



Concurso de Crecimiento de Cristales para Colegios Secundarios

Asociación Argentina de Cristalografía

# Taller Docente sobre Cristalografía y Crecimiento de Cristales

## PARTE 2

### Crecimiento de Cristales: Conceptos generales



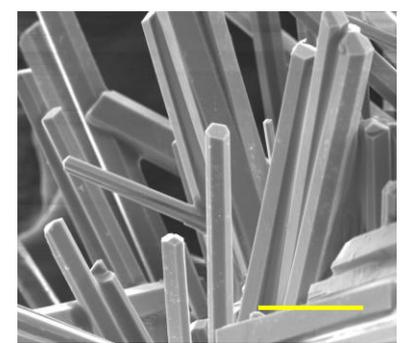
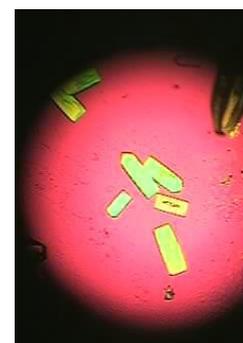
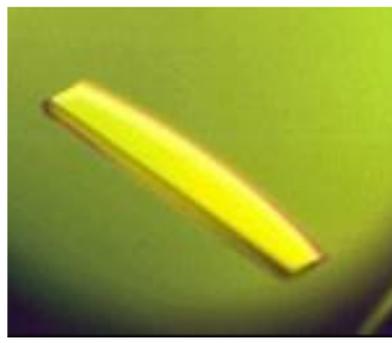
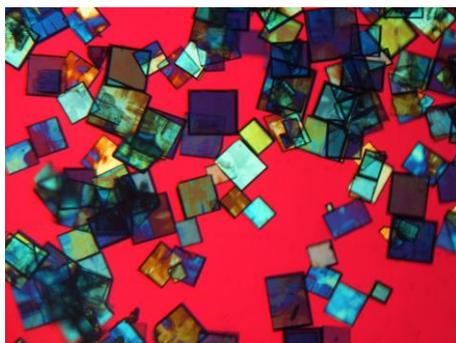
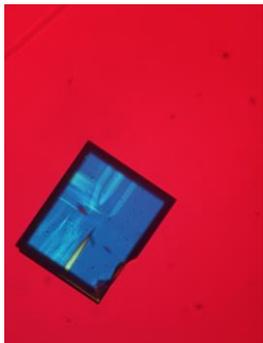
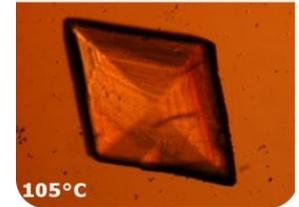
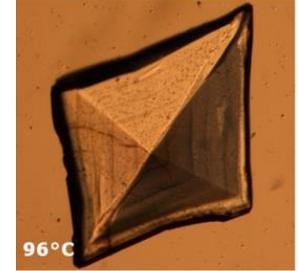
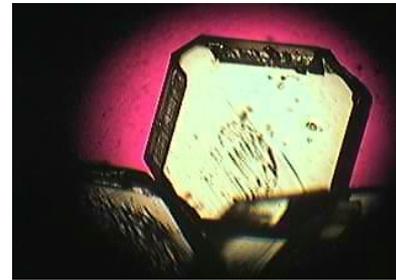
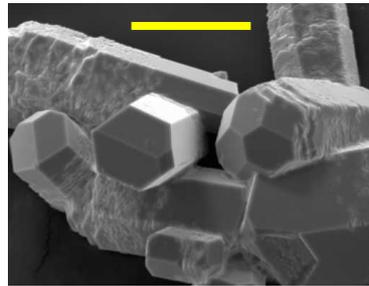
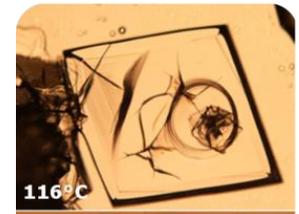
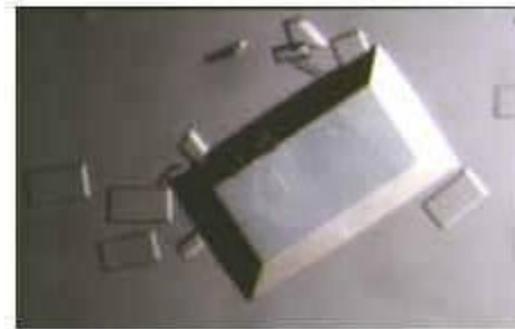
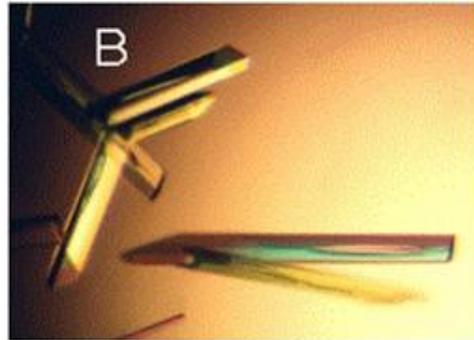
# CRISTALES NATURALES





# MONOCRISTALES OBTENIDOS EN EL LABORATORIO

➔ *Se observan diferentes hábitos cristalinos*





***La **crystalización** ocurre cuando las condiciones son energéticamente favorables para que los constituyentes formen uniones permanentes***



# CRISTALIZACION

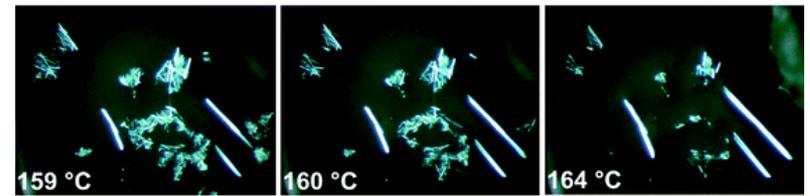
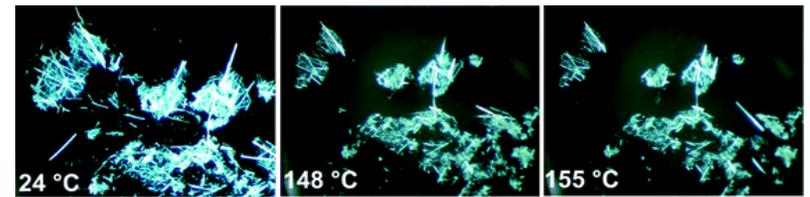
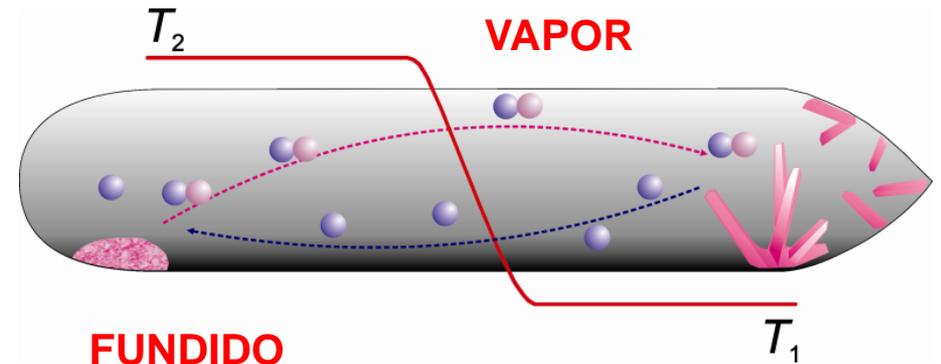
**La *crystalización* ocurre cuando las condiciones son energéticamente favorables para que los constituyentes formen uniones permanentes**



(a) **SOLUCION**



(b)



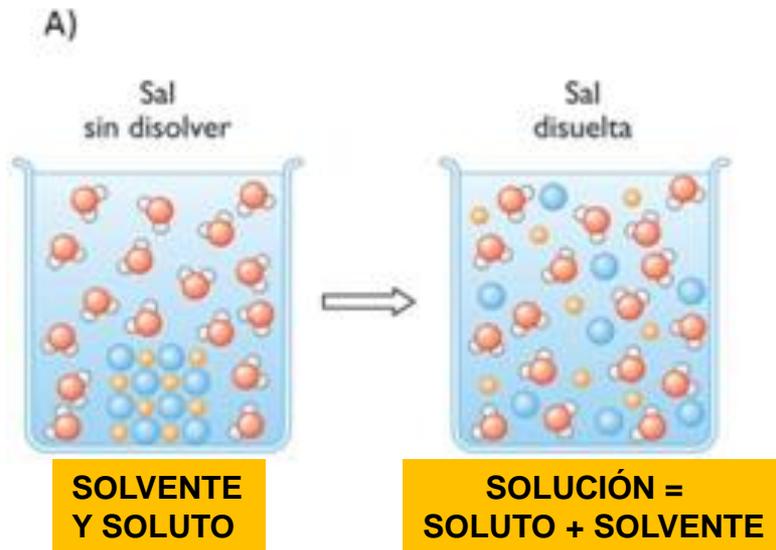
D

E

F



**SOLUCIÓN = SOLUTO + SOLVENTE**



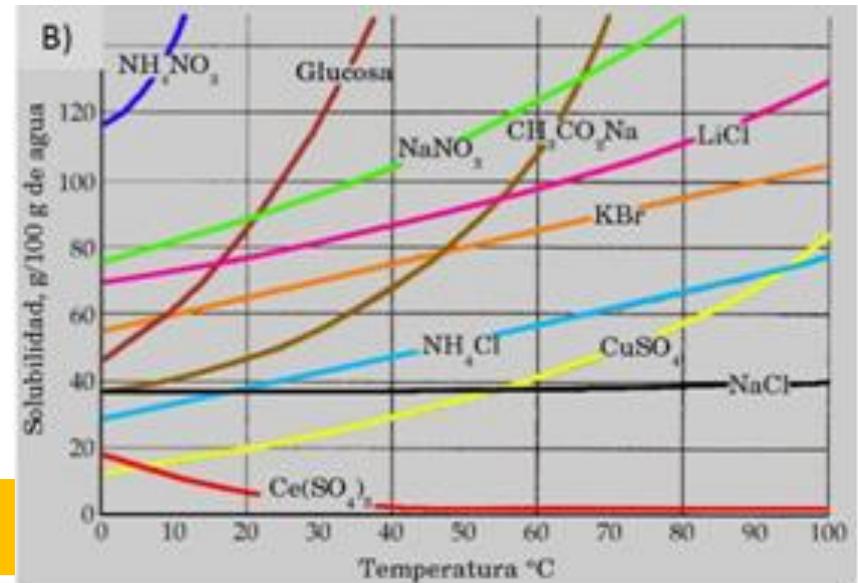
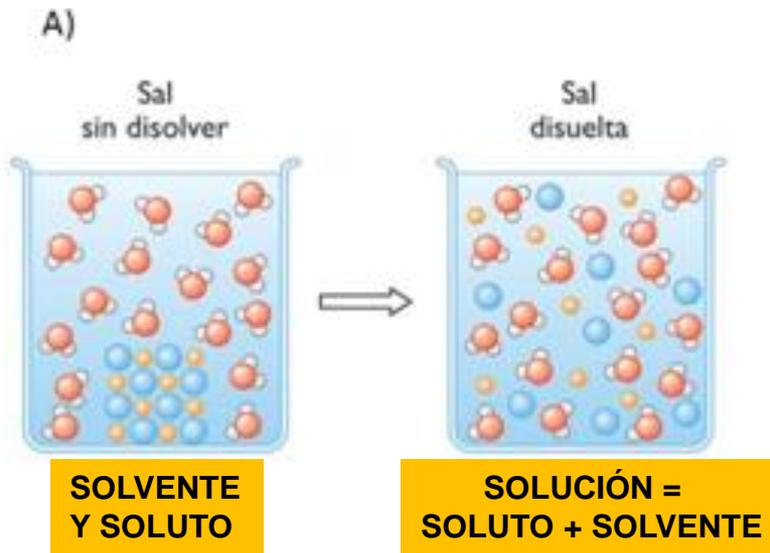
Para que un soluto pueda disolverse en un solvente determinado, las características de ambos son muy importantes.

Variables a tener en cuenta: tipo de sustancia, polaridad del solvente y del soluto, estabilidad, constantes físicas del solvente, etc



# SOLUBILIDAD Y CRISTALIZACION

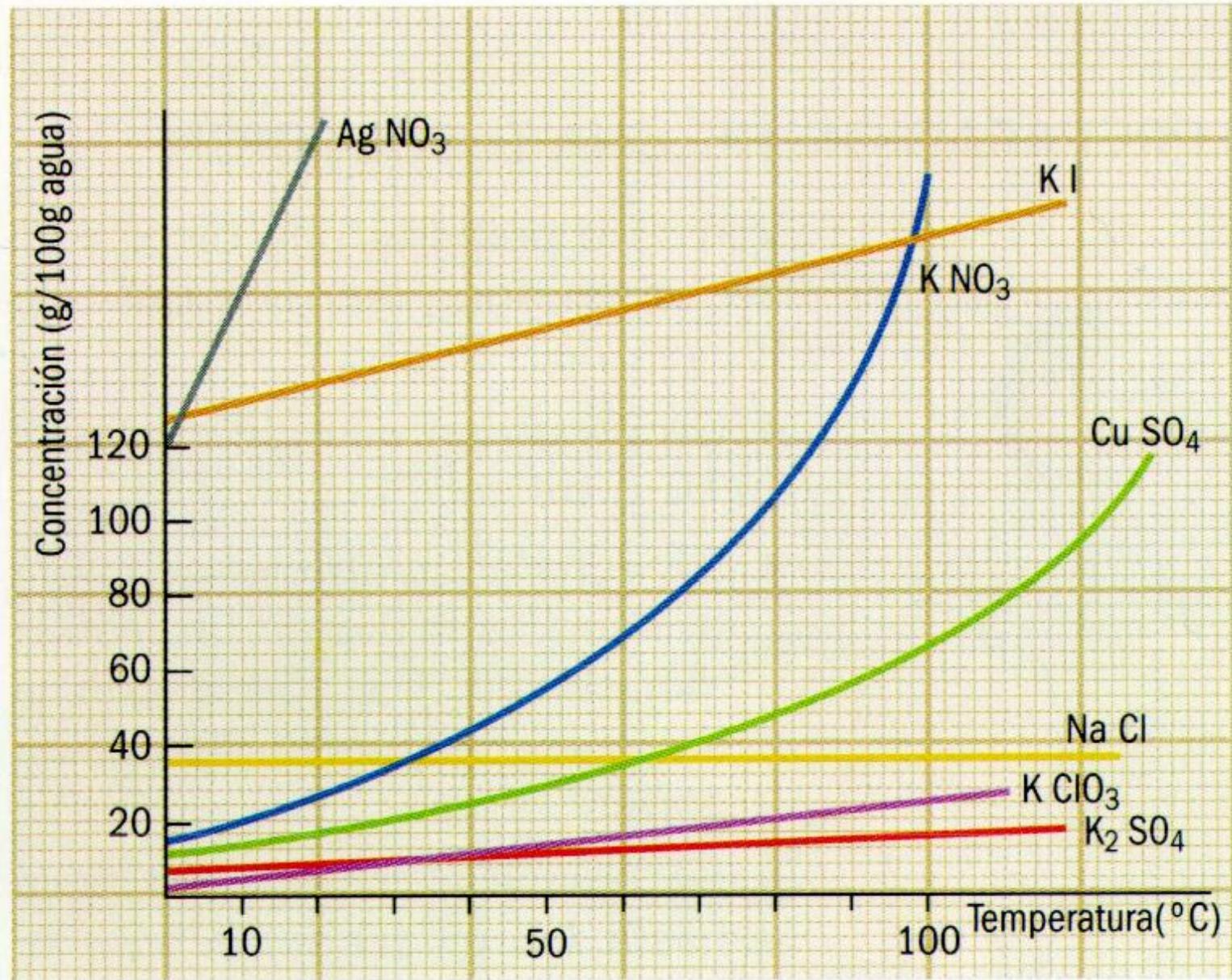
**SOLUCIÓN = SOLUTO + SOLVENTE**



**Curvas de solubilidad:**  
*Concentración vs. temperatura*



# LA CURVA DE SOLUBILIDAD



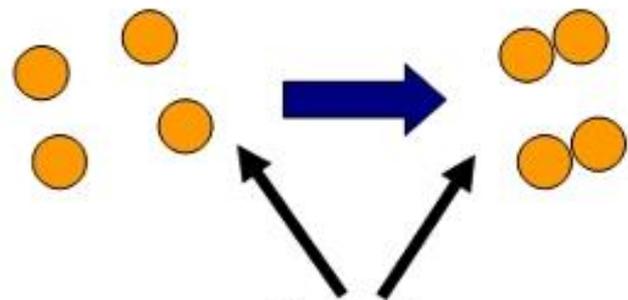


# ETAPAS DE LA CRISTALIZACION

**1. Sobresaturación**

2. Nucleación

3. Crecimiento cristalino



Formación de clústeres

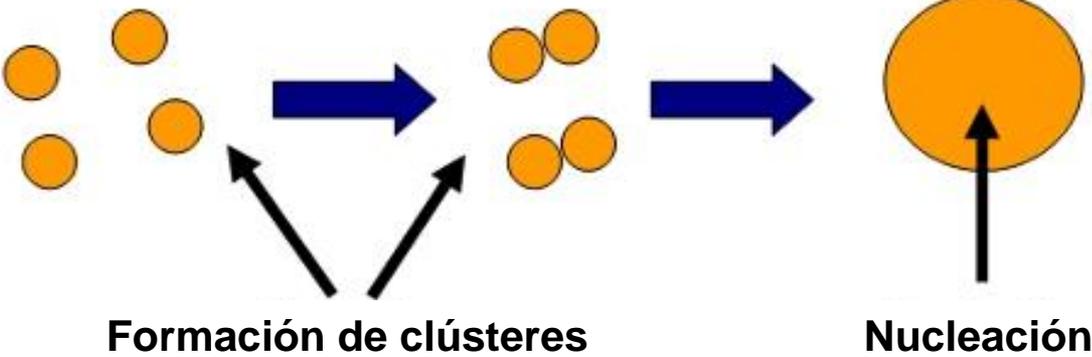
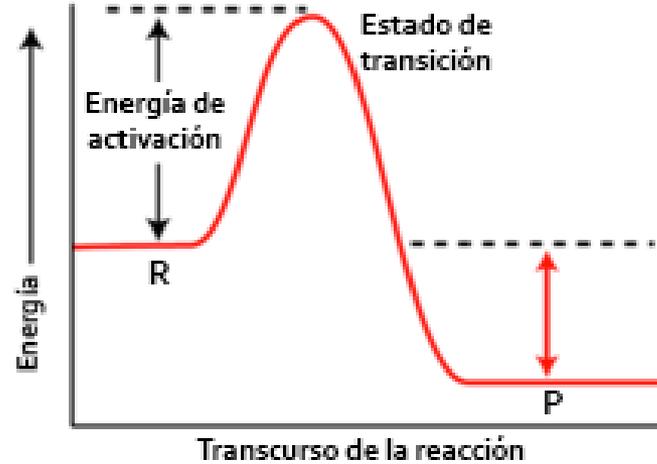


# ETAPAS DE LA CRISTALIZACION

## 1. Sobresaturación

## 2. Nucleación

## 3. Crecimiento cristalino



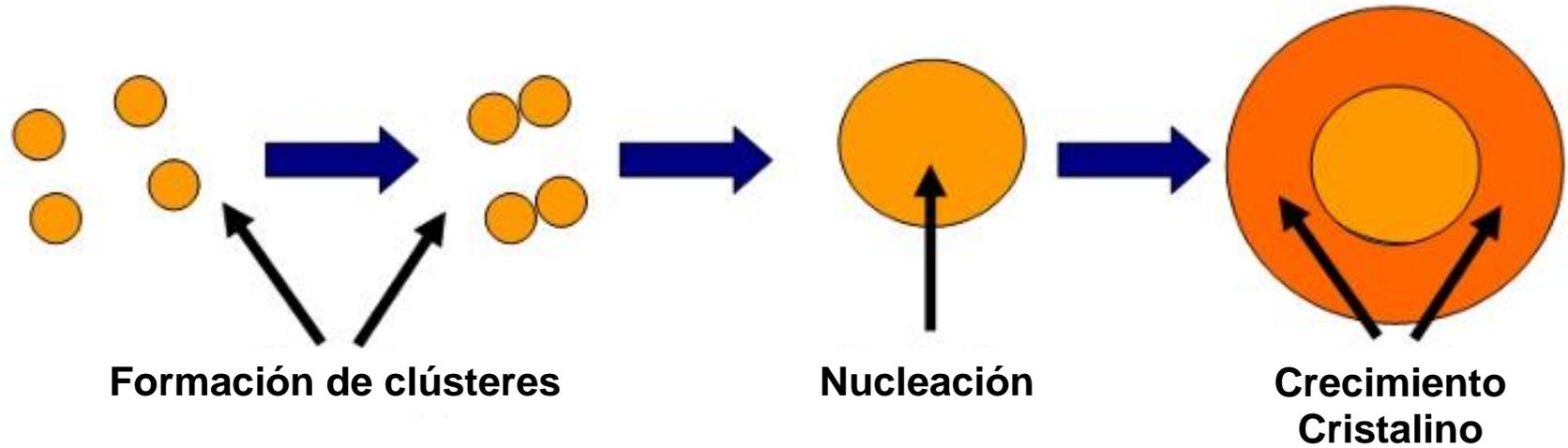


# ETAPAS DE LA CRISTALIZACION

**1. Sobresaturación**

**2. Nucleación**

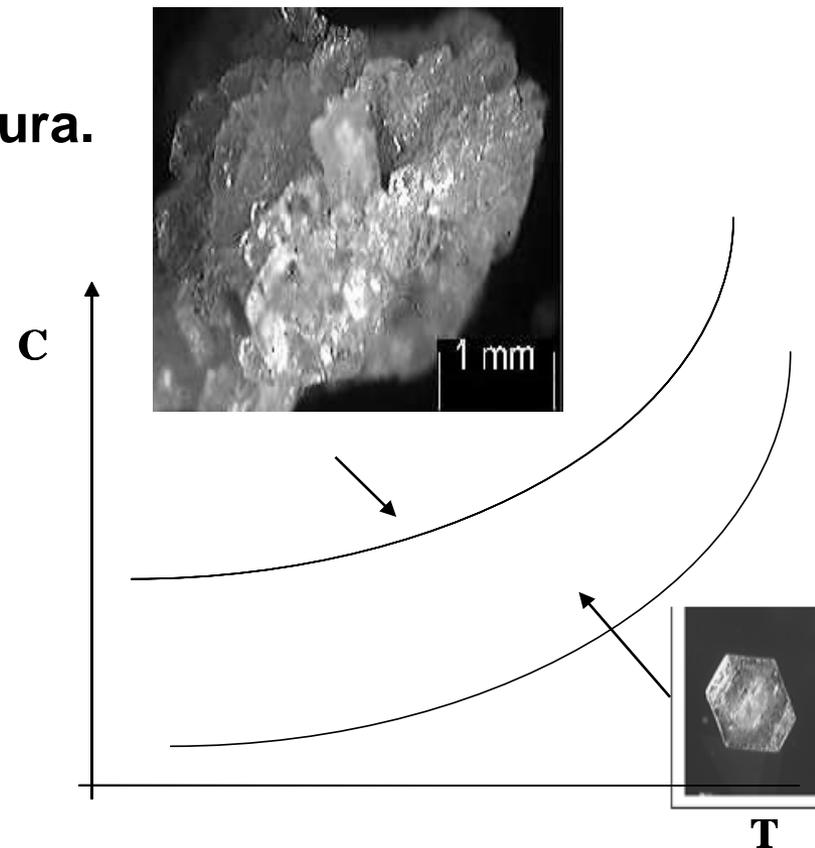
**3. Crecimiento cristalino**





## 1. Sobresaturación

Se define como la concentración en exceso de **soluto** de una **solución saturada** bajo determinadas condiciones de presión y temperatura.



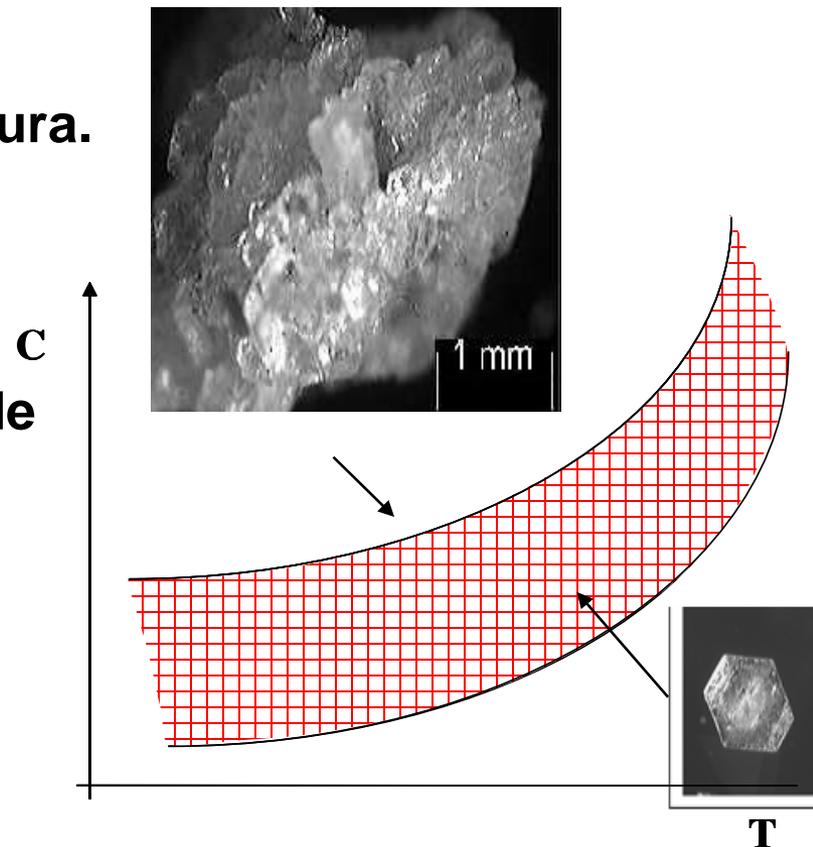


## 1. Sobresaturación

Se define como la concentración en exceso de **soluto** de una **solución saturada** bajo determinadas condiciones de presión y temperatura.

Se consigue por:

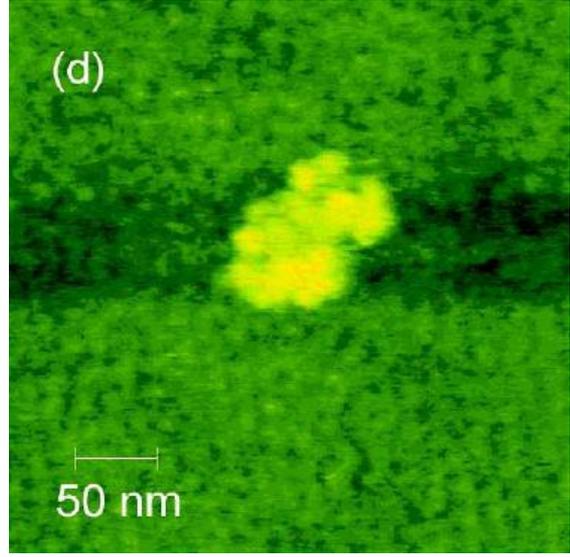
- Enfriamiento o calentamiento de la solución
- Evaporación de solvente
- Cambios en el pH
- Agregado de precipitantes
- Diálisis



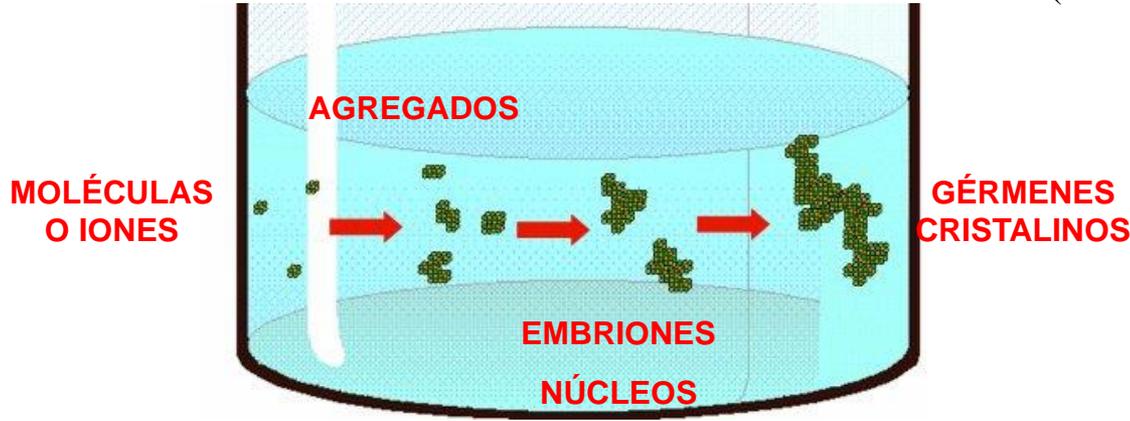


## 2. Nucleación

- Primer paso decisivo en la formación de un cristal



Cluster de aproximadamente 20 moléculas de apoferritin (Yauand Vekilov, *Nature*, 2000).





## 2. Nucleación

**PRIMARIA**

**SECUNDARIA**

Inducida por  
gérmenes o  
semillas



# ETAPAS DE LA CRISTALIZACION

## 2. Nucleación

### PRIMARIA

#### HOMOGENEA

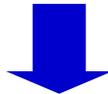
Espontánea



Alta  
sobresaturación

#### HETEROGENEA

Inducida por  
partículas extrañas,  
impurezas



Baja  
sobresaturación



## 2. Nucleación

### SECUNDARIA

Inducida por  
gérmenes o  
semillas

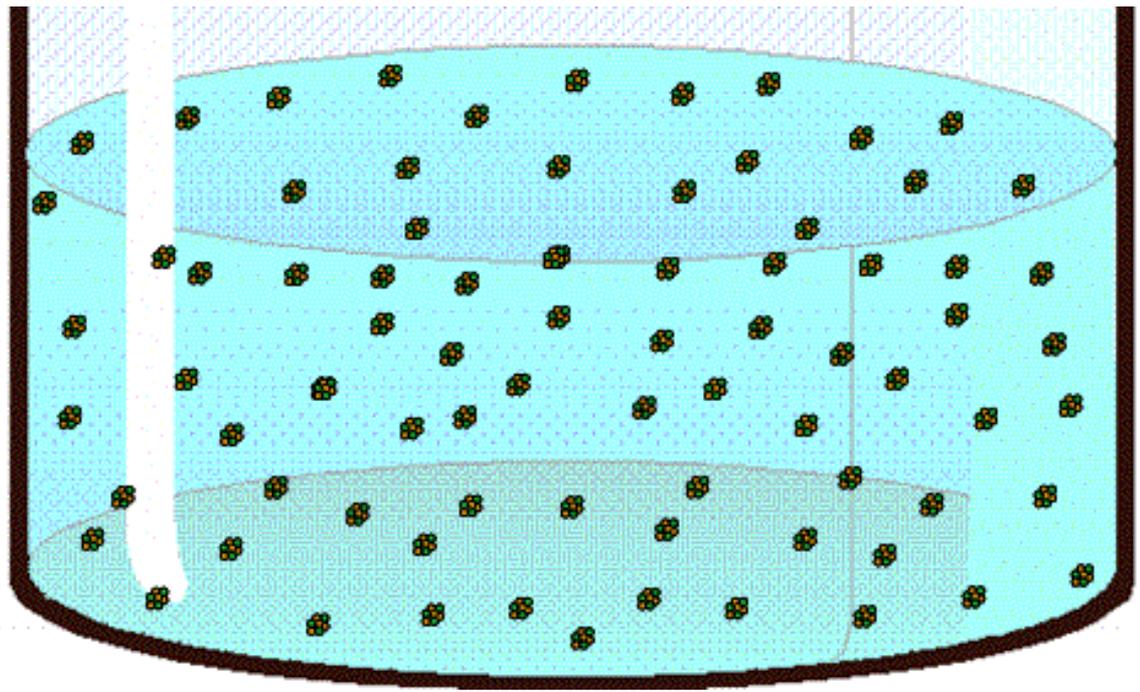
**GRAN IMPORTANCIA EN LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA**, ya que el agregado intencional o no de gérmenes, superficies o interfaces permite:

- El aislamiento de una forma cristalina deseada
- El control de la conversión entre fases
- Evitar la nucleación heterogénea debida a contaminantes desconocidos o impurezas
- Cristales de mayor tamaño



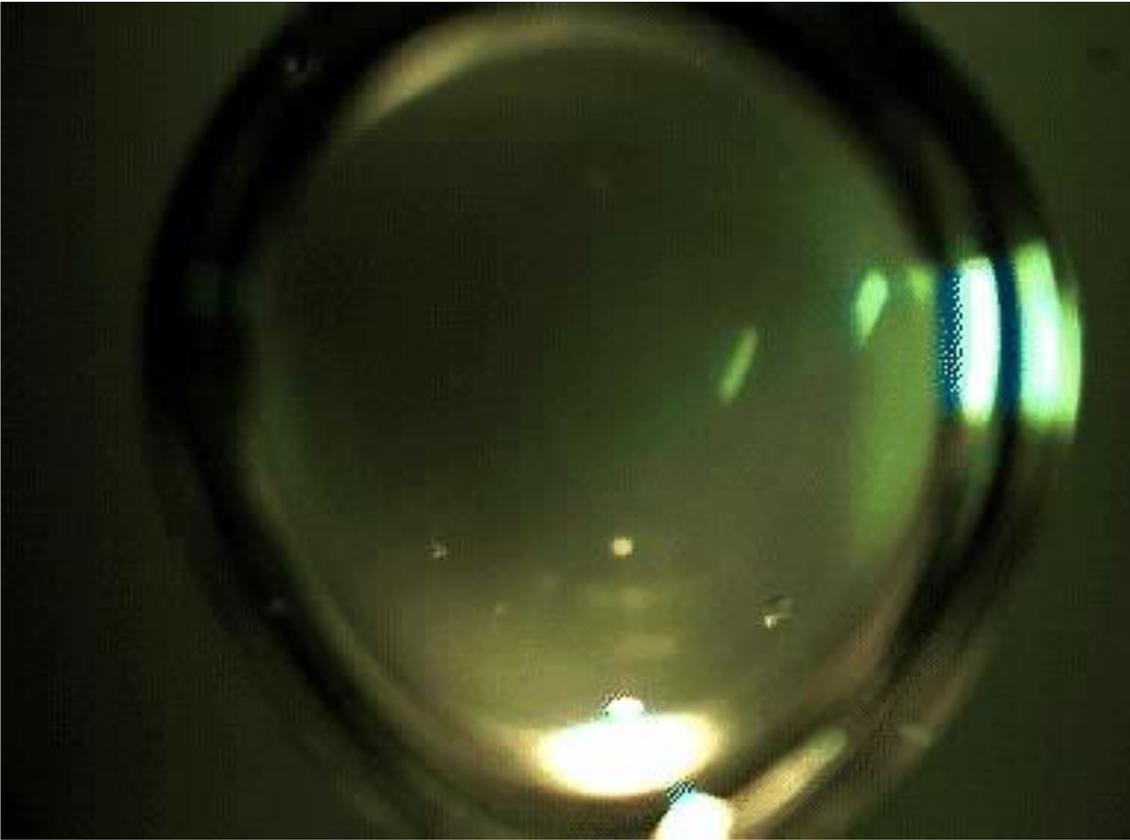


## 3. Crecimiento cristalino





## 3. Crecimiento cristalino





- a) Velocidad de cristalización**
- b) Solvente**
- c) Zonas de nucleación preferente**
- d) Inestabilidad térmica**
- e) Impurezas**
- f) Vibraciones externas**
- g) Grado de sobresaturación**

# OBTENCION DE CRISTALES A PARTIR DE EVAPORACION LENTA DE SOLVENTE

**1**

Pesar la cantidad de sólido



**3**

Dejar evaporando muy lentamente el solvente en un lugar limpio



**4**

Tenemos los cristales!!



**2**

Preparar la solución sobresturada calentando

# OBTENCION DE UN MONOCRISTAL A PARTIR DE UNA SEMILLA

**1** Elegir la semilla



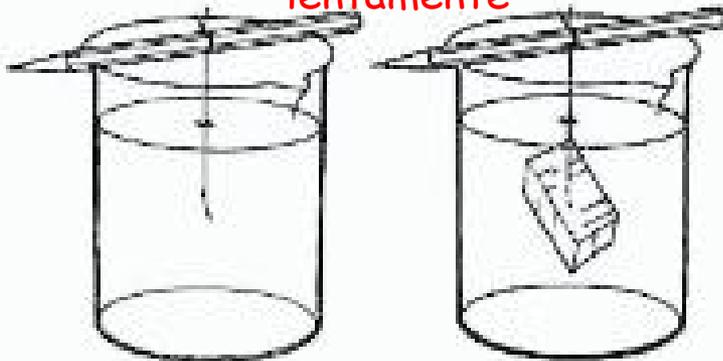
**2** Pesar la cantidad de sólido



**3** Preparar la solución sobresturada calentando

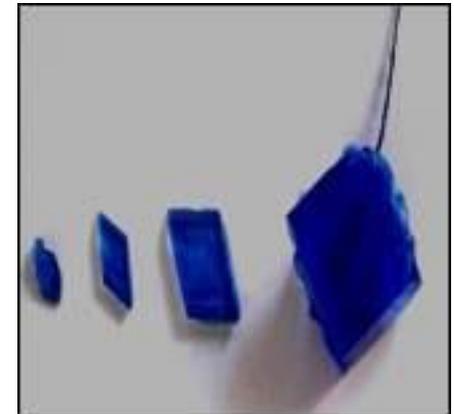


**4** Armar el sistema de cristalización con la semilla y dejar evaporando muy lentamente



**5**

Tenemos el cristal!!



# OBTENCION DE POLICRISTALES DE AZÚCAR A PARTIR DE VARIAS SEMILLAS

1

Colocar en una olla dos tazas de azúcar y una de agua. Poner a calentar sin dejar de revolver hasta que se disuelva.



2

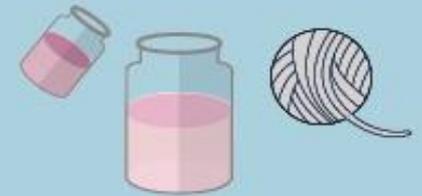
Volcar la solución en un recipiente de vidrio y agregar poco a poco media taza de azúcar, revolviendo hasta que se disuelva.



3

Buscar una cuerda de algodón y cortarla calculando que el extremo no toque el fondo del recipiente.

Si querés podés agregar un colorante.



4

Mojar la cuerda con la mezcla y espolvorearla con granitos de azúcar que serán "semillas" para el crecimiento.



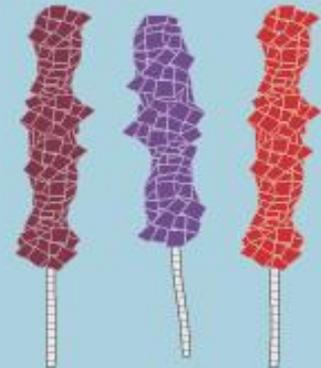
5

Finalmente colgar la cuerda atándola a un lápiz y dejar el recipiente reposando en un lugar limpio.



6

¡Una o dos semanas después vas a tener tu policristal listo!



# OBTENCION DE POLICRISTALES DE AZÚCAR A PARTIR DE VARIAS SEMILLAS

➔ Resultados



# OBTENCION DE UN “HUEVO GEODA” A PARTIR DE VARIAS SEMILLAS

**1** Realizar dos agujeritos con un clavo o alfiler en un huevo crudo en dos lugares opuestos



**2** Soplar con fuerza desde uno de los agujeritos para vaciar el huevo y dejarlo hueco. Descartar el contenido.



**3** Con mucho cuidado, con una tijera cortar el huevo en dos mitades. Luego retirar la membrana interna. ¡Y ya está listo para realizar la **geoda**!



# OBTENCION DE UN “HUEVO GEODA” A PARTIR DE VARIAS SEMILLAS

- 4** Colocar un adhesivo tipo “pegamento universal” en la superficie del huevo y adherir cristalitas de la sustancia a cristalizar (similar a como se hacen los palitos de azúcar).



- 5** Preparar una solución sobre-sobresaturada de la sustancia a cristalizar. Puede ser:  
azúcar, bórax, sulfato de cobre, alumbre de potasio.



Ejemplo de solución de AZUCAR con **COLORANTE NARANJA**

- 6** Colocar la cáscara de huevo con los cristalitas adheridos en el recipiente con la solución sobre-saturada preparada previamente.



- 7** ¡Darle tiempo a los CRISTALES para que crezcan!



# OBTENCION DE UN "HUEVO GEODA" A PARTIR DE VARIAS SEMILLAS

8 Los resultados: ¡nada que envidiarle a la naturaleza!

## GEODAS ARTIFICIALES

Azúcar



Alumbre de potasio



Bórax



$\text{CuSO}_4$



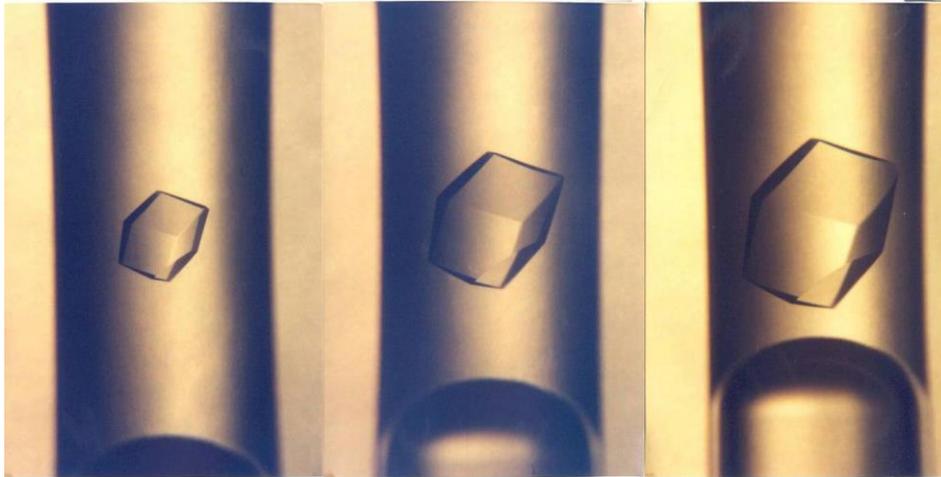
## GEODAS NATURALES



AlienUFOart.com



## Cristalización en gel



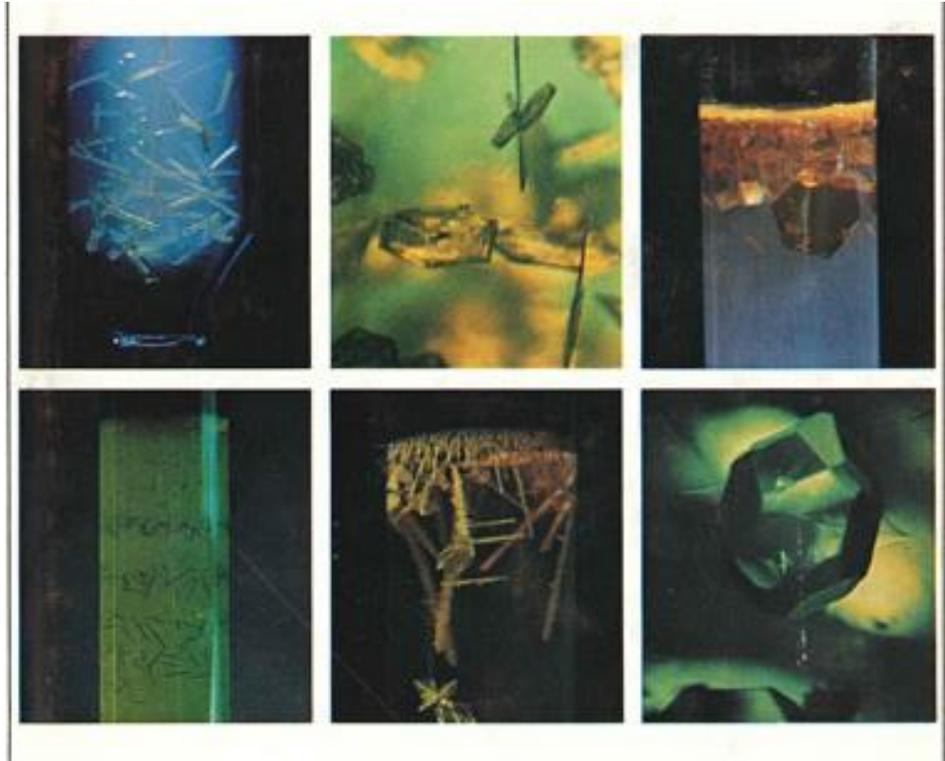
### ✓ Características de las sustancias a cristalizar

- Compuestos muy insolubles
- Compuestos cuya solubilidad varía mucho en función de la temperatura
- Compuestos solubles en agua pero insolubles en otro solvente



## Cristalización en gel

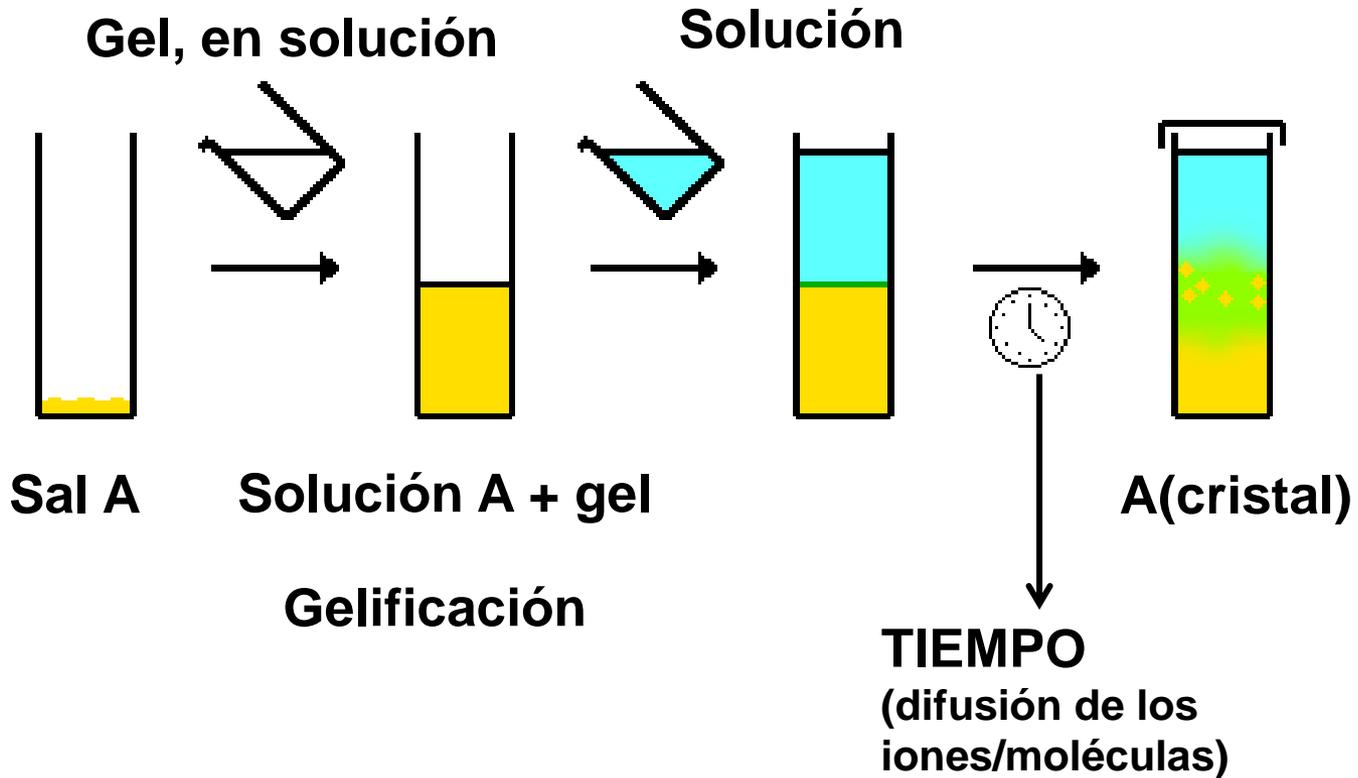
- ✓ **Función del gel**
  - **Soporte inerte donde tiene lugar la reacción**
  - **Controla la difusión**
  - **Suprime corrientes de convección**
  - **Evita saltos de sobresaturación**
  - **Controla la nucleación, proceso de crecimiento y la calidad del cristal**





## Cristalización en gel

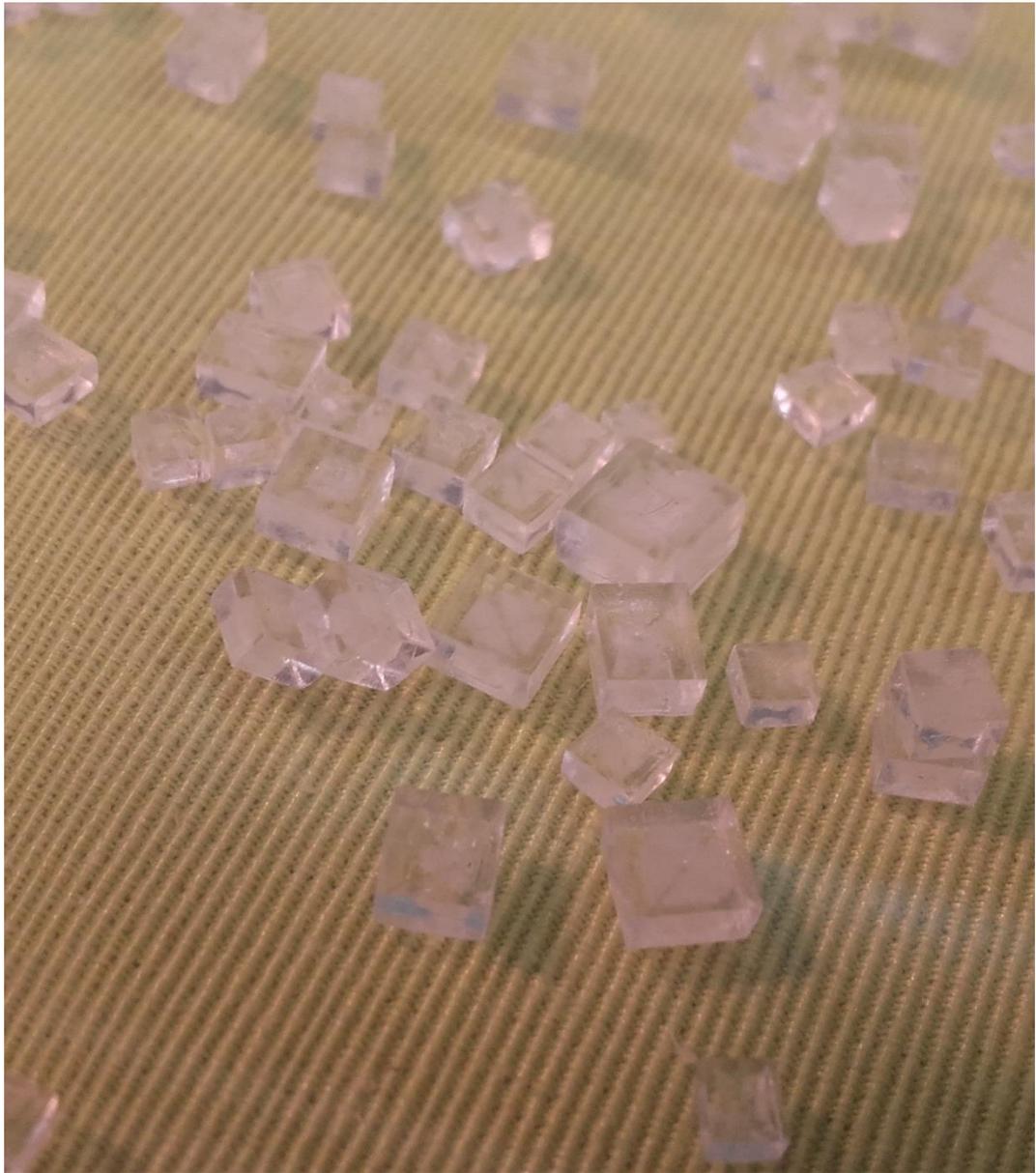
### ✓ Ejemplo





# MÉTODOS DE CRISTALIZACIÓN

## Cristalización en gel



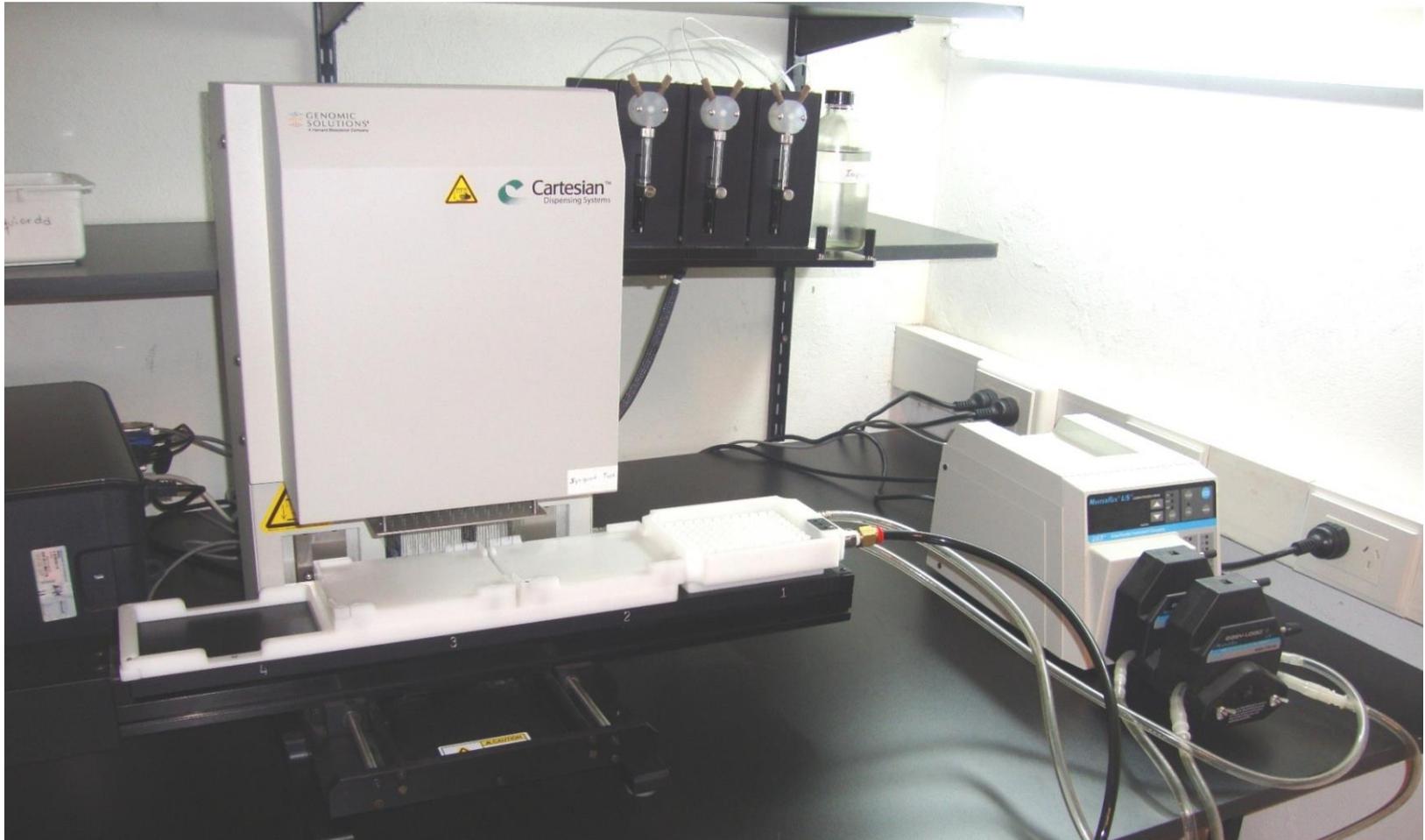


## Nuevas técnicas avanzadas



## Nuevas técnicas avanzadas

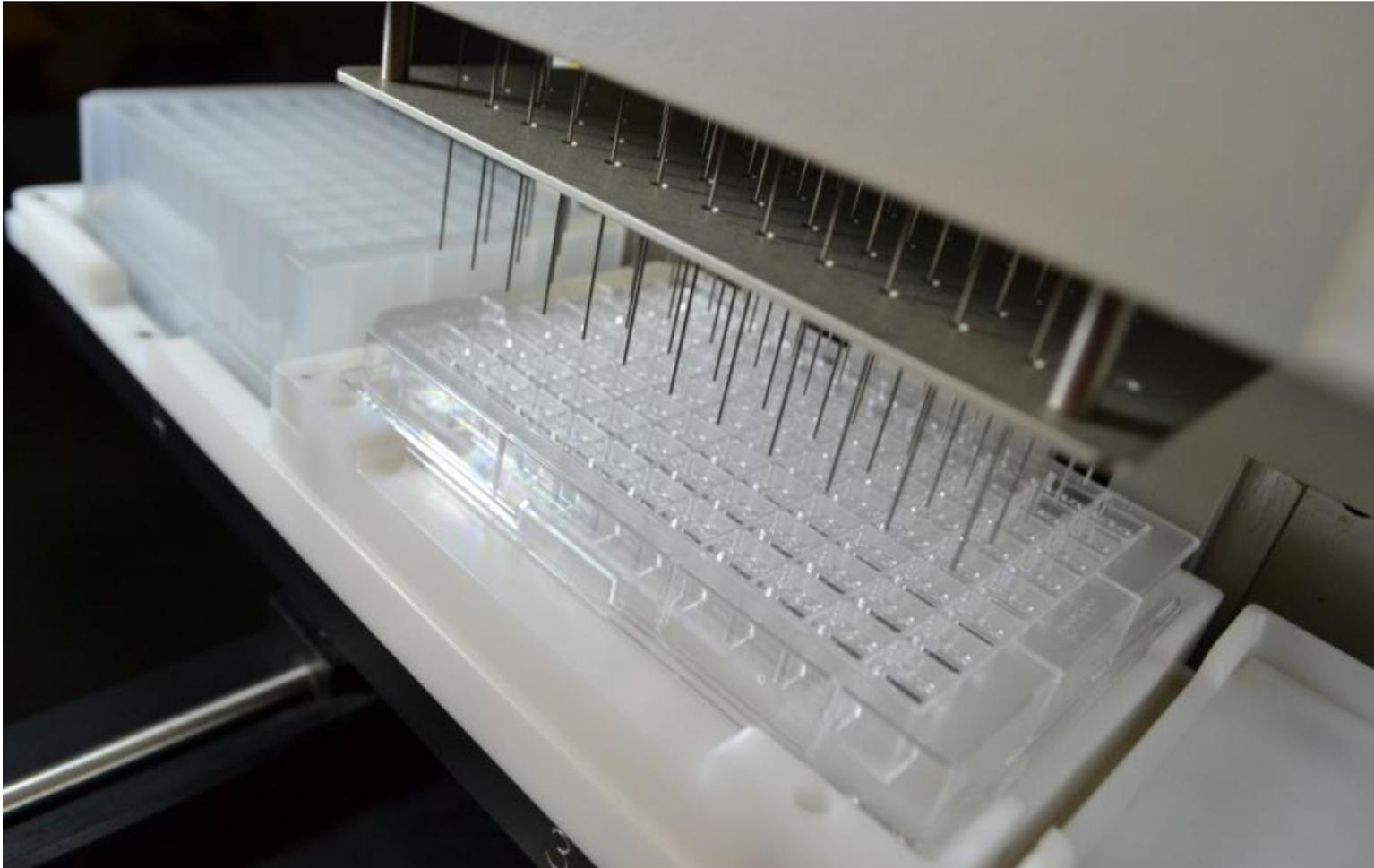
- Robots para cristalizar proteínas





## Nuevas técnicas avanzadas

- Robots para cristalizar proteínas



# CONSEJOS Y CONCLUSIONES UTILES

- **El crecimiento de cristales es un arte difícil, impredecible, lleva mucho tiempo y no tiene garantía de éxito!**
- **No se conocen de antemano las mejores condiciones de cristalización. Por ello, hay que probar diferentes técnicas y variables.**
- **Para tener éxito se necesita tiempo, esfuerzo y mucha paciencia!**