

Mecanismo de mineralización.

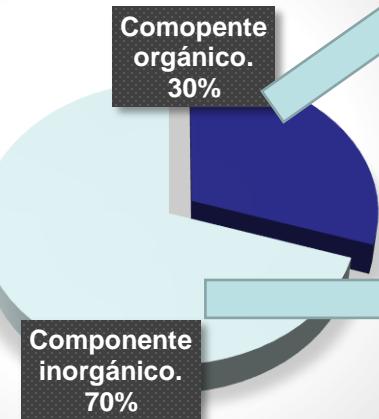
Cátedra de Bioquímica y Biofísica Facultad de
Odontología

Componentes de la matriz ósea

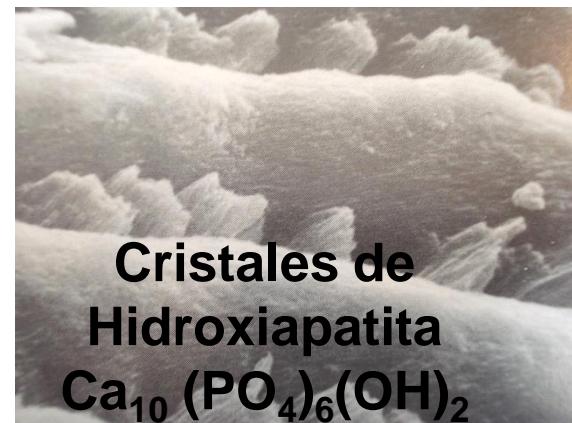
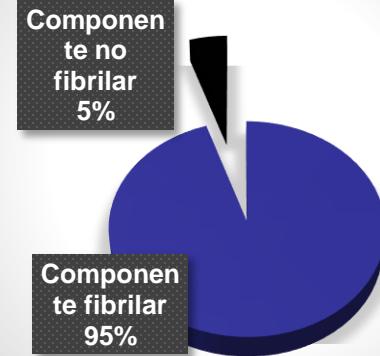
Composición del tejido óseo.



Peso seco



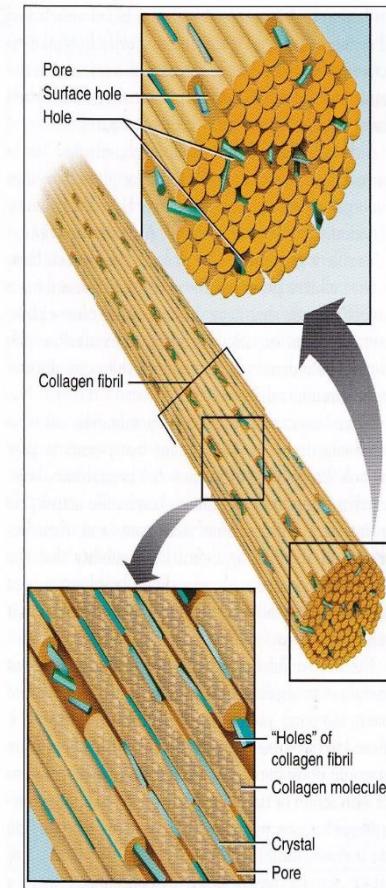
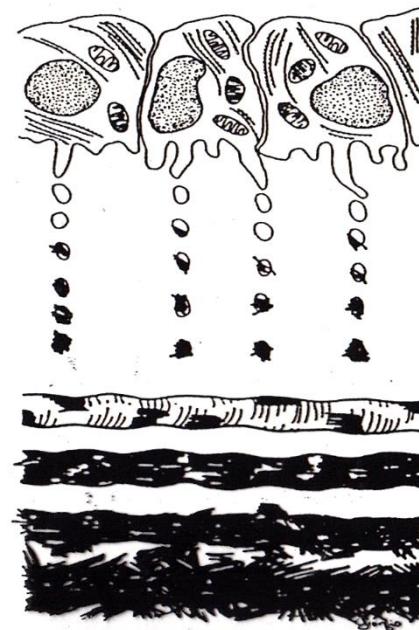
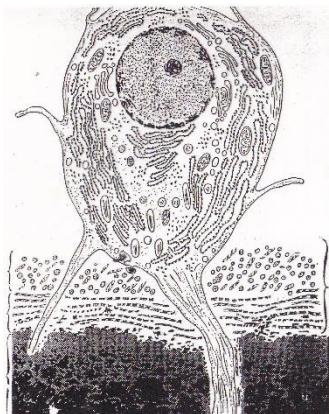
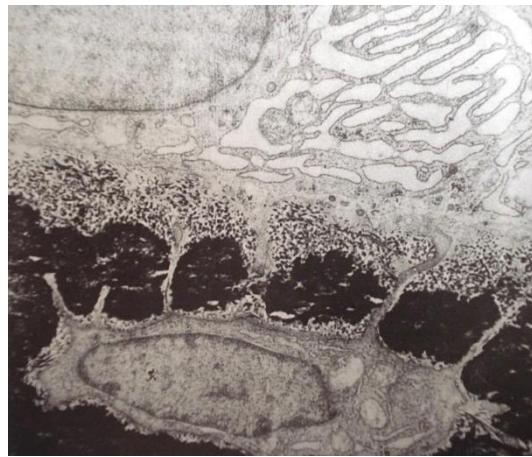
Componente orgánico.



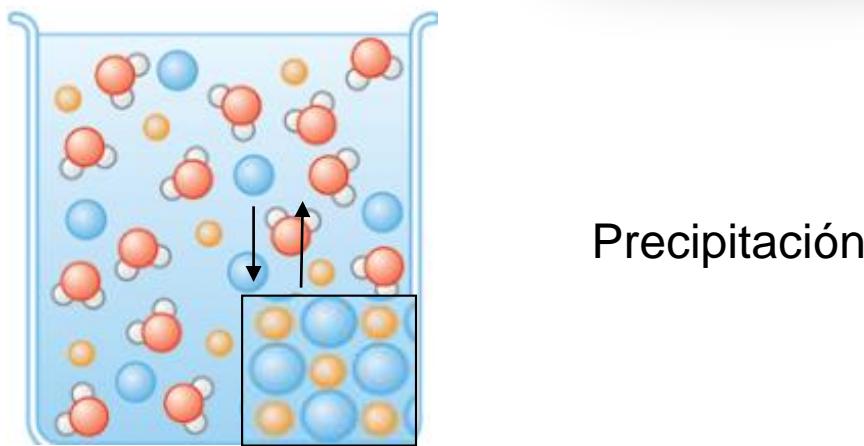
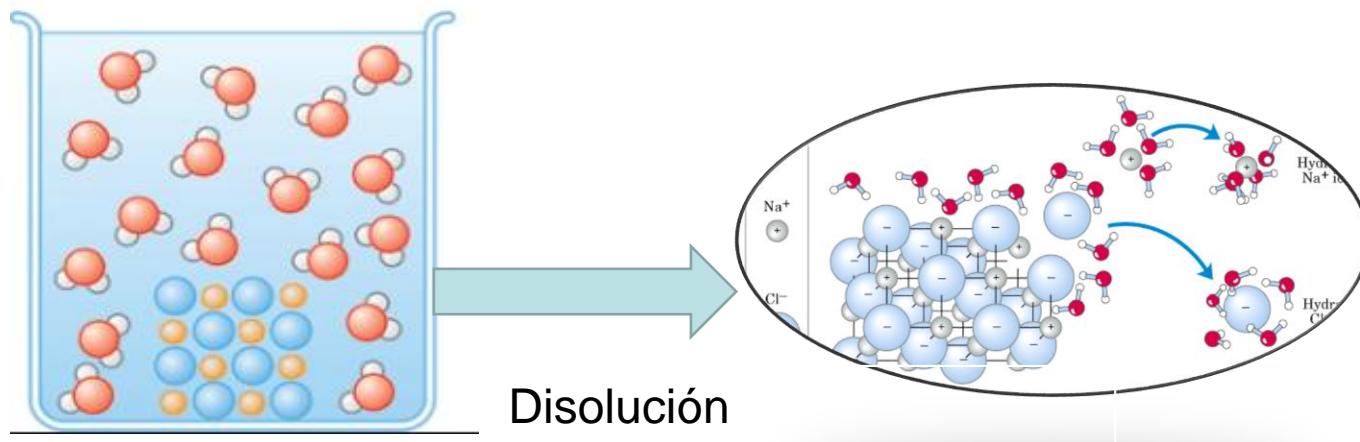
Secuencia posible de eventos del proceso de mineralización de un tejido.

1. Síntesis de la matriz orgánica.
2. Acumulación de iones en la matriz extracelular.
3. Modificaciones de la matriz extracelular .
4. Nucleación cristalina.
5. Crecimiento regulado de los cristales.
6. Maduración cristalina.

SÍNTESIS DE LA MATRIZ ORGÁNICA



Disolución de un cristal iónico en medio acuoso.



(8)

Equilibrio de precipitación – disolución para la Hidroxiapatita



Constante de equilibrio para la reacción:

$$K_{\text{eq}} = \frac{[\text{Ca}^{2+}]_{\text{eq}}^{10} \cdot [(\text{PO}_4)^{3-}]^6_{\text{eq}} \cdot [(\text{OH})^-]^2_{\text{eq}}}{[\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{OH}_2]_{\text{eq}}}$$

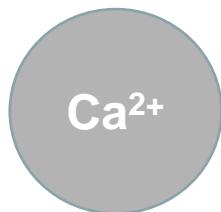
Constante del Producto de Solubilidad:

$$K_{\text{ps}} = [\text{Ca}^{2+}]_{\text{eq}}^{10} \cdot [(\text{PO}_4)^{3-}]^6_{\text{eq}} \cdot [(\text{OH})^-]^2_{\text{eq}}$$

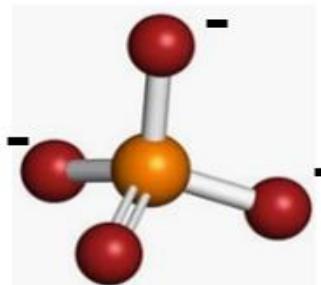
Constantes del producto de solubilidad (Kps) para distintos fosfatos cárnicos

Fosfato de calcio	K _{ps}
<u>Sintéticos</u>	
DCPD	2.39x10 ⁻⁷
TCP	2.83x10 ⁻³⁰
OCP	1.05x10 ⁻⁴⁷
HA	3.37x10 ⁻⁵⁸ (1.10 ⁻¹¹⁵)
FA	2.5x10 ⁻⁶⁰ (1.10 ⁻¹²¹)
<u>Biológicos</u>	
HA esmalte	7.2x10 ⁻³³ a 6.4x10 ⁻³⁴

Transporte y acumulación de iones.



Calcio



Fosfato



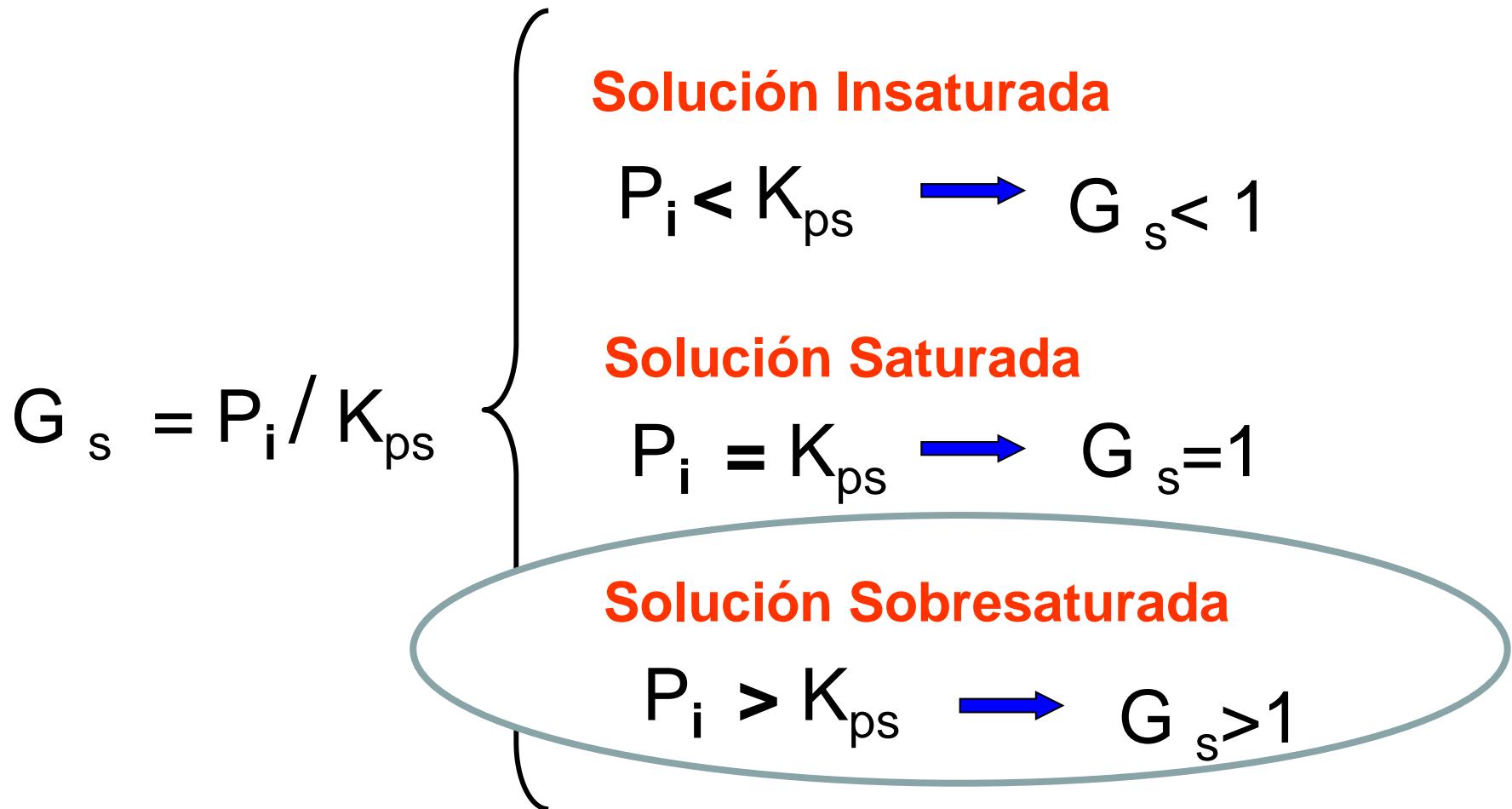
Constante del Producto de Solubilidad DE LA SAL :

$$K_{ps} = [\text{Ca}^{2+}]_{\text{eq}}^{10} \cdot [(\text{PO}_4)^{3-}]^6_{\text{eq}} \cdot [(\text{OH})^-]^2_{\text{eq}}$$

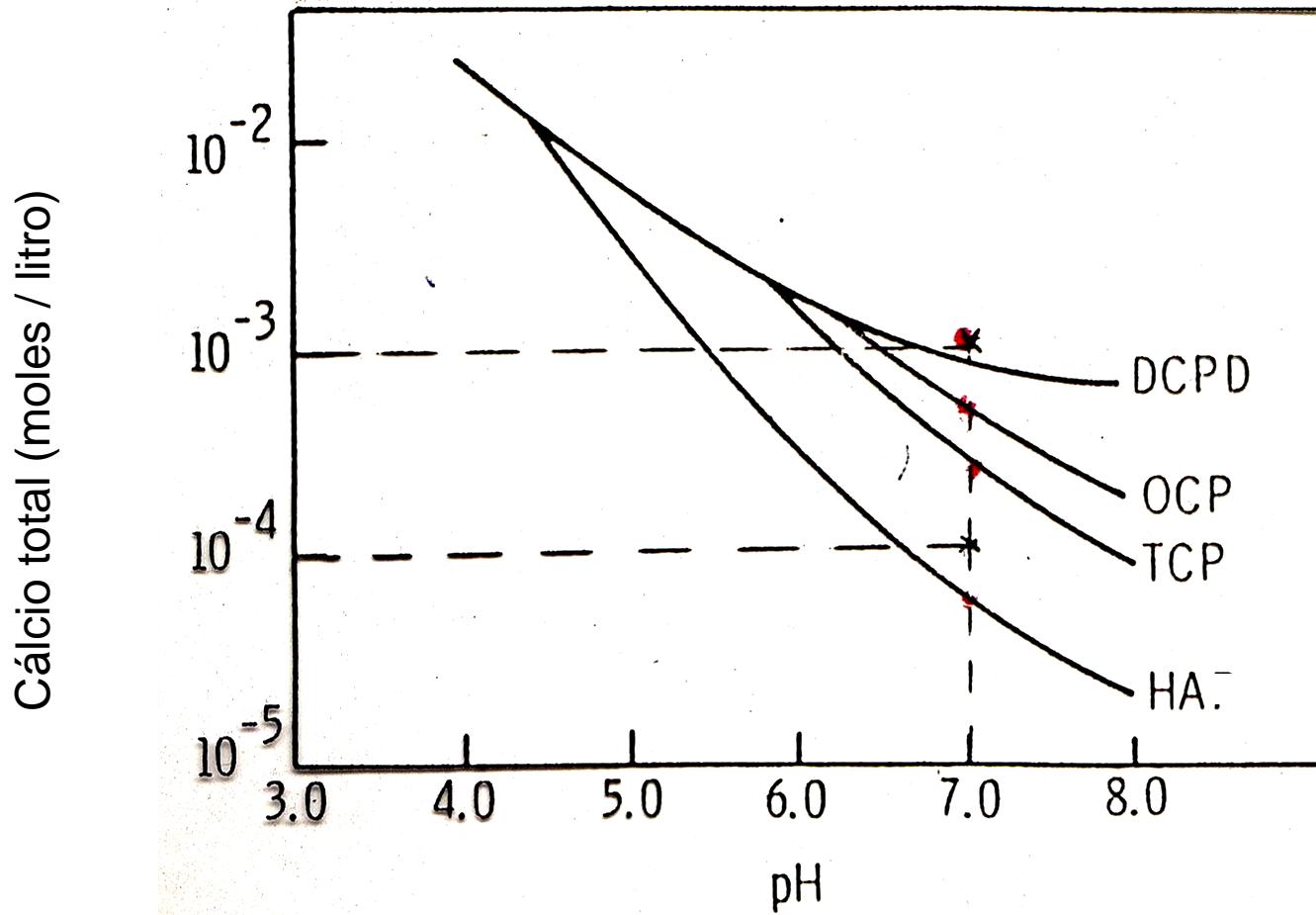
Producto Iónico DE LA SOLUCIÓN QUE CONTIENE LA SAL:

$$P_i = [\text{Ca}^{2+}]^{10} \cdot [(\text{PO}_4)^{3-}]^6 \cdot [(\text{OH})^-]^2$$

Grado de saturación de la solución:



Isotermas de solubilidad



Nucleación cristalina.

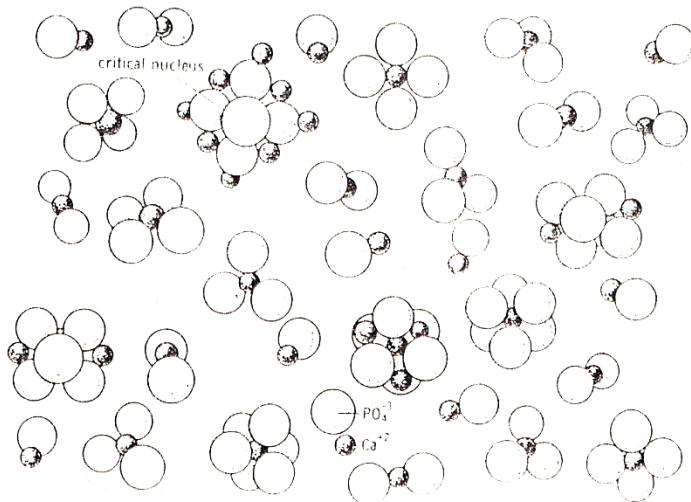
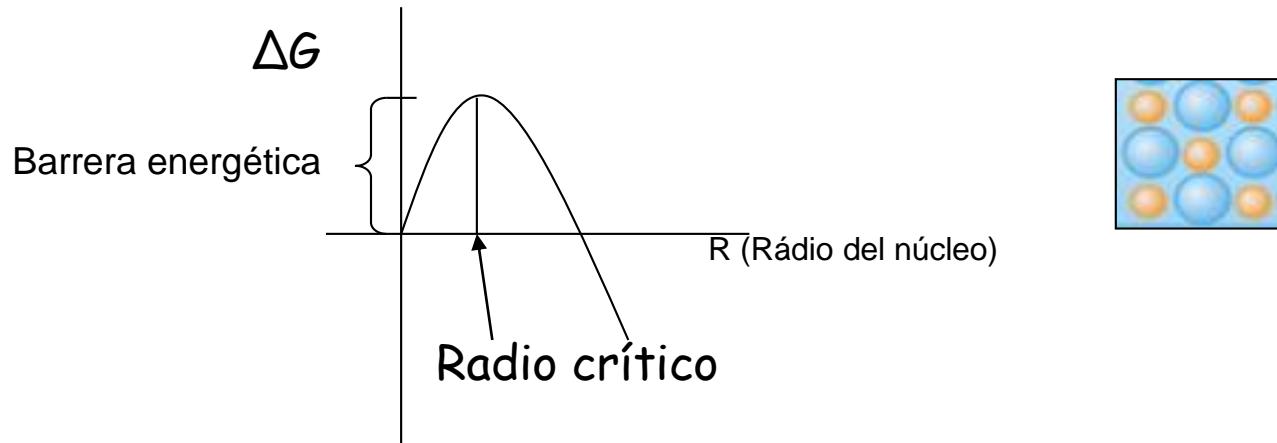


Fig. 1. En el proceso de nucleación, los iones o acúmulos de iones se unen con la misma orientación existente en el reticulado cristalino. De permanecer juntos, se forma un núcleo crítico estable, como se muestra aquí para la hidroxiapatita. En el proceso de crecimiento cristalino, iones adicionales o acúmulos de iones se adhieren sobre esos núcleos críticos.

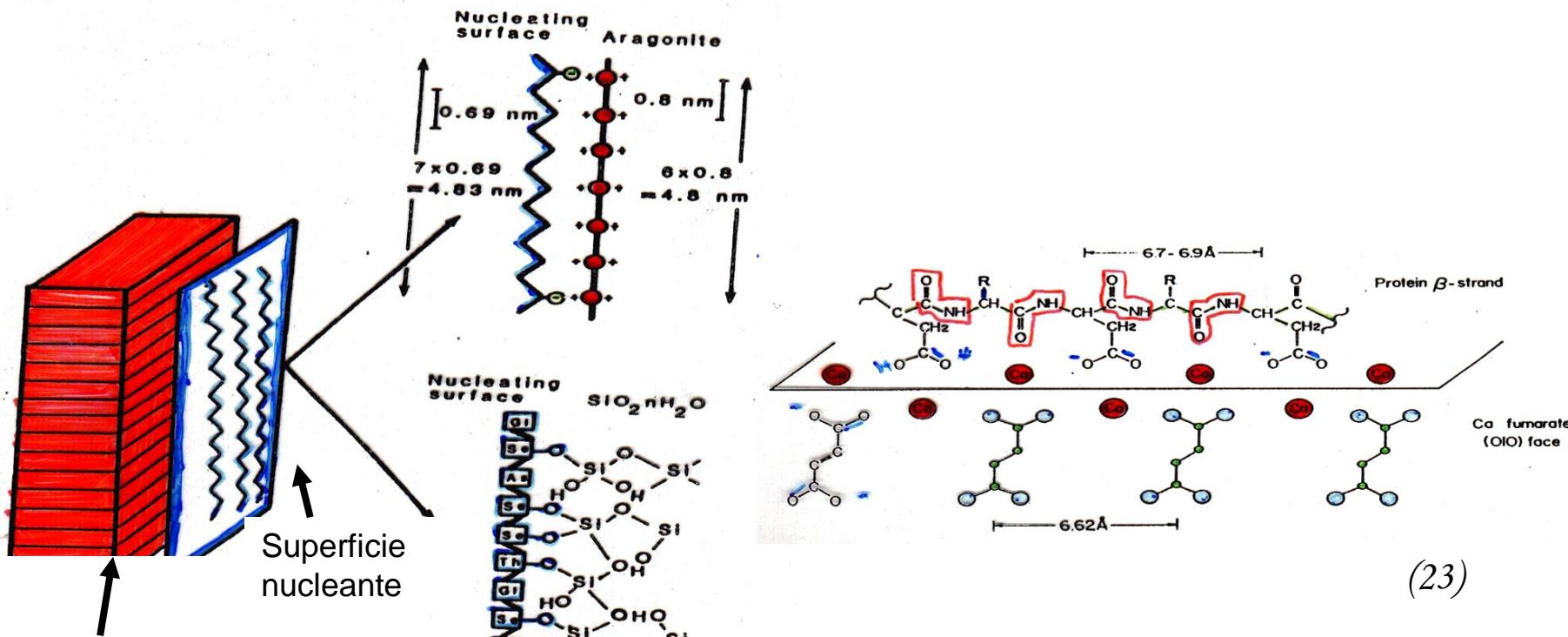
- Nucleación homogénea
- Nucleación heterogénea.
 - Nucleación epitaxial.

RADIO CRÍTICO de un núcleo cristalino



Variación de energía (ΔG) del proceso de formación y crecimiento de un núcleo cristalino: Σ de la energía liberada en la formación de los enlaces de la red cristalina (HA) y la energía consumida por la formación de una nueva superficie. Hasta que se alcanza un determinado tamaño del núcleo (radio crítico) el proceso cuesta energía (el núcleo es inestable y tiende a redisolverse) Superado ese tamaño el núcleo cristalino será estable y el crecimiento será energéticamente favorable.

Regulación de la nucleación por macromoléculas



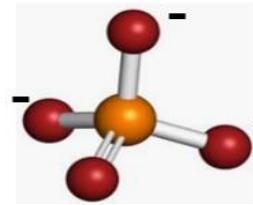
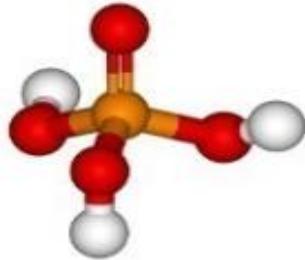
(23)

Representación esquemática de una hoja plegada β de una proteína rica en ácido aspártico adsorbida sobre una de las caras de un cristal de fumarato de calcio (mecanismo de regulación de la velocidad de crecimiento y la forma del cristal).

Esqueleto estructural

“Matriz epítáctica”. Teoría sobre la mineralización basada en la presencia de una proteína insoluble (“esqueleto estructural”) cubierta por proteínas solubles capaces de nuclear minerales inorgánicos

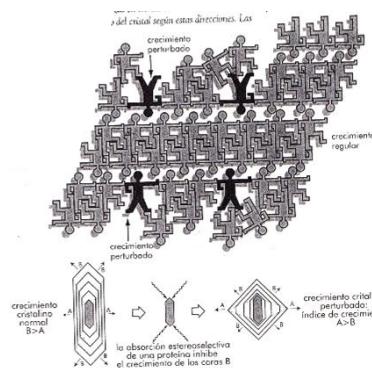
Crecimiento cristalino



Acidogénico

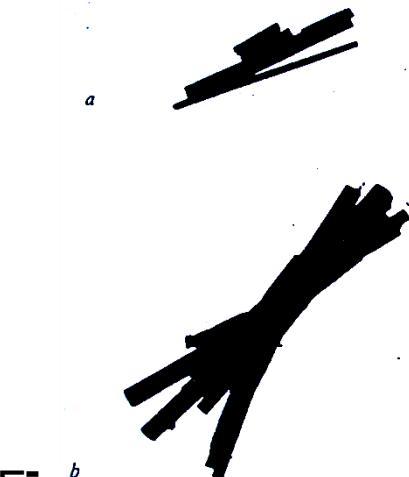
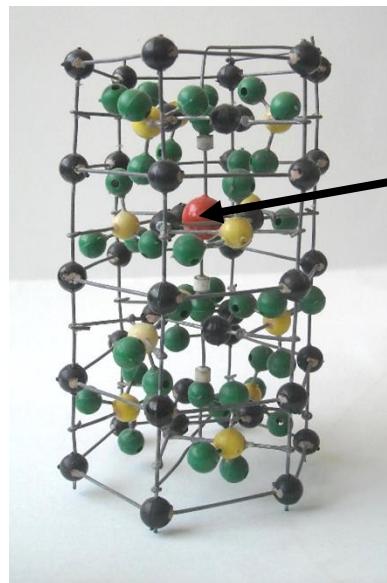


Precipitación de HA a pH biológico



Maduración cristalina

Sustitución de OH^-
por F^- en la
Hidroxiapatita



Efecto del F^- en el tamaño de los cristalitos
de apatita, observado a través de
microscopio electrónico.

Contenido de F^- en % de peso: (a) 0,01 ; (b)
2,7.

Z	A	B	C
1/4	O H	O H	O H
3/4	O H	O H	O H
5/4	O H	F	F H O
7/4	O	O H	O H
9/4	O H	O H	H O

Sustituciones.

Hidroxiapatita cárquica carbonatada no estequiométrica

Tabla 7-5. Distancias de calcio a calcio y de calcio a anión asociadas a los triángulos de calcio en el fluorapatito y el hidroxiapatito

Material	Ca . . . Ca	Ca—anión
Fluorapatito	3,975(1) Å	2,295(1) Å
Hidroxiapatito	4,084(1)	2,389(1)

Columna de triángulos de calcio a lo largo del eje c. Los OH⁻ y los Cl⁻ están ligeramente desplazados del plano de los triángulos de calcio mientras que el F⁻ se ubica exactamente en el centro del triángulo, equidistante de los (11) tres Ca²⁺

