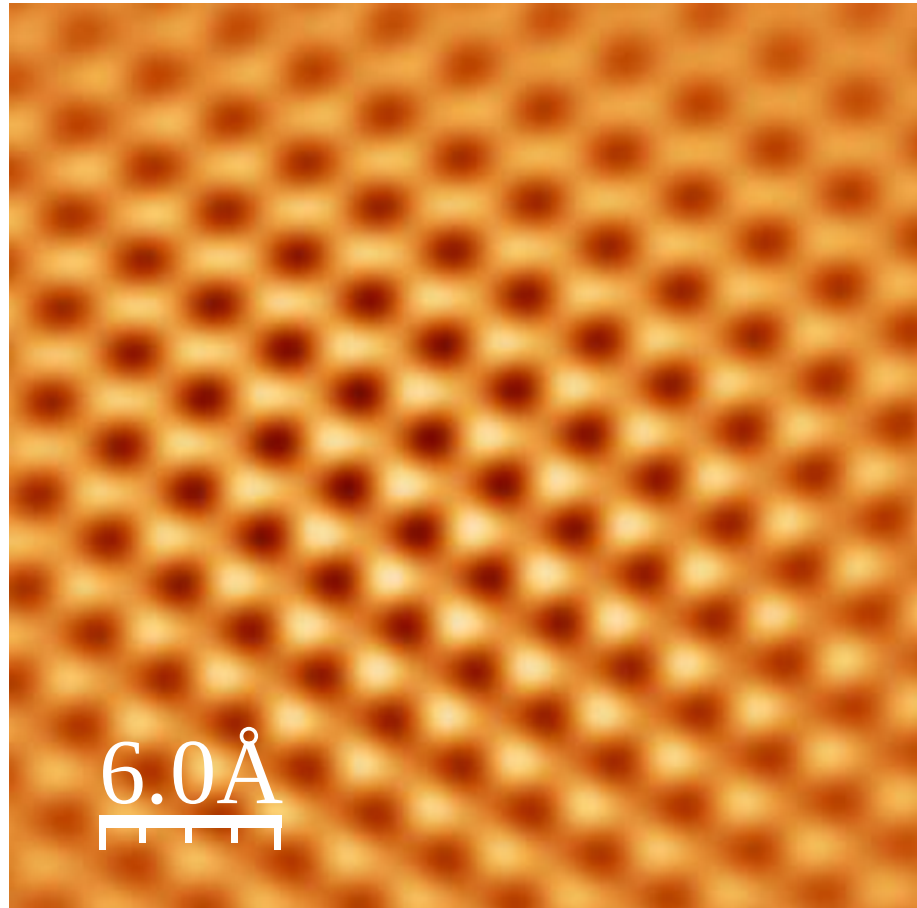
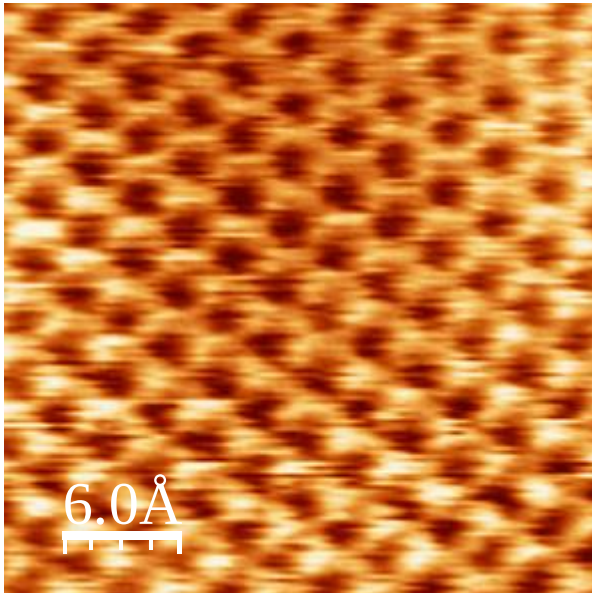

2.0nm

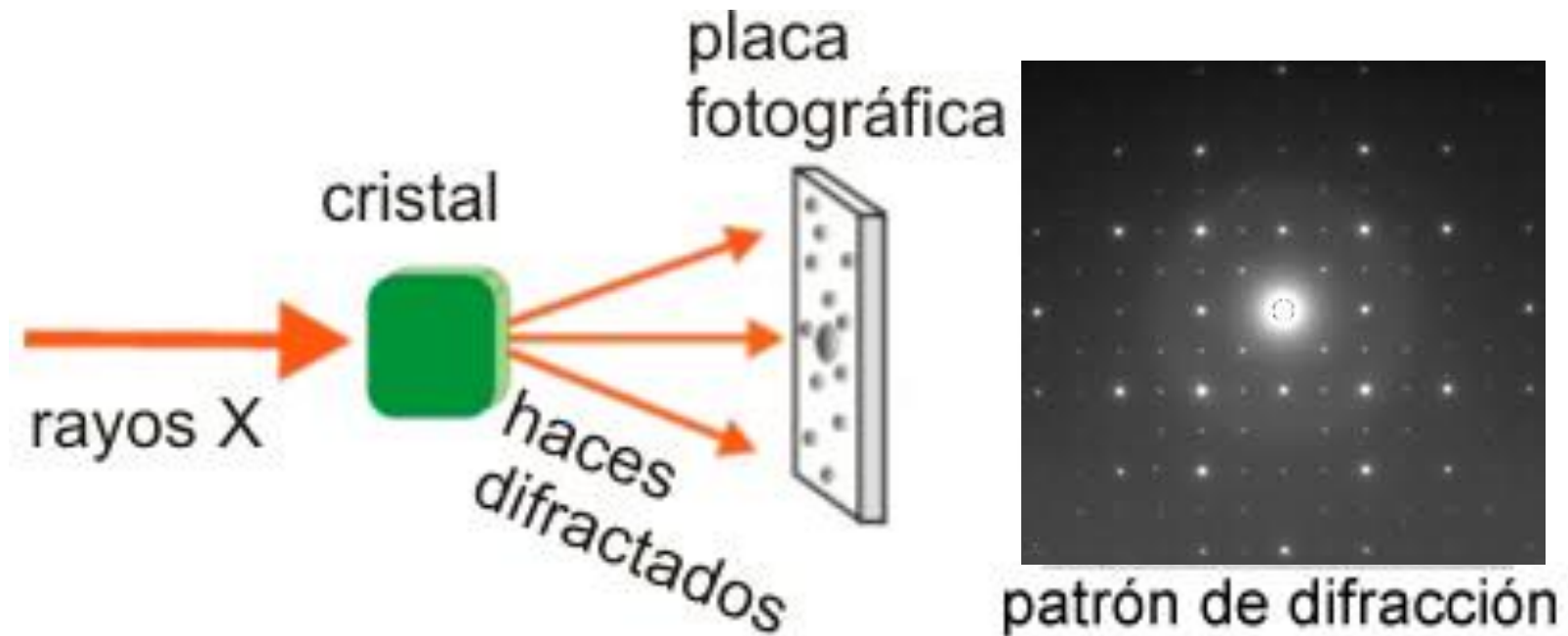
*¿Cómo sabemos si los átomos están
ordenados? ¿Se pueden ver los átomos?
Microscopía Túnel de Barrido*

HOPG

**Highly Ordered
Pyrolytic Graphite**



¿Cómo sabemos si los átomos están ordenados? La Difracción de rayos X



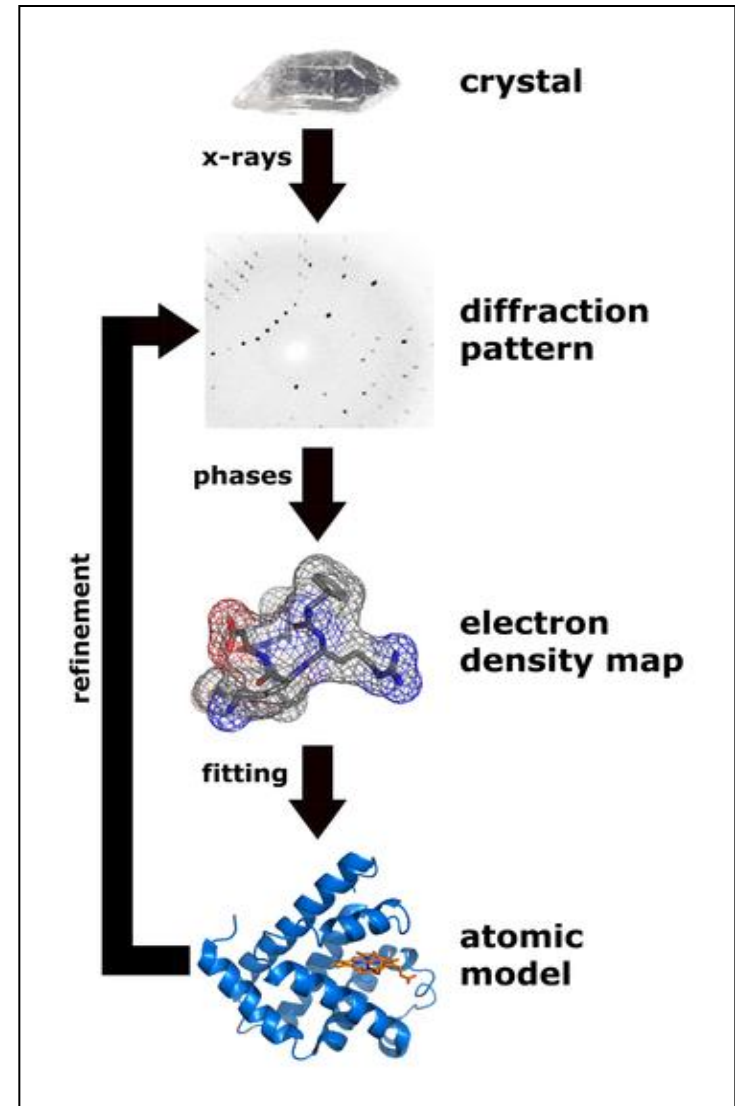
Las longitudes de onda de los rayos X ($0,5 < \lambda < 2,5 \text{ \AA}$) son del orden de las distancias interatómicas. Esto nos permite estudiar la estructura cristalina de los sólidos.

¿Qué es la Cristalografía hoy?

En la actualidad la Cristalografía es la ciencia que estudia la estructura de la materia a nivel atómico o molecular, ya que esta información se relaciona muy fuertemente con las propiedades de los mismos.

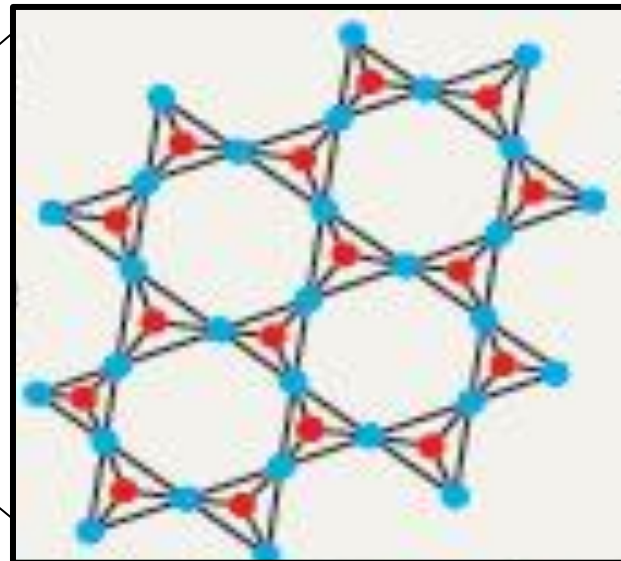
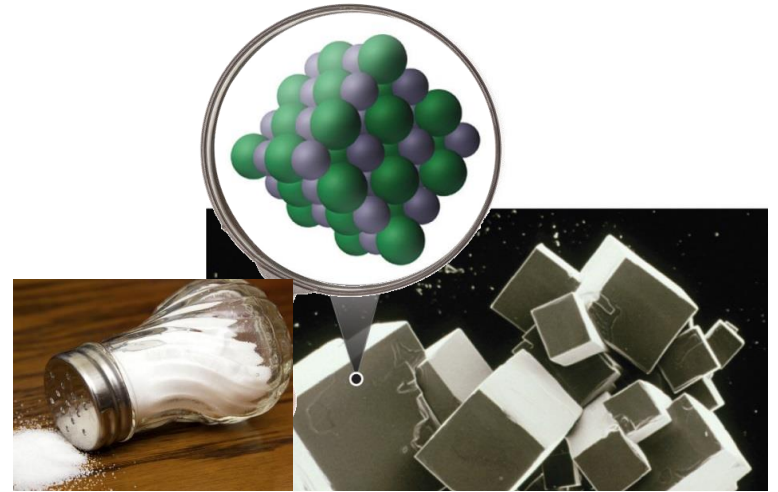
Si bien su desarrollo fue a partir de estudios por difracción de rayos X, hoy en día también abarca las técnicas de difracción de neutrones y de electrones.

Se aplica a todo tipo de material y en muchas áreas.

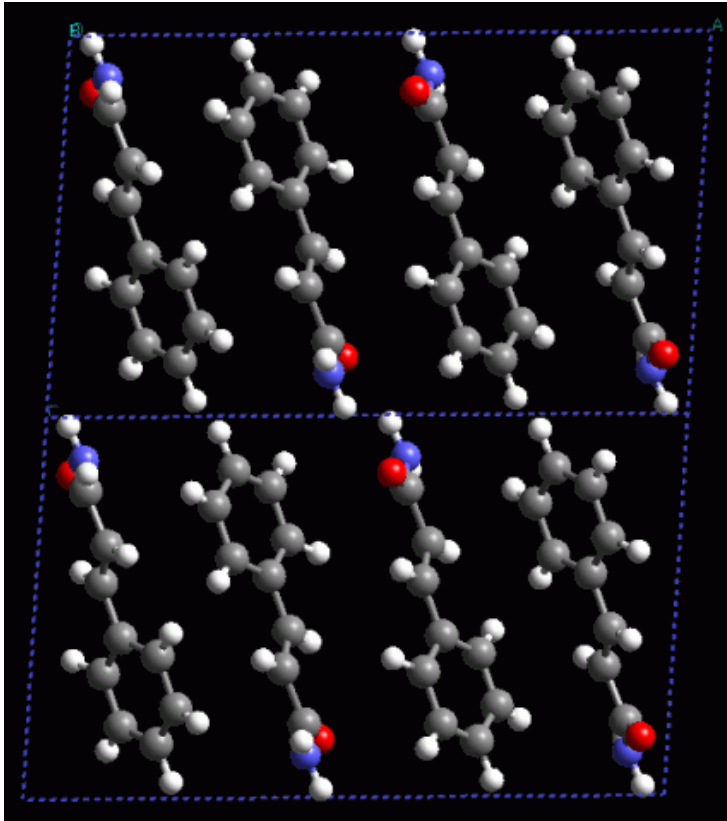


¿A qué llamamos “cristal”?

Denominamos cristal o material cristalino a aquél en el que los átomos, iones o moléculas que lo conforman están ordenados en forma periódica

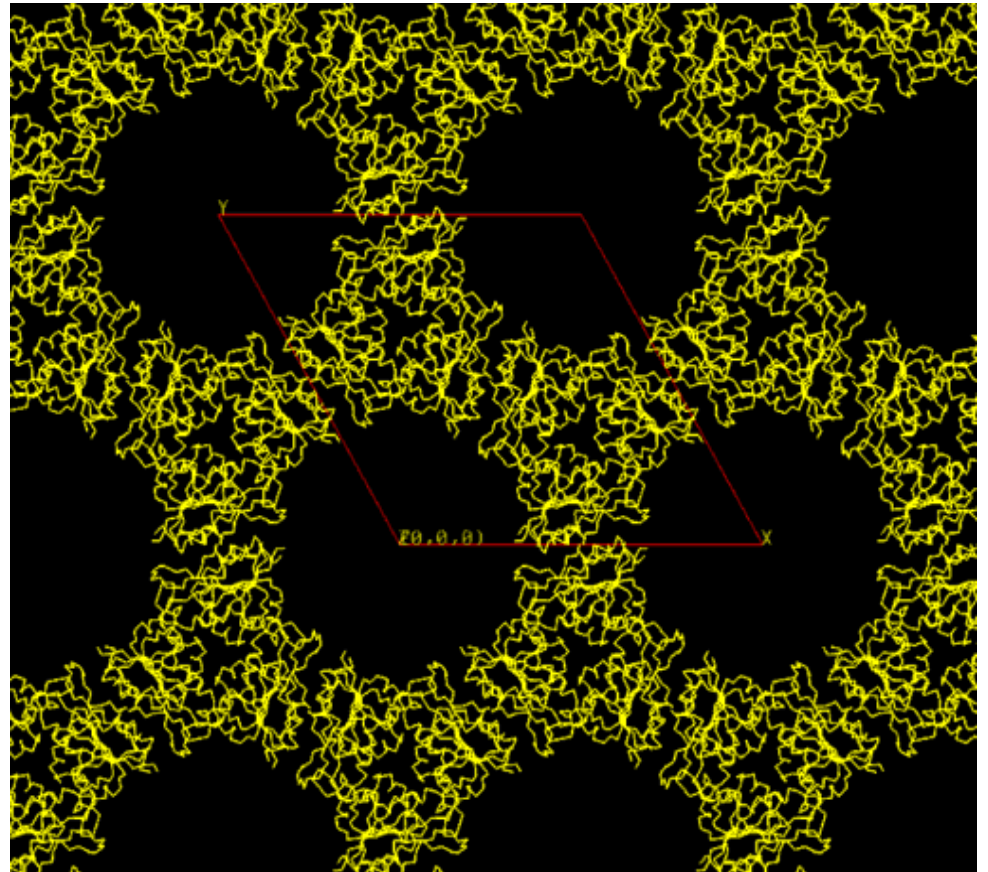


Podemos tener cristales de moléculas más grandes...



Material orgánico:
Cinamamida ($\text{C}_9\text{H}_9\text{NO}$)

Una proteína: AtHal3



¿Por qué es tan importante la Cristalografía?

Las propiedades de los materiales dependen de:

- ✓ **La composición química del sólido**
- ✓ **Las uniones químicas entre los átomos presentes**
- ✓ **El ordenamiento que presenten los átomos o moléculas**

MUCHOS COMPUESTOS PRESENTAN DISTINTAS FASES (FORMAS) CRISTALINAS Y LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS PUEDEN CAMBIAR DRAMÁTICAMENTE EN FUNCIÓN DEL ORDENAMIENTO ATÓMICO.

ESTE FENÓMENO SE CONOCE COMO POLIMORFISMO.

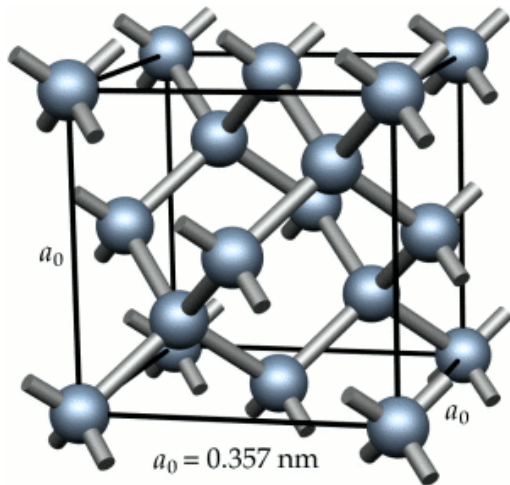
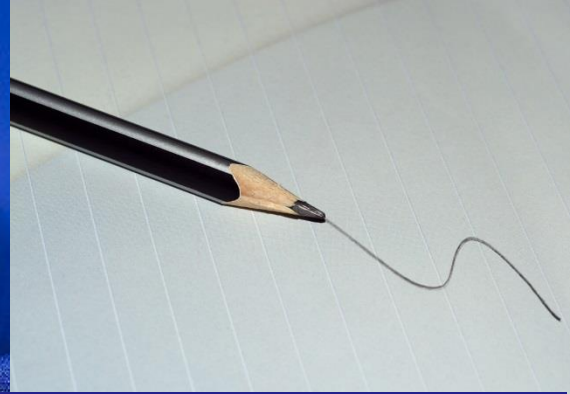
Ejemplo: Diamante vs. Grafito



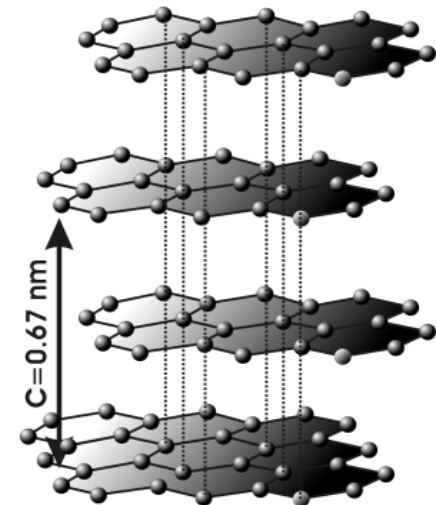
DIAMANTE



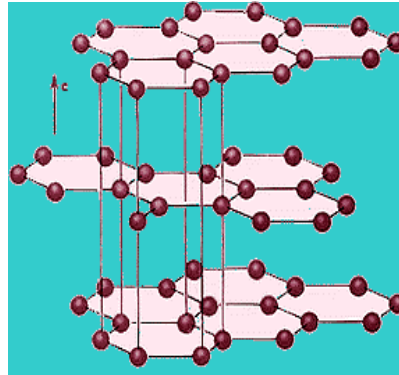
GRAFITO



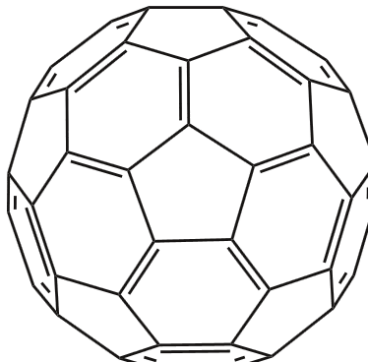
Ambos están
compuestos por
átomos de
CARBONO
pero **ordenados**
de diferente
manera



Nuevos materiales con carbono

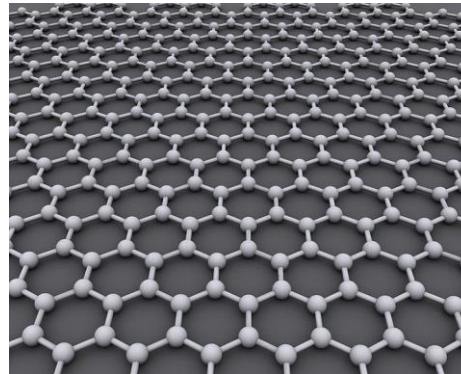


El grafito



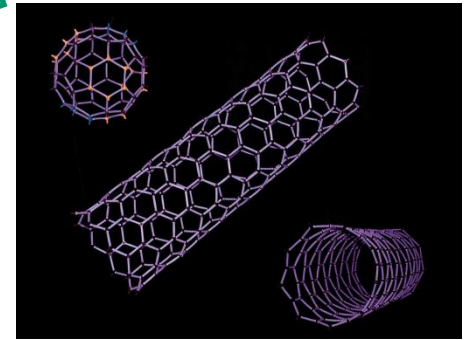
Los fullerenos

**H. Kroto, R. Curl y
R. Smalley Premio
Nobel en Química
1996**



El grafeno

Un cristal bidimensional



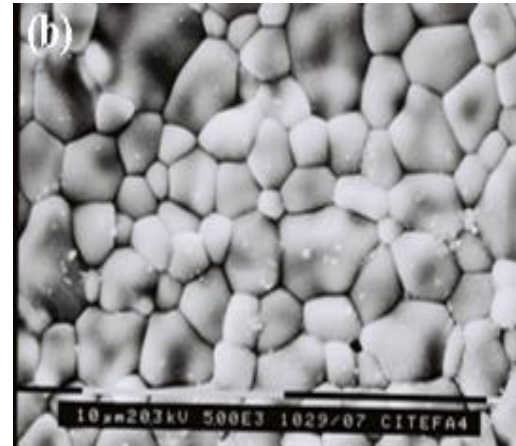
**Nanotubos de
carbono**

**A. Geim y
K. Novoselov
Premio Nobel en
Física 2010**

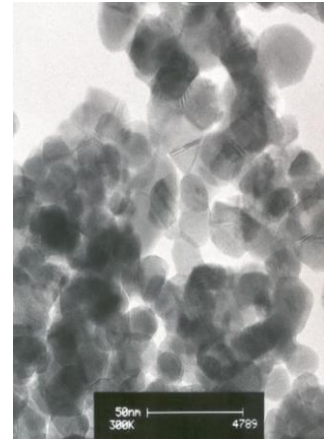
Monocristales vs. Policristales



Cuarzo



Cerámico



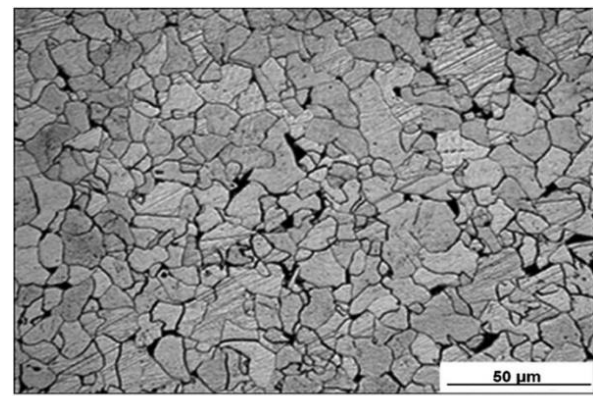
Nanopolvo



Fluorita



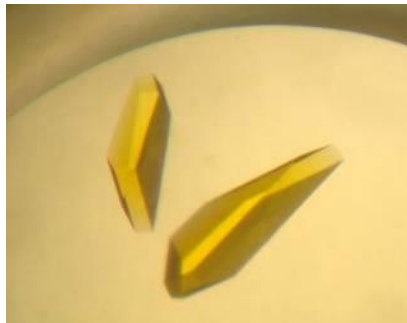
Yeso



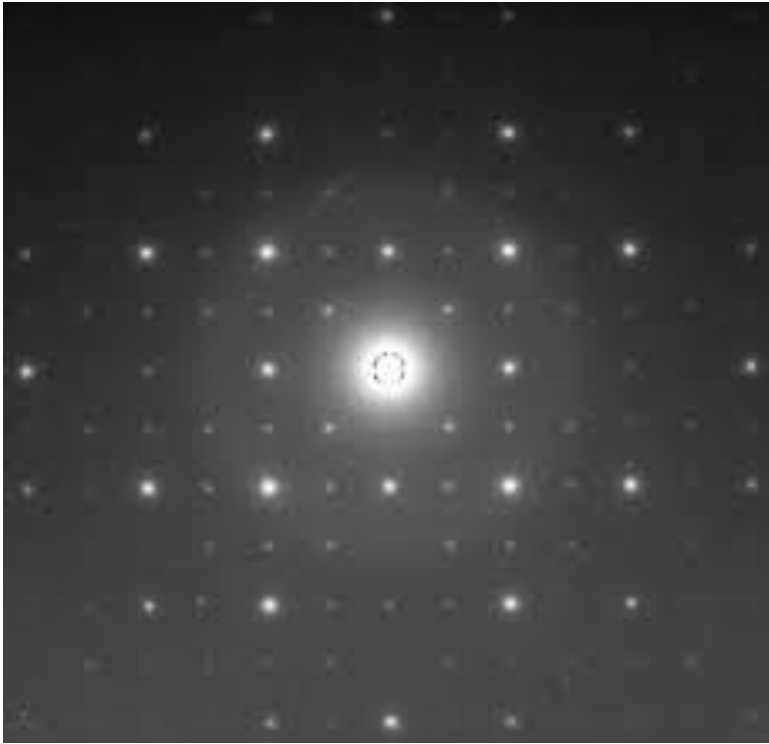
Acero

J Mater Res Technol. 2019;8:2919-31

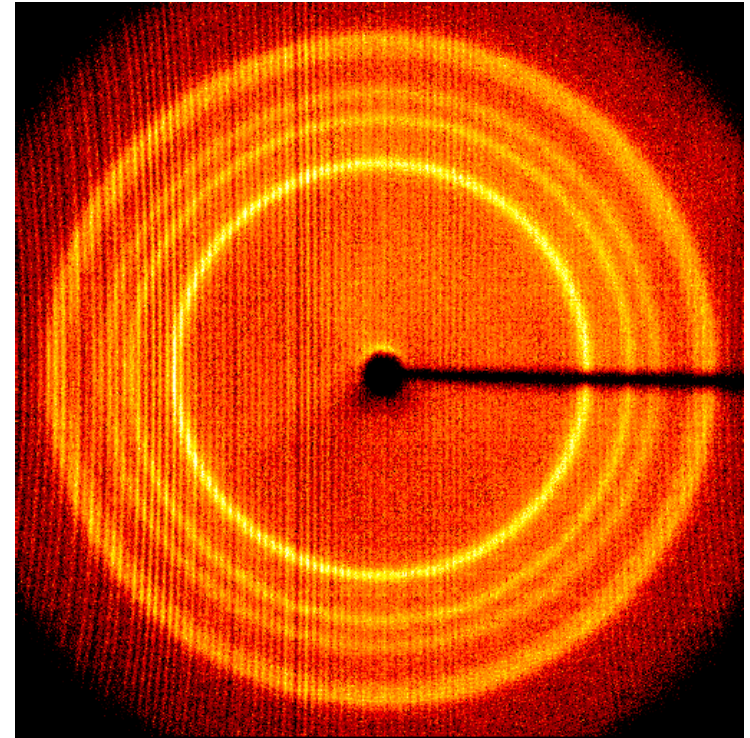
Monocristales vs. Policristales



Monocristales vs. Policristales



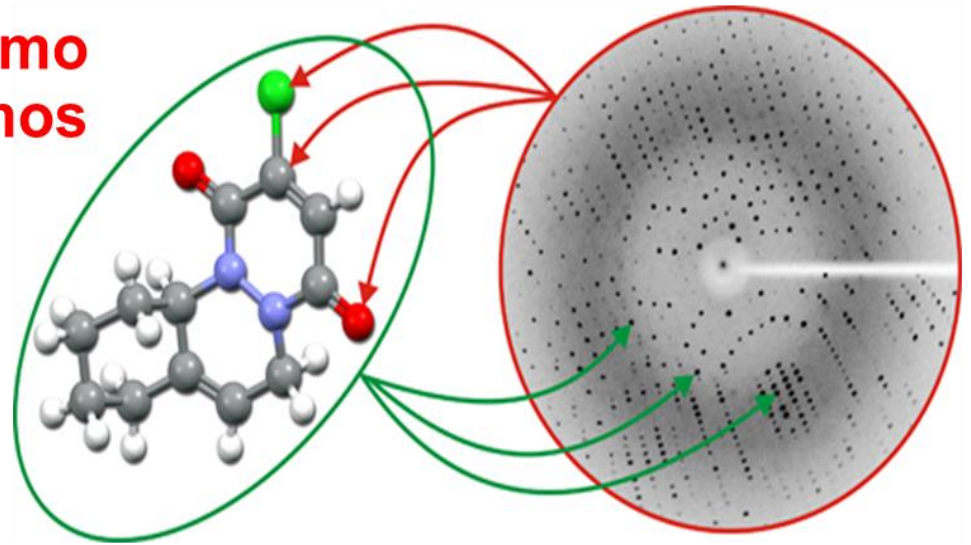
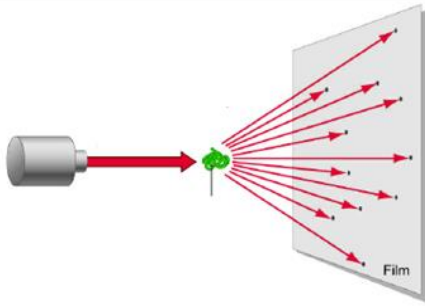
Patrón de difracción de
puntos bien definidos



Patrón de circunferencias
por tener muchísimos
cristales orientados al azar

Difracción de rayos X de monocristal

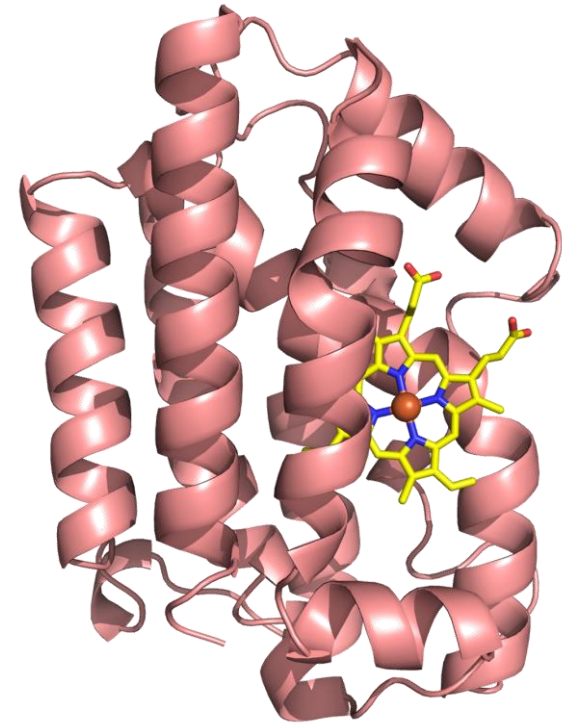
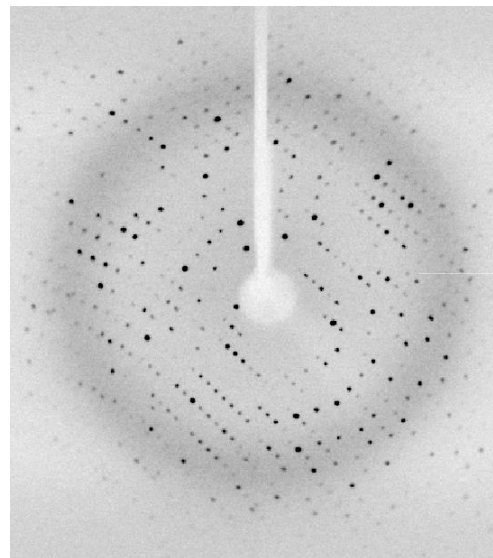
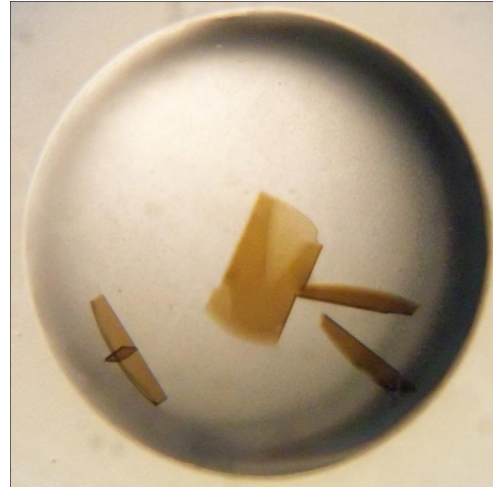
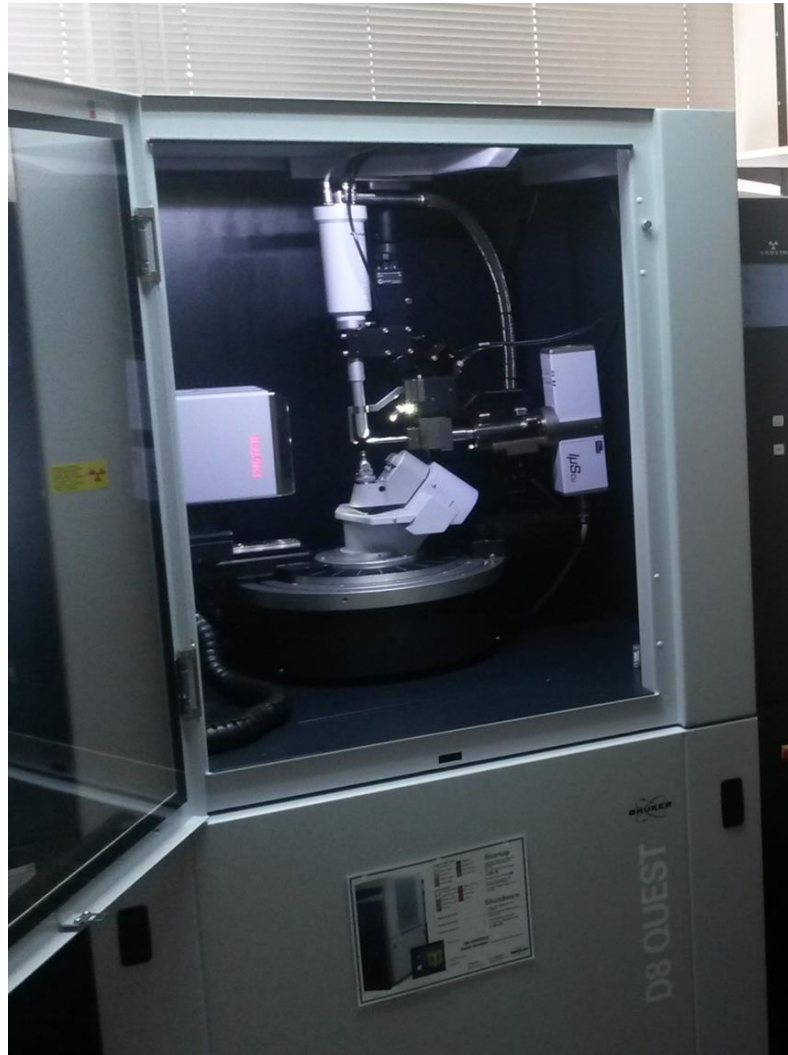
Se usa para determinar cómo están ordenados los átomos en la sustancia elegida.



El fenómeno de **DIFRACCIÓN DE RAYOS X POR CRISTALES** se debe a 2 condiciones fundamentales:

- ◆ Los átomos o las moléculas del material están ordenados
- ◆ La longitud de onda de los rayos X es del mismo orden de magnitud de las distancias interatómicas: ambas son del orden de los Å ($1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ m}$)

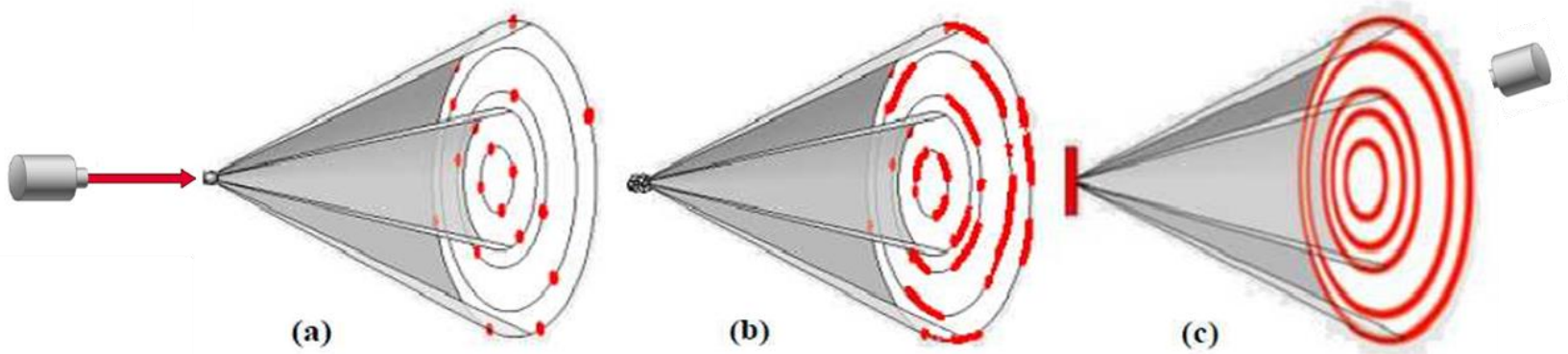
Difractómetro de rayos X de monocristal aplicado a Cristalografía de Proteínas



**Enzima hemo oxigenasa
de la bacteria patógena
*Leptospira interrogans***

Instituto Leloir, Buenos Aires, Argentina

Difracción de rayos X de polvos



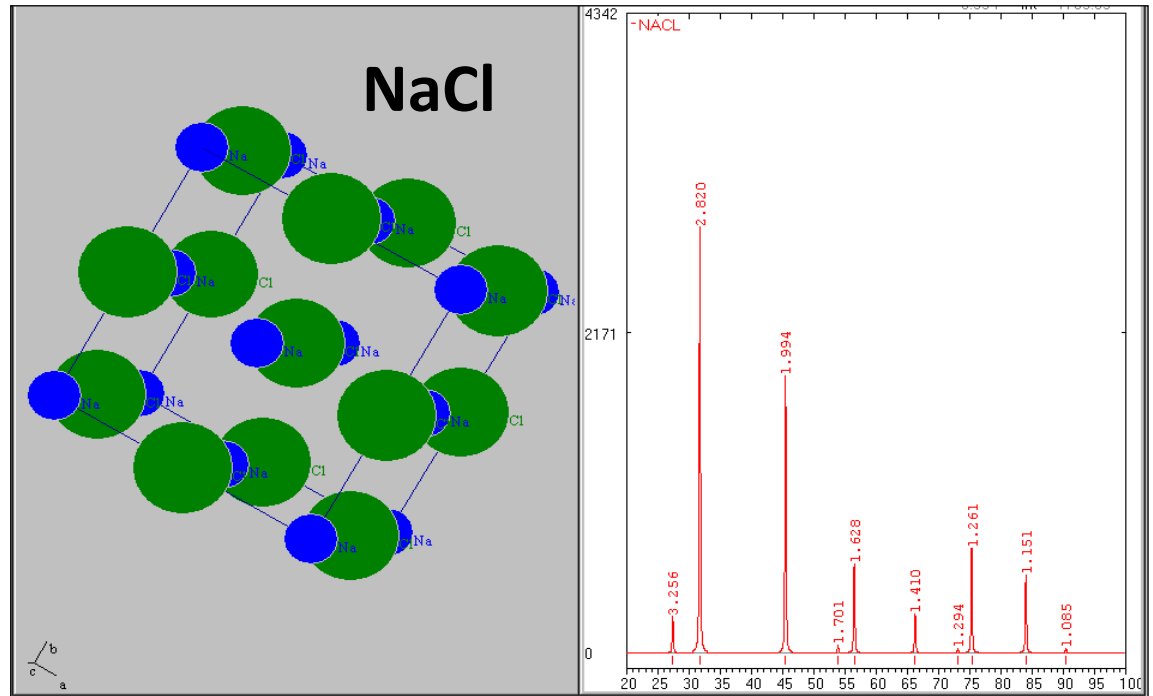
Monocrystal

**Muestra
Policristalina
inadecuada**

**Muestra
policristalina
ideal**

El método de polvos (policristales) se basa en el estudio de muchos cristales micrométricos orientados al azar. Se suele utilizar un detector puntual que va intersecando los conos de difracción al barrer el ángulo entre el haz incidente y el haz difractado, 2θ .

La Difracción de rayos X de polvos

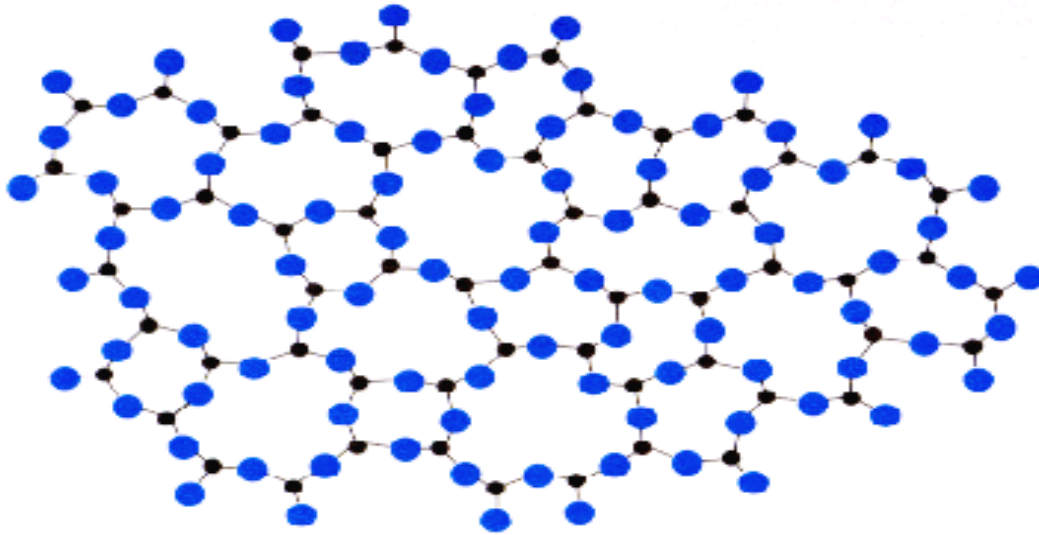
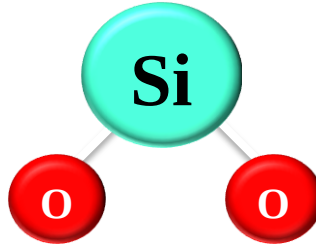


Difractómetro de polvos (Laboratorio de Cristalografía Aplicada, ITECA UNSAM-CONICET, Argentina)

Si la muestra es policristalina, el patrón de difracción se convierte a picos (líneas) que son una huella digital de la sustancia analizada. Cada fase (forma) cristalina da una señal característica.

Los materiales amorfos

Molécula de una sustancia muy común en la Tierra: el óxido de silicio (SiO_2)



copas... ¿de cristal? 🤔

En los materiales amorfos los átomos se encuentran **desordenados**, sólo hay un cierto orden a corto alcance. Por ejemplo, éste es el caso de los vidrios.

2022



Asociación Argentina de Cristalografía



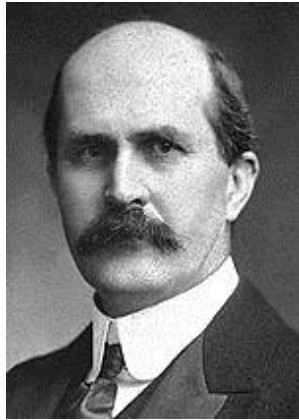
“Asociación Argentina de Materiales Amorfos”

La historia de la Cristalografía moderna

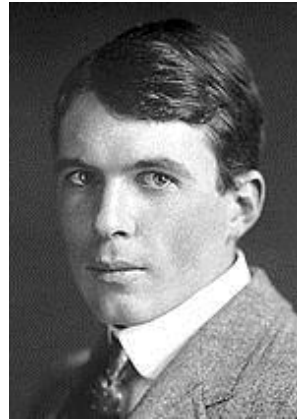
110 años sorprendentes



M. von Laue



W.H. Bragg



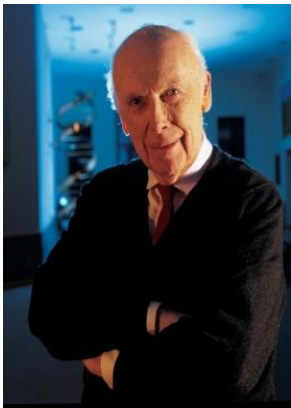
W.L. Bragg



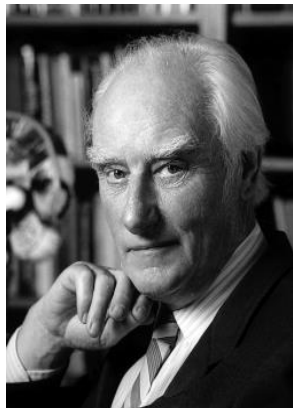
M. Perutz



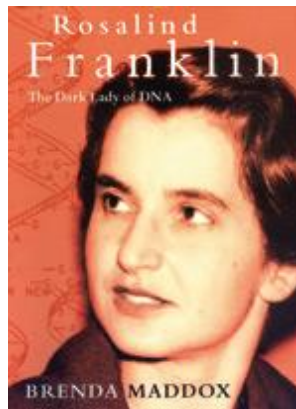
D. Hodgkin



J. Watson



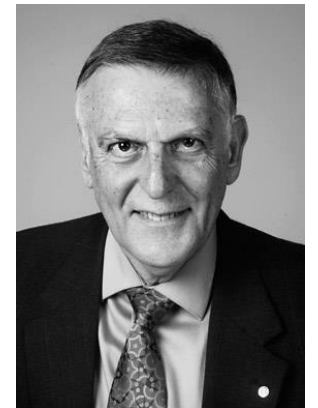
F. Crick



R. Franklin



A. Yonath



D. Shechtman



Wilhelm Röntgen (1845-1923)

Premio Nobel en Física 1901 por el descubrimiento de los rayos X.

Descubrió (accidentalmente?) los rayos X el 8 de noviembre de 1895.



**22 de diciembre
de 1895**

***Realizó la primera
radiografía (analizó la
mano de su esposa Berta)
el 22 de diciembre de
1895. En pocos días
mejoró mucho su calidad.***



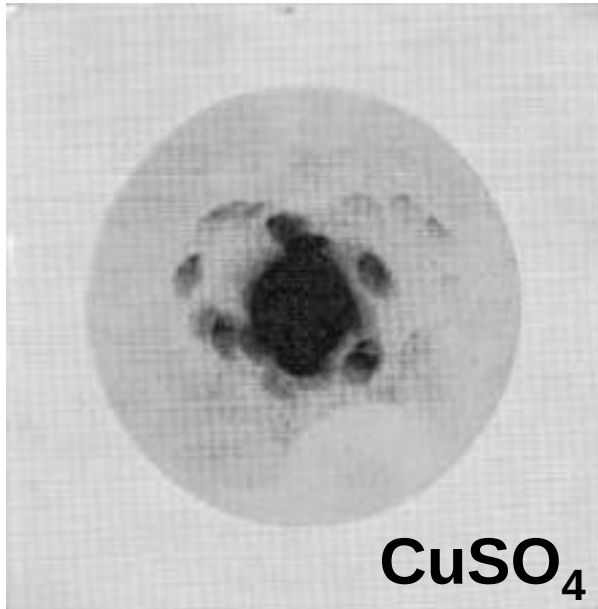
**Presentada el 1º de
enero de 1896**



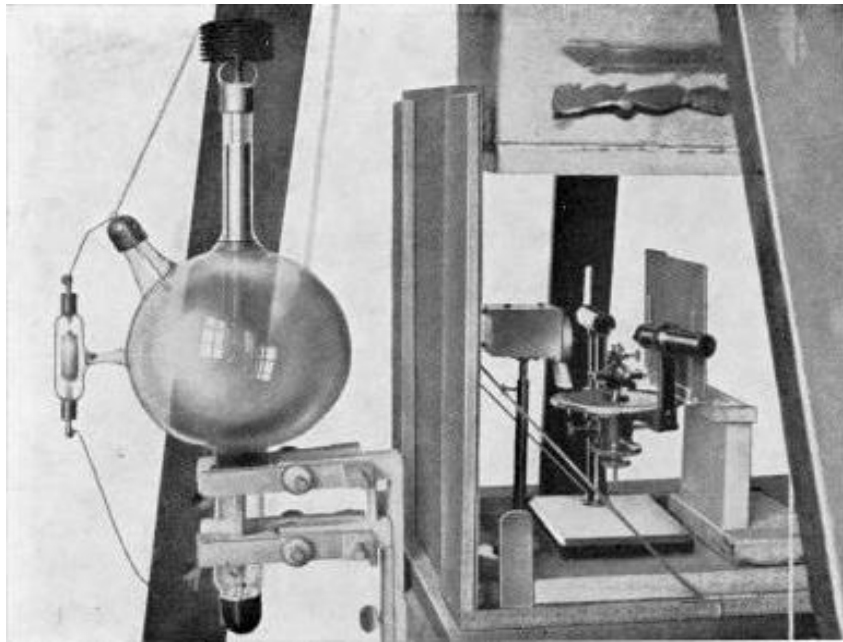
Max von Laue (1879-1960)

Premio Nobel en Física 1914 por el descubrimiento de la difracción de los rayos X a través de los cristales.

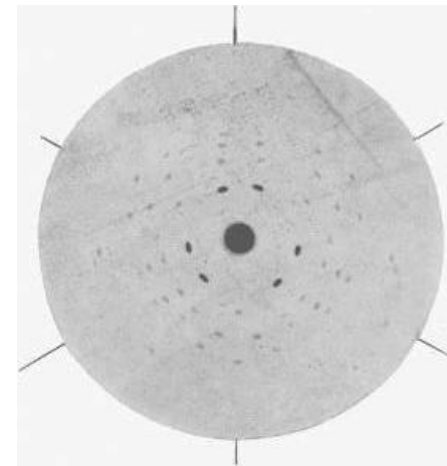
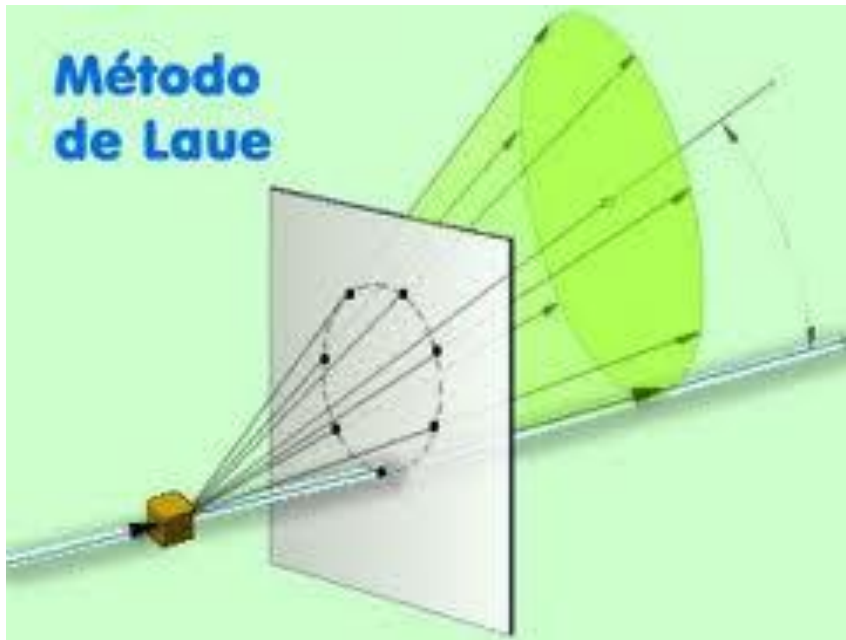
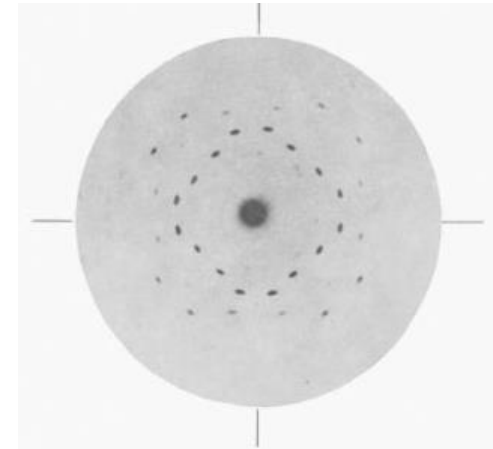
Primer experimento exitoso de difracción de rayos X: 21 de abril de 1912.



Primer patrón medido por Walter Friedrich y Paul Knipping, asistentes de Laue, que demuestra la existencia del fenómeno de difracción.



El experimento...



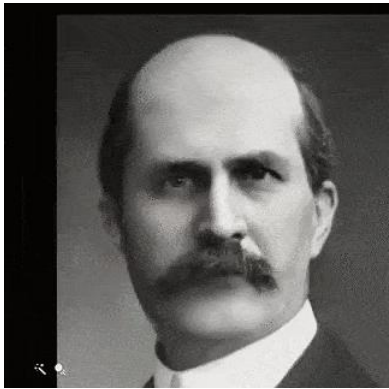
***Ejes de rotación de orden 3 y 4
observados por Laue en ZnS***



¿Por qué el experimento de Laue fue tan importante para la Cristalografía?

Con su experimento, Laue demostró simultáneamente dos hechos muy importantes:

- 1) Los rayos X son radiación electromagnética de longitud de onda muy corta.*
- 2) La materia está formada por estructuras ordenadas en forma periódica (átomos o moléculas) con distancias características del mismo orden.*



William H. Bragg (1862-1942)

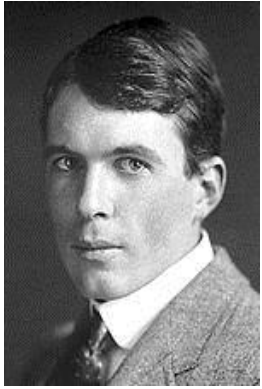
William L. Bragg (1890-1971)



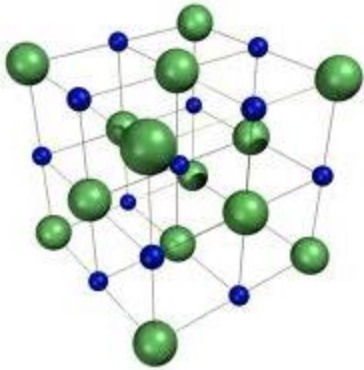
Los Bragg, padre e hijo, recibieron el **Premio Nobel en Física 1915** por sus aportes en el análisis de la estructura cristalina mediante difracción de rayos X.

W.L. Bragg es la persona más joven que recibió un Premio Nobel de ciencia (a los 25 años!!).

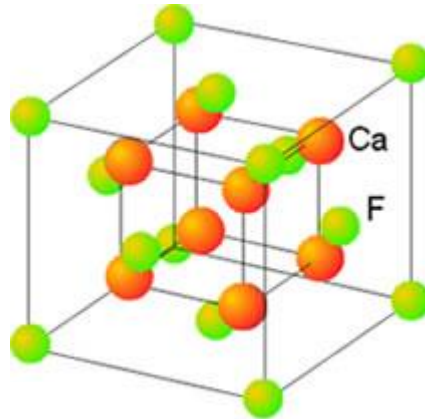
Los aportes más importantes fueron de W.L. Bragg, que logró resolver la estructura de varios compuestos inorgánicos analizando su patrón de difracción de rayos X. La primera estructura resuelta fue la del cloruro de sodio.



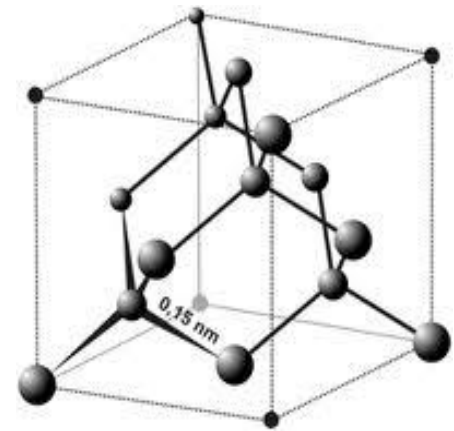
W.L. Bragg publicó en 1913 la resolución de la estructura cristalina de NaCl, KCl, KBr, ZnS, CaF₂ y CaCO₃.



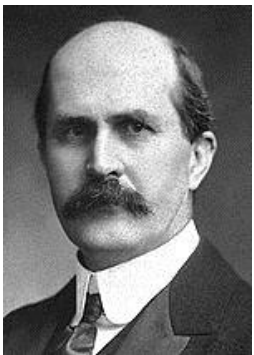
NaCl;KCl;KBr



CaF₂



Diamante



W.H. Bragg hizo importantes aportes en el arreglo experimental que permitieron medir con más precisión. Además, resolvió la estructura cristalina del diamante.

Los padres de la Cristalografía de Rayos X

También fundaron los principios de la Física y Química del Sólido, la Ciencia de Materiales, etc.



1901



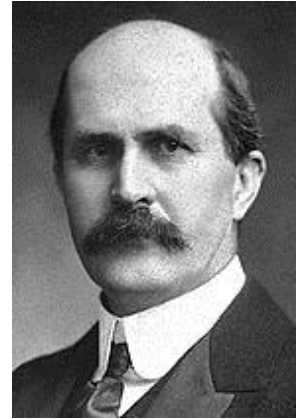
W. Röntgen
1845-1923



1914



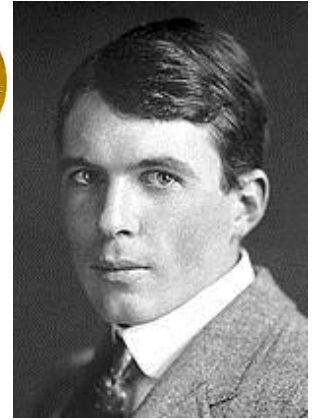
M. von Laue
1879-1960



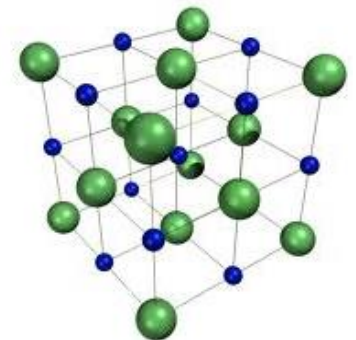
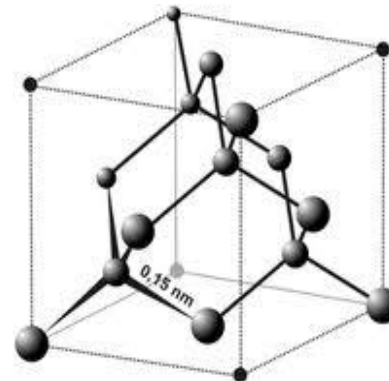
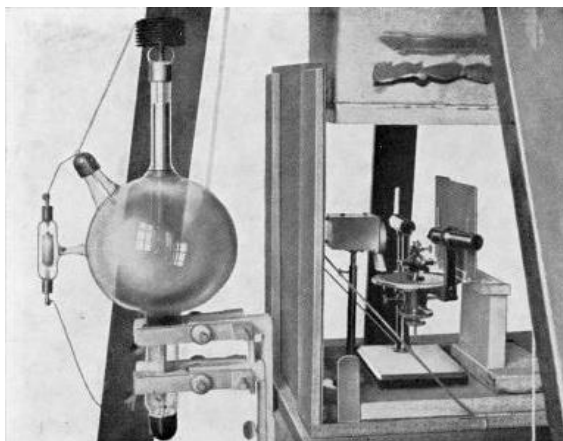
W.H. Bragg
1862-1942



1915



W.L. Bragg
1890-1971



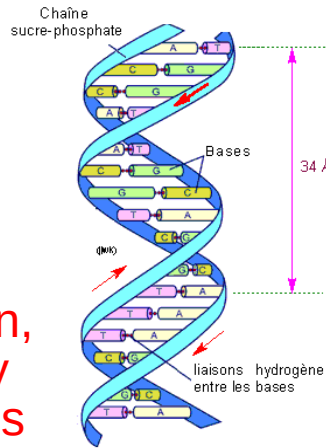
¿Qué pasó después?

¡Se encontraron aplicaciones sorprendentes!



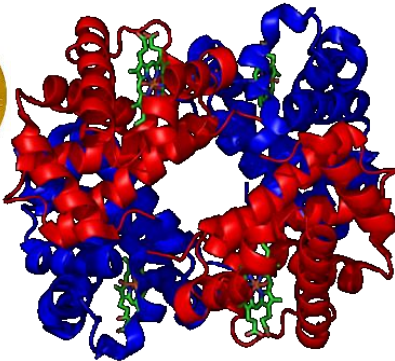
1962

El ADN:
J. Watson,
F. Crick y
M. Wilkins



1962

Primeras proteínas:
M. Perutz y J. Kendrew



1964

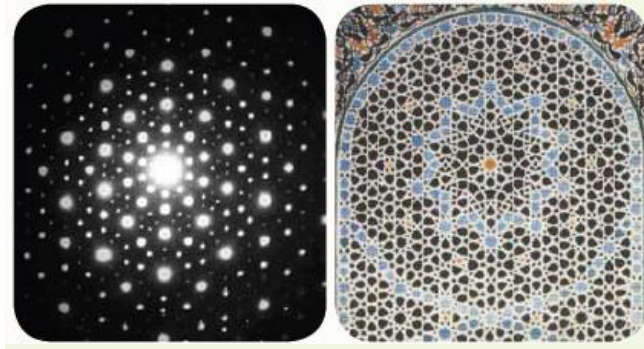
La penicilina y la insulina:
D. Hodgkin



2009

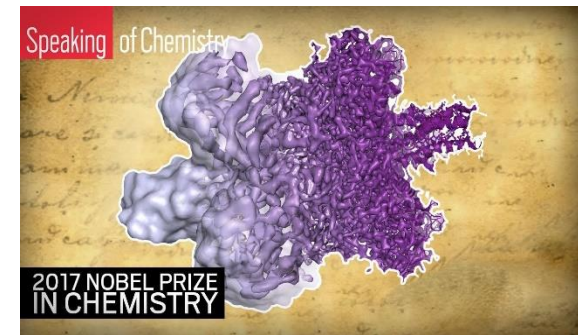
Ribosomas:
A. Yonath,
T. Steitz y
V. Ramakrishnan

Antes del trabajo de Ada Yonath se creía que era imposible cristalizar el ribosoma para su estudio por difracción de rayos X. Sus investigaciones no solo demostraron lo contrario sino que le valieron el Premio Nobel de Química en el 2009.



2011

Los cuasicristales:
D. Shechtman



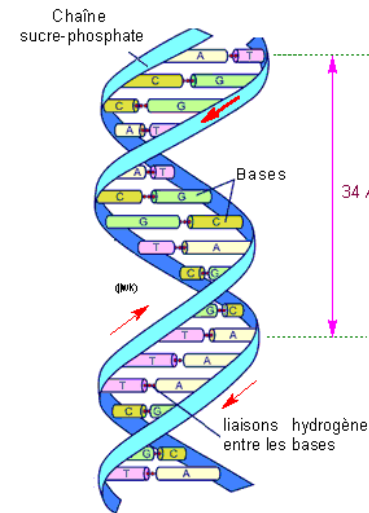
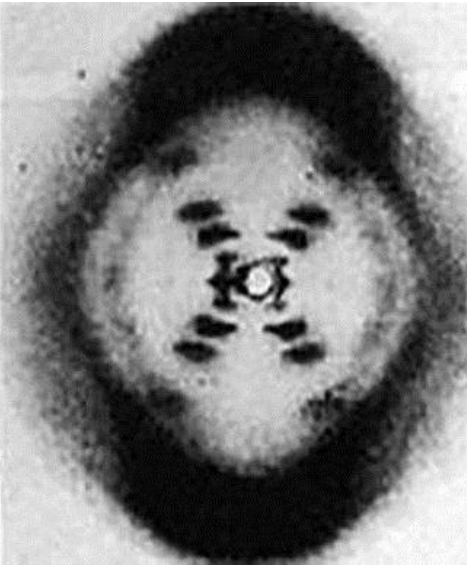
2017

Criomicroscopía: J. Dubochet, J. Frank y R. Henderson

Rosalind Elsie Franklin

Londres, 25 de julio de 1920 – Londres, 16 de abril de 1958

Rosalind Franklin la aplicó el fenómeno de difracción para resolver la estructura del **ADN** y fue pionera en la **Cristalografía de virus**.



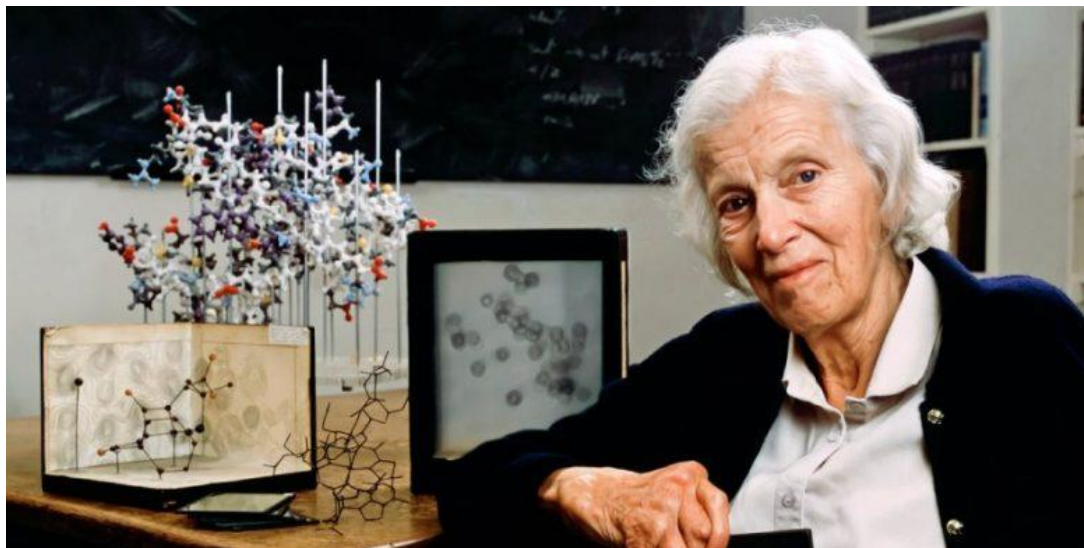
Dorothy Crowfoot Hodgkin

El Cairo, 12 de mayo de 1910 – Londres, 29 de julio de 1994

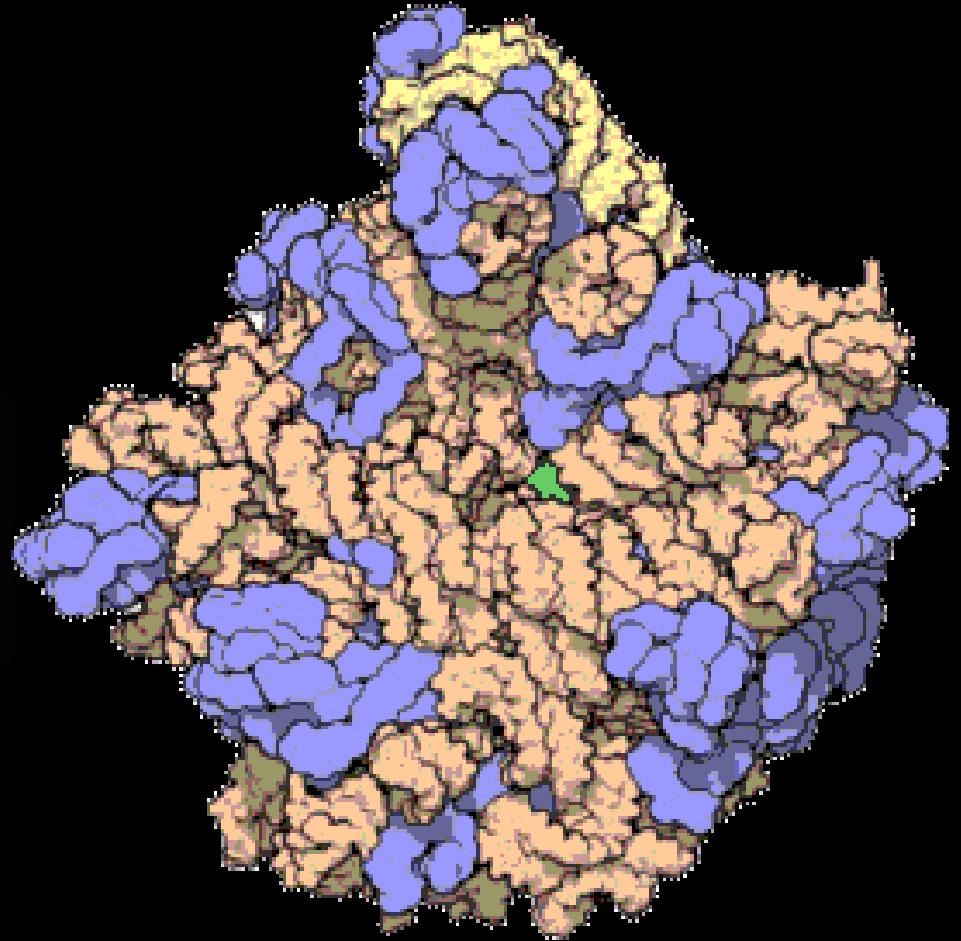
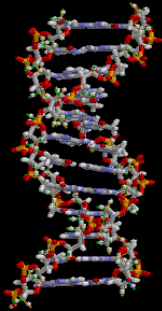
Dorothy Crowfoot Hodgkin recibió el Premio Nobel de Química en 1964 por la resolución de las estructuras de moléculas muy importantes para la salud humana como el **colesterol**, la **vitamina B12** y la **penicilina**. En 1969, logró determinar la estructura de la **insulina**, luego de 35 años de trabajo. Gracias a ella hoy en día tenemos insulina artificial.



1964



El Progreso de la Cristalografía



1913

hoy



El Progreso de la Cristalografía: Nuevas fuentes de rayos X



Nueva fuente Sirius!!

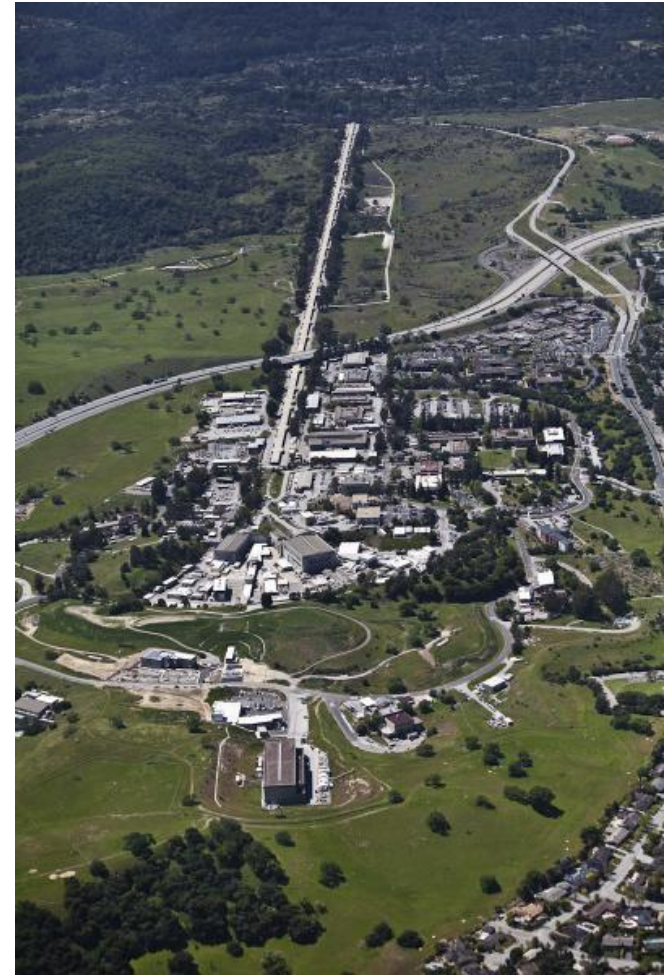
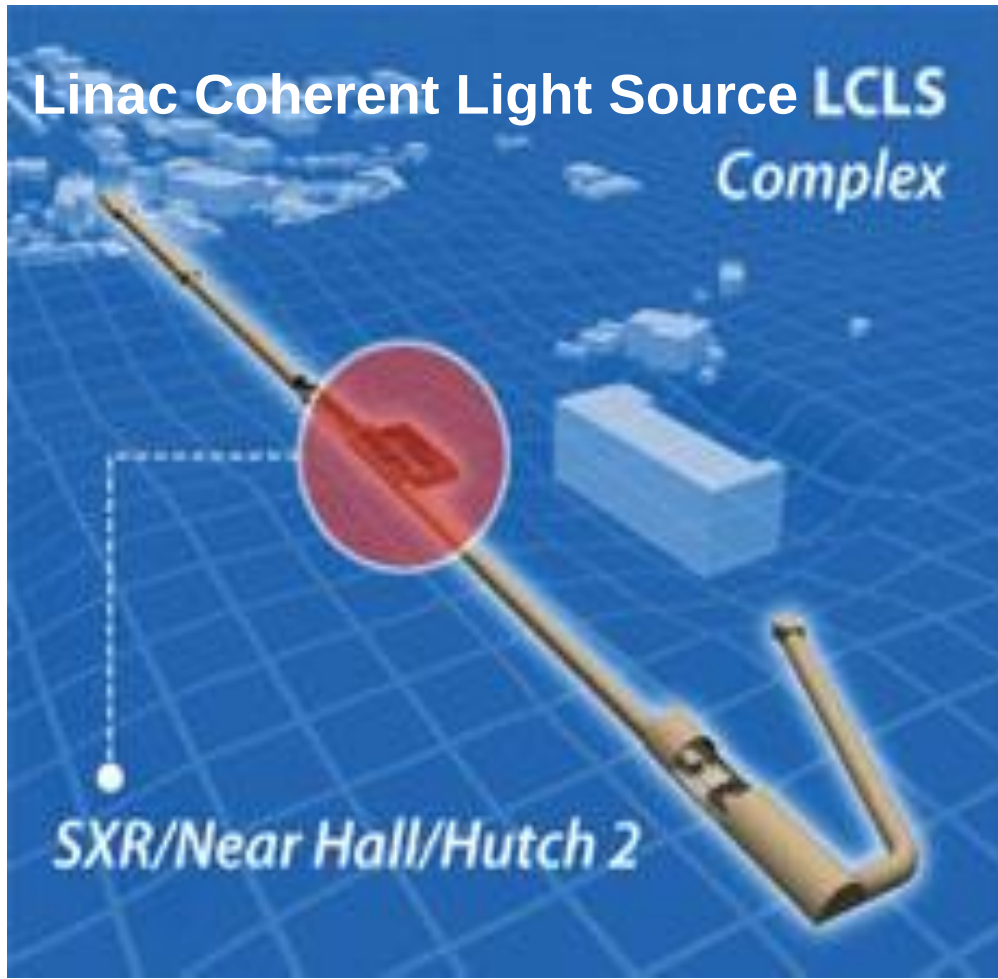
**Laboratorio Nacional de
Luz Sincrotrón (LNLS,
Campinas, Brasil)**

**European Synchrotron
Radiation Facility (ESRF,
Grenoble, Francia)**



Las fuentes de Luz Sincrotrón (1970 -)

El Progreso de la Cristalografía: Nuevas fuentes de rayos X



Y llega el láser de rayos X (2009 -)

¿En qué se aplica la cristalografía hoy?

¡La Cristalografía nos permite estudiar todo lo que nos rodea y se aplica a muchas industrias!

