

# Mecánica de Biomateriales y Tejidos

# BIOMATERIALES

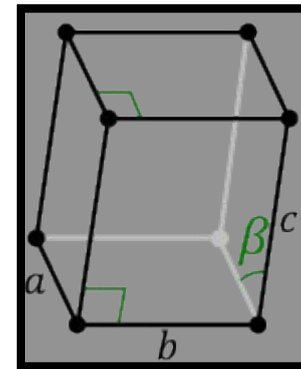
Docente:  
**Gastón Corti – [gcorti@itba.edu.ar](mailto:gcorti@itba.edu.ar)**



# Zirconia - (Zr O<sub>2</sub>)



- Grupo de metales transitorios
- Dióxido de Zirconio
- Óxido cristalino blanco
- Estructura cristalina monocíclica simple
- Polimorfismo a la forma cúbica 800-1000 °C



Zirconia tetragonal estabilizada con ytrio (TZP)  
zirconia parcialmente estabilizada con óxido de magnesio (MG-PSZ)



- ❑ Alta resistencia a la fractura
- ❑ Alta dureza
- ❑ Excelente resistencia química
- ❑ Alta tenacidad
- ❑ Muy refractaria (resiste altas T°)
- ❑ Buena conductora de iones oxígeno





# Odontología - coronas y prótesis

- ❑ Alta biocompatibilidad
- ❑ color similar a los dientes
- ❑ Antialérgico
- ❑ Baja conductividad térmica
- ❑ La placa bacteriana no se adhiere

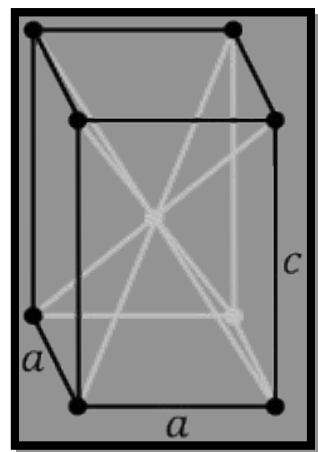




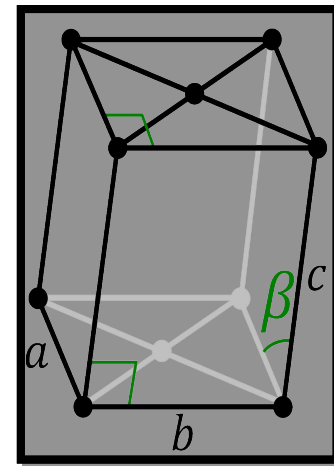


### Traumatología - Implantes de Cadera

- ❑ Excelente resistencia a la fractura
- ❑ Desventaja: Fallas (año 2000) de dispositivos por envejecimiento post-implantación

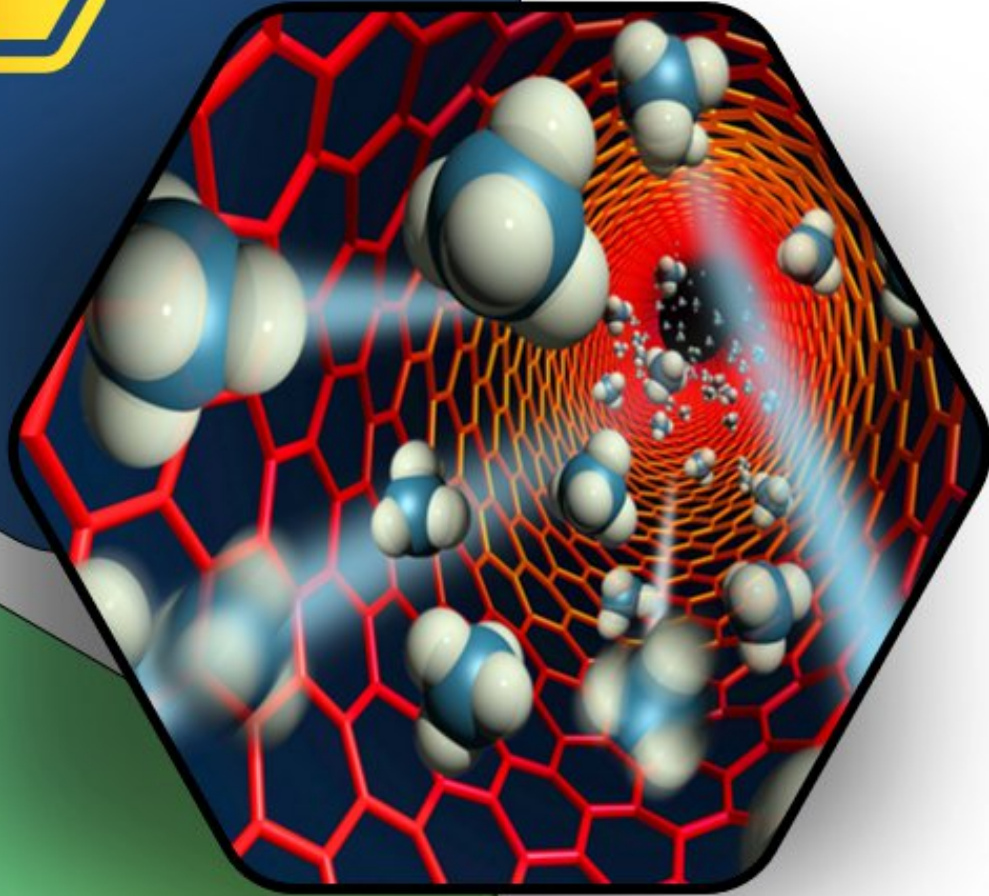


Tetragonal



Monocíclic  
o

Granos de Zirconia en una  
matriz de Alúmina



# CERÁMICAS BIOACTIVAS





- Las cerámicas bioactivas son capaces de formar una unión química con los tejidos biológicos circundantes, lo que promueve la integración con el hueso u otros tejidos.
- Estas cerámicas liberan iones en el entorno biológico que estimulan la formación de tejido óseo.



Tienen la capacidad de formar una unión química con los tejidos vivos cuando se ponen en contacto con fluidos corporales, como la sangre o el líquido intersticial, lo que promueve la adhesión y el crecimiento celular, así como la formación de hueso nuevo.





- ☐ Son biocompatibles.
- ☐ No causan reacciones adversas en el cuerpo.
- ☐ Estimulan respuestas bioquímicas de los tejidos.



- ☐ Biovidrios.
- ☐ Hidroxiapatita.
- ☐ Fluorapatita.

**TABLE  
1.3.4.1**

**Types of Implant-Tissue Response Observed  
With Bioceramics**

Type of Tissue Response to Biomaterial	Description of Tissue Response
Biologically active (bioactive)	An interfacial bond with tissue forms. For bone repair, implants may allow/support the formation of bone (osteoconductive) or may induce the formation of bone.
Biologically inactive (nearly inert, or bioinert)	The material is tolerated by the formation of a fibrous tissue layer for variable thickness
Resorbable	Implant material is resorbed/ degraded by chemical and/or biological processes, typically designed to allow new tissue to replace it. Degradation products should be biocompatible.
Toxic	Toxic response, surrounding tissue death (local), with potential systemic toxicity



**TABLE  
1.3.4.2**

## **Types of Clinical Indications That Utilize Bioactive Ceramics and/or Glasses as Synthetic Bone Graft Substitutes**

### **Orthopedics**

General	Filling of bone defects, including after removal of bone cysts
Trauma	Long-bone nonunion fractures Tibial plateau fractures Repair of long bone fractures Hand surgery
Spine	Posterolateral spinal fusion Interbody spinal fusion

### **Craniomaxillofacial/Dental**

Trauma	Cranioplasty Repair of orbital floor fracture
Disease	Sinus obliteration Repair after cyst removal
General oral/ dental defects	Ridge augmentation Repair of tooth extraction sites Periodontal regeneration



- Los silicatos están compuestos principalmente de tetraedros de sílice ( $\text{SiO}_4$ ), donde un átomo de silicio está rodeado por cuatro átomos de oxígeno en una disposición tetraédrica.
- Los silicatos pueden contener otros elementos además del silicio y el oxígeno, como aluminio, hierro, magnesio, potasio, calcio, sodio y otros elementos.





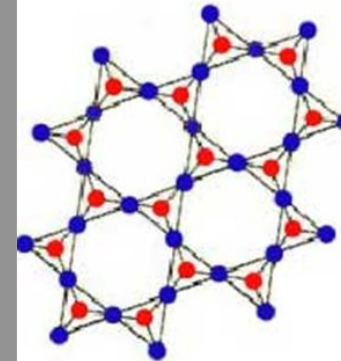
# Dióxido de Silicio ( $\text{SiO}_2$ )



## Red de sílice vítrea:

- Se forma por la unión de unidades tetraédricas vecinas.
- $\text{SiO}_4$
- Se produce una estructura reticular NO cristalina sólida.
- Red abierta sin orden de largo alcance

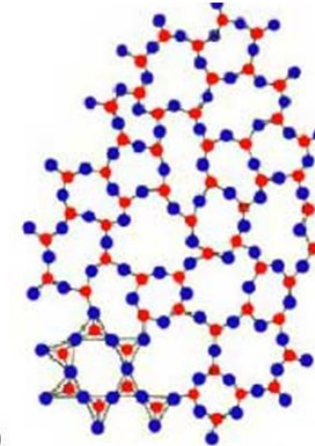
**Dióxido de Silicio ( $\text{SiO}_2$ )**  
**Cuarzo – Sólido Cristalino**



• Si • O

Enfriamiento natural

**Dióxido de Silicio ( $\text{SiO}_2$ )**  
**Vidrio – Sólido Amorfo**

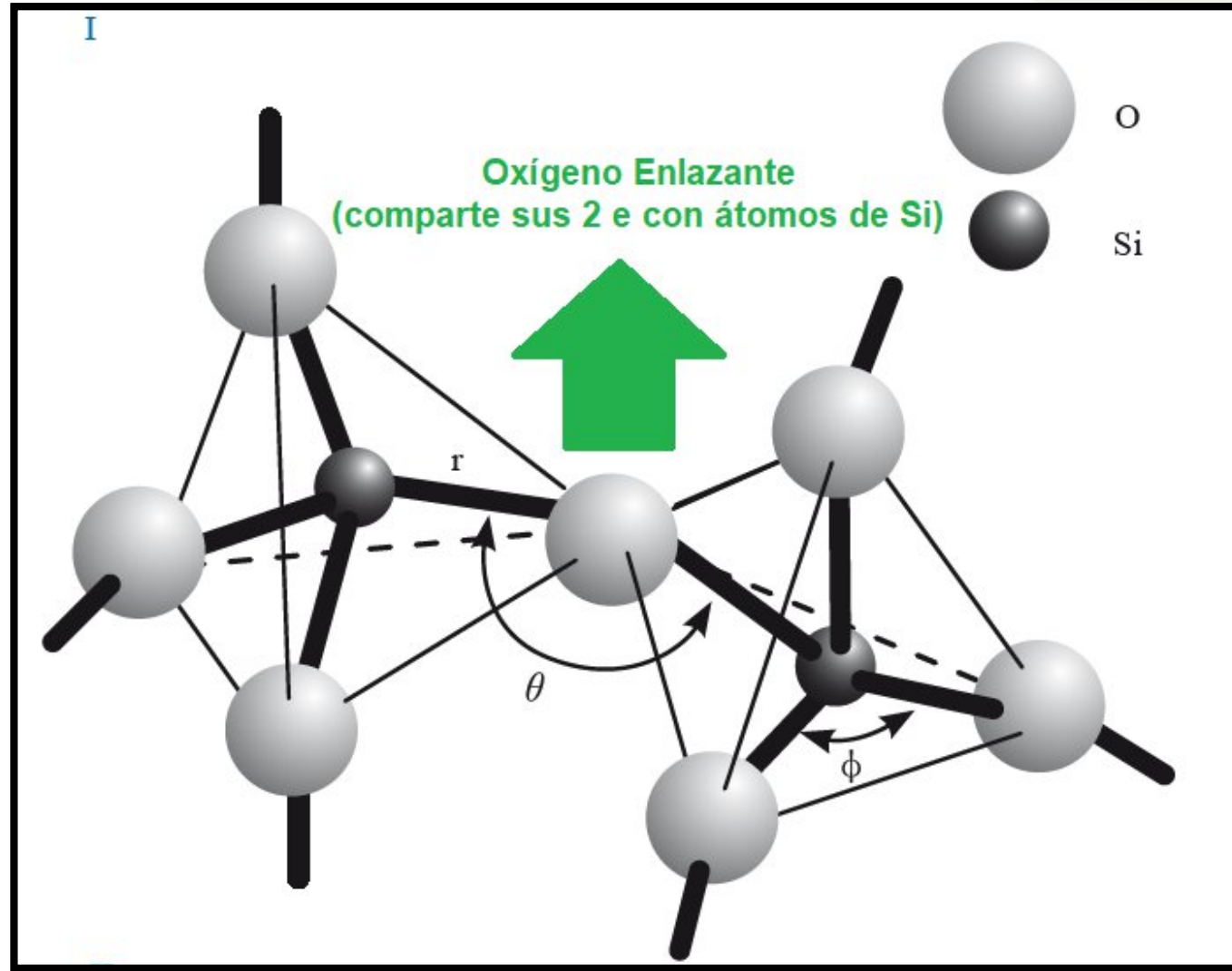


Enfriamiento repentino

# Dióxido de Silicio ( $\text{SiO}_2$ )



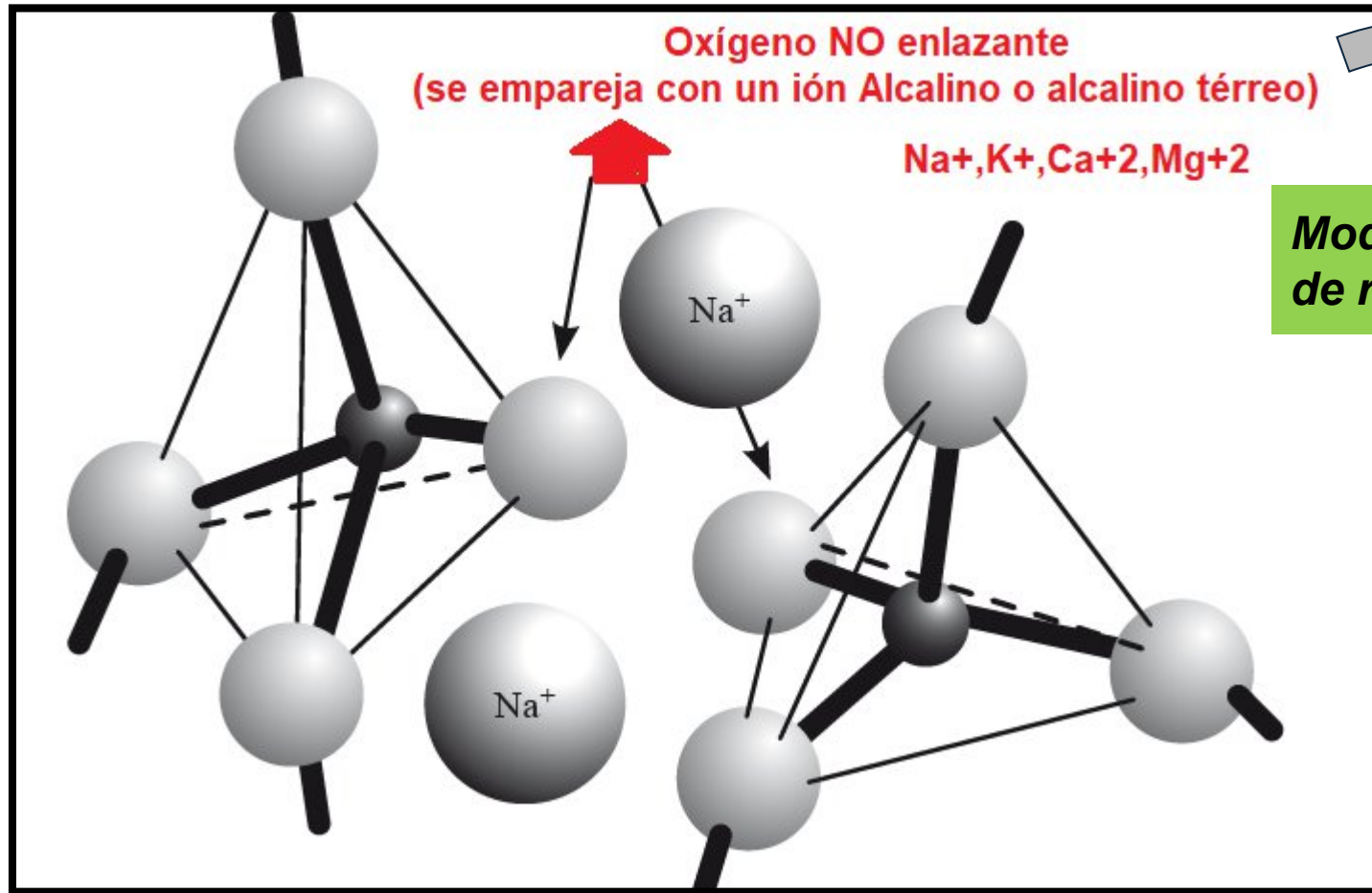
## CASO 1



# Dióxido de Silicio ( $\text{SiO}_2$ )



## CASO 2



**Modificadores  
de red**



- Los aspectos estructurales (la presencia de los cationes modificadores y/o de grupos OH) y texturales (la presencia de porosidades) de la matriz vítrea juegan un importante papel en las propiedades físicas y químicas del material.
- Ello permite aumentar la solubilidad del vidrio en medio fisiológico el cual determina el carácter bioactivo de los vidrios.



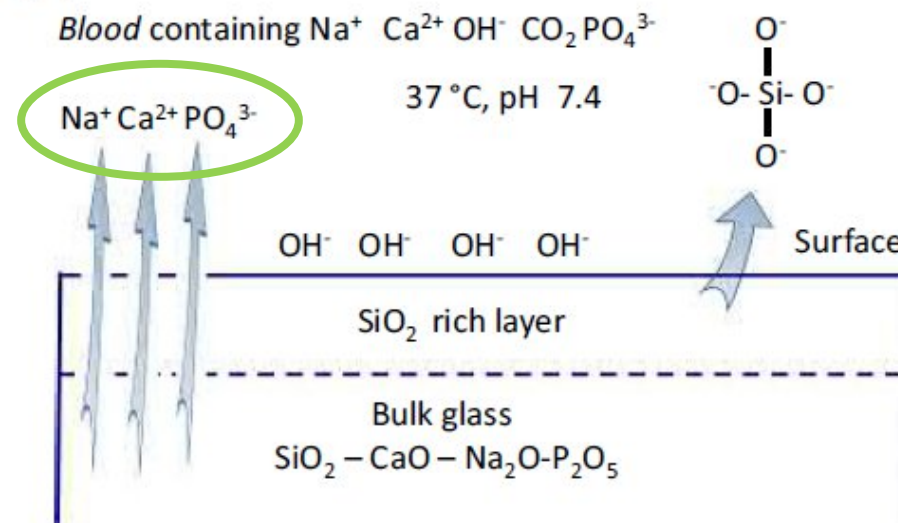


*Susceptibilidad de un vidrio a desarrollar enlaces fuertes y duraderos con el tejido.*

- Implica una modificación de la superficie del vidrio.
- Depende del tiempo de contacto.
- Ocurre durante la implantación.

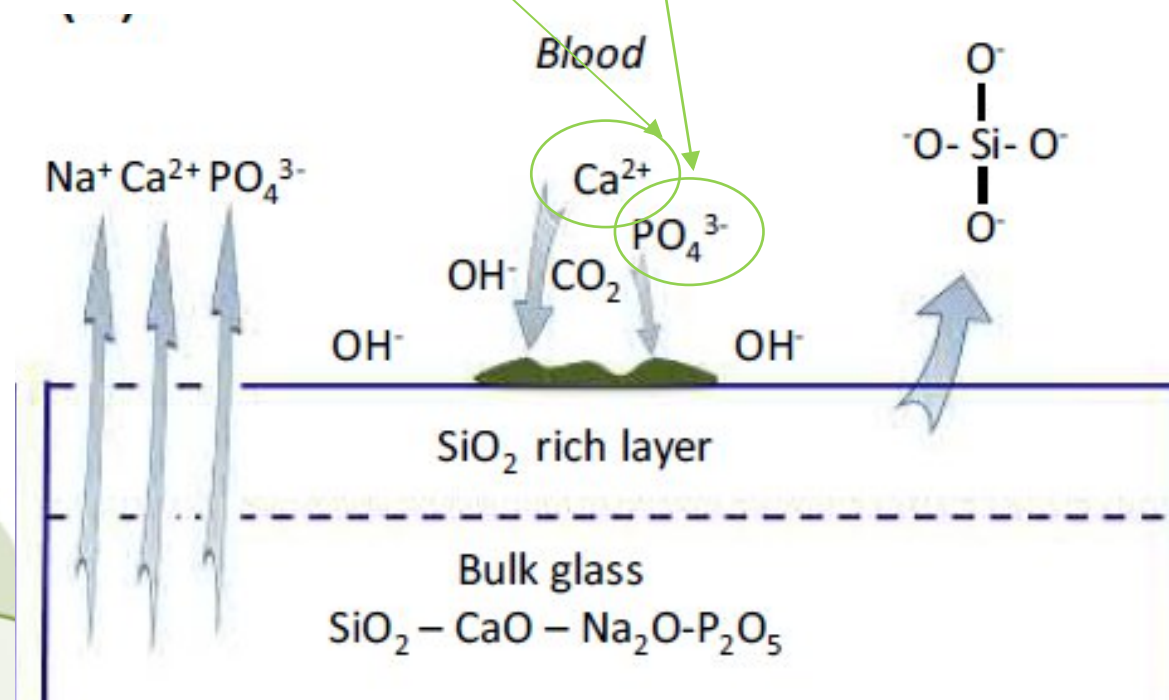


1. Intercambio iónico entre el fluido ( $H^+$  o  $H_3O^+$ ) y la matriz vítrea ( $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ , ...) y disolución de la red vítrea;
2. Formación de la capa rica en  $SiO_2$  en la superficie del vidrio;





## 3. Migración de los grupos $\text{Ca}^{2+}$ y $\text{PO}_4^{3-}$ a la superficie a través de la capa rica en $\text{SiO}_2$ ;

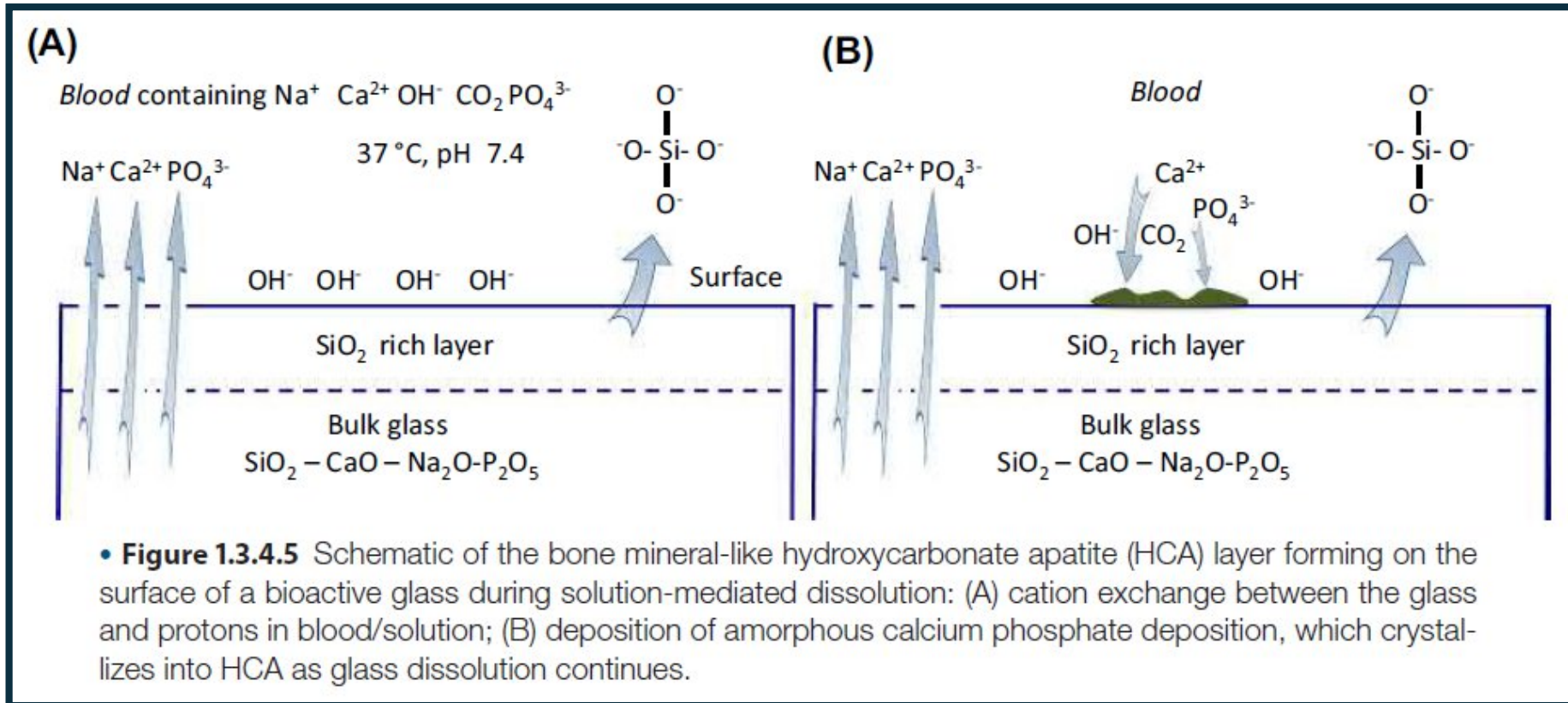




4. Formación de una capa rica en  $\text{CaO-P}_2\text{O}_5$  en la superficie del vidrio a través de la incorporación de calcio y el fósforo de la solución y posterior cristalización de la película amorfa de  $\text{CaO-P}_2\text{O}_5$  en la superficie del vidrio con la incorporación de aniones  $\text{OH}^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  o  $\text{F}^-$  de la disolución para formar una capa de hidroxicarbonato de fluorapatita.



# Formación de HCA en el Biovidrio



Ratner & Hoffman. "Biomaterial Science". (2020) 4 ed. Pag 297



## Modos de Bioactividad (unión ósea):

- Hidroxicarbonato Apatita (HCA) en la superficie - Colágeno del hueso
- Sílice e Iones  $\text{Ca}^{++}$  disueltos - Estimulación celular



### Capa Apatítica

- Químicamente semejante a la fracción mineral encontrada en el hueso.
- Hidroxicarbonato apatita (de fluorapatita).



- El índice de bioactividad es una medida utilizada para evaluar la capacidad de un material o sustancia para interactuar de manera beneficiosa con los tejidos biológicos, promoviendo la formación de una unión química o interfaz con los tejidos vivos.
- El índice de bioactividad se basa en la capacidad del material para inducir la formación de hidroxiapatita (HA) en su superficie cuando entra en contacto con fluidos corporales, como la sangre o el líquido intersticial





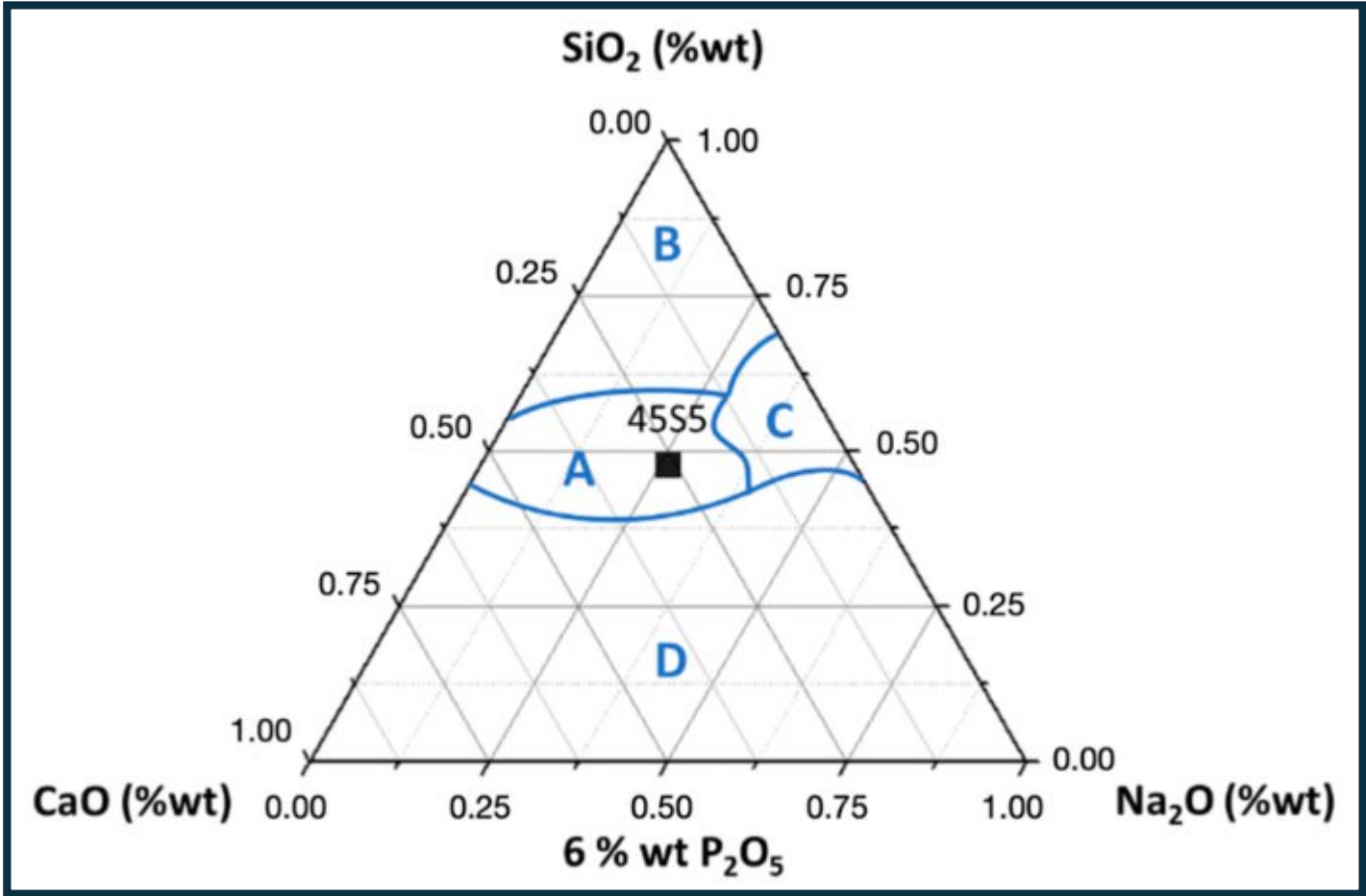


- La tasa de desarrollo de la unión interfacial entre el implante y el hueso puede ser referido a un nivel de bioactividad. Hench, introdujo un índice de bioactividad (IB) (Ec. 1) relacionado al tiempo donde más del 50% de la superficie se ha unido al hueso ( $t_{0,5bb}$ ). Un valor alto de este índice (entre 8 - 10), implica un tiempo de unión muy corto, lo cual garantiza una unión firme y estable tanto con el hueso como con los tejidos blandos

$$I_B = 100 / t_{0,5bb}$$



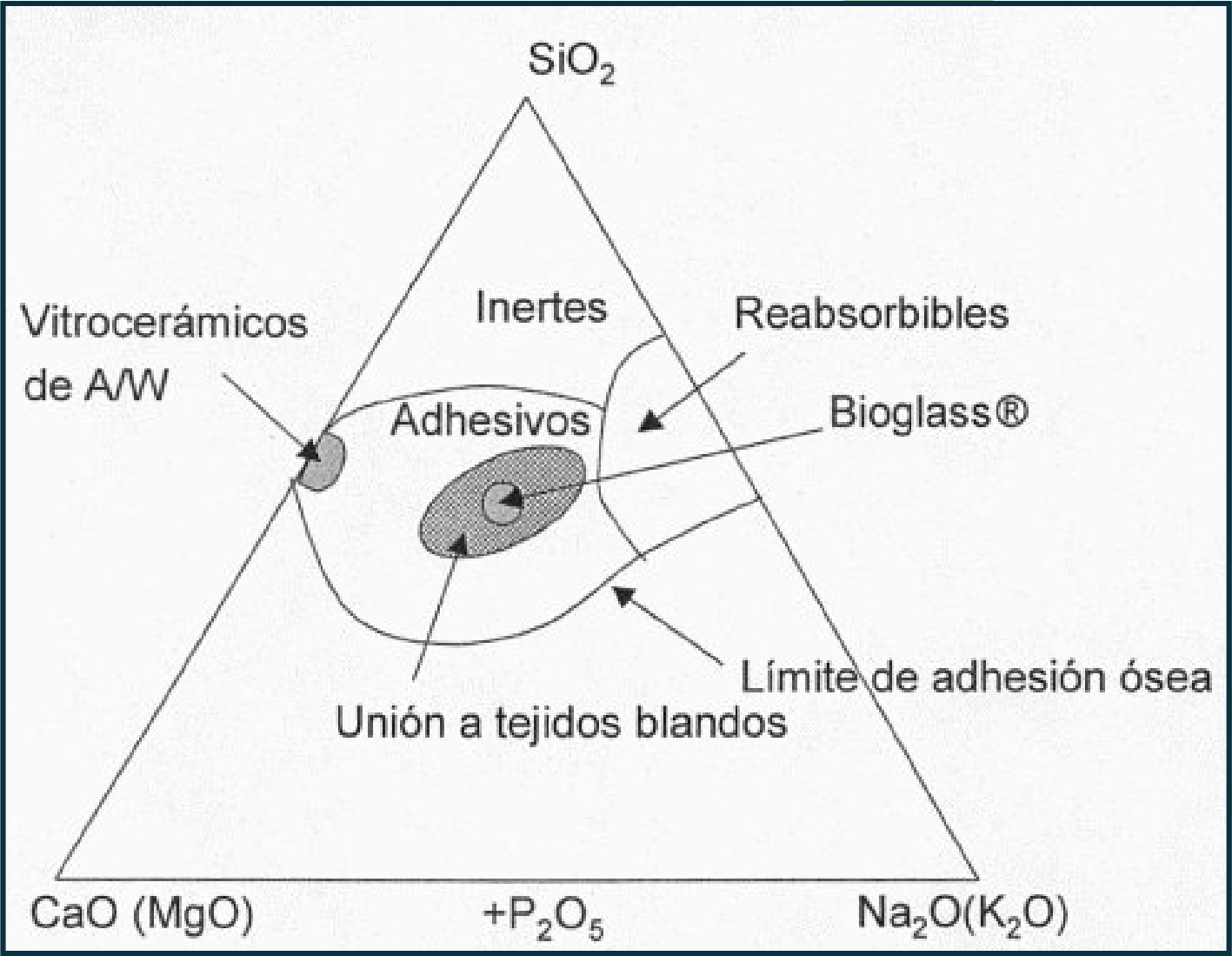
# Evaluación de la Bioactividad - Diagrama de Hench



- A = Bone Bonding
- B = Non-bonding (reactivity too low)
- C = Non-bonding (reactivity too high)
- D = Non-bonding (non glass forming)
- S = Soft tissue bonding
- E = Bioglass® composition



Brezulier, Damien & Chaigneau, Louis & Jeanne, Sylvie & LEBULLENGER, Ronan. (2021). The Challenge of 3D Bioprinting of Composite Natural Polymers PLA/Bioglass: Trends and Benefits in Cleft Palate Surgery. Biomedicines. 9. 1553. 10.3390/biomedicines9111553.

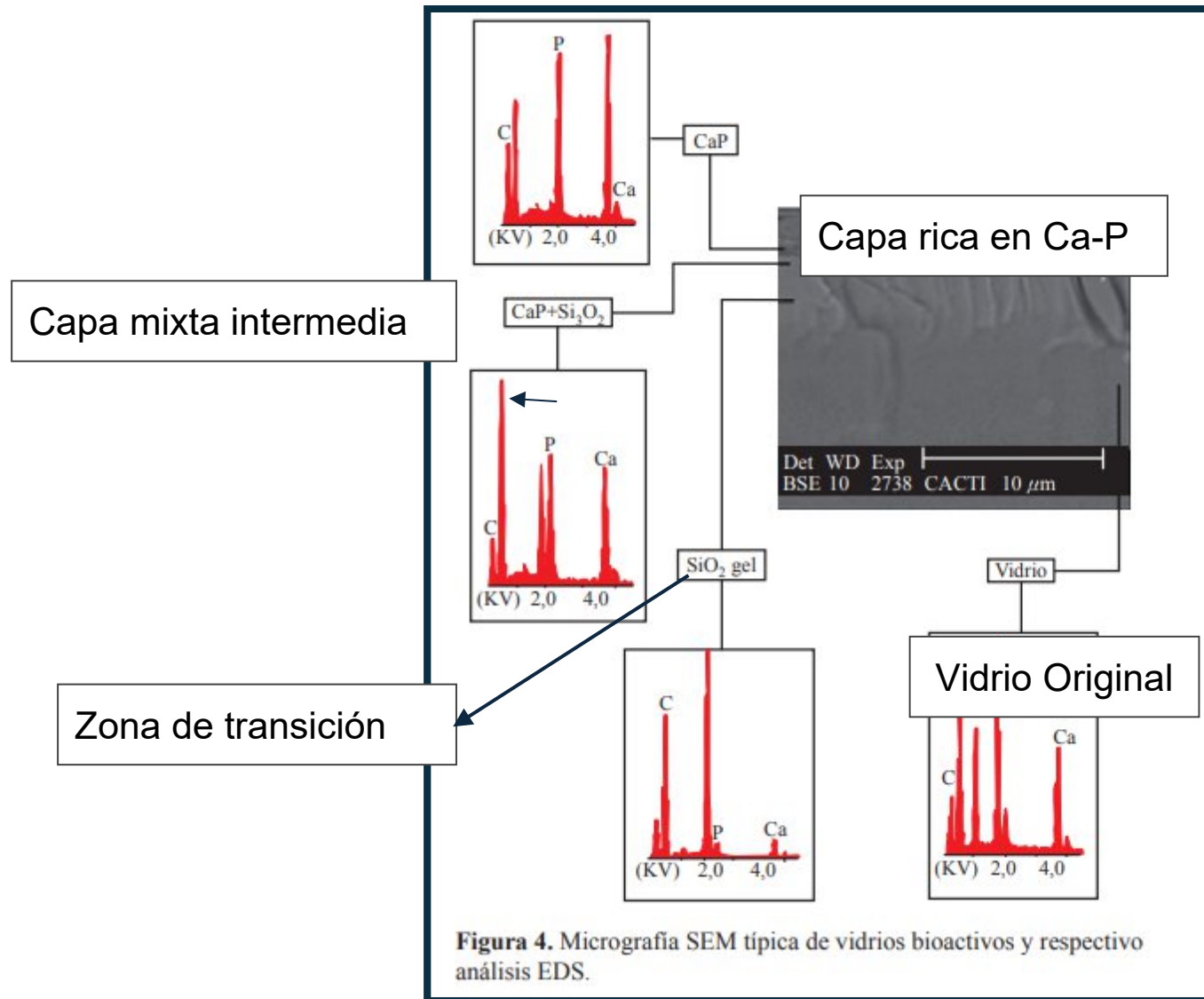




## **Método:** Simulated Body Fluid SBF

1. Ensayo in vitro que consiste en sumergir el vidrio en un fluido corporal simulado.
2. Aplicación de protocolo, retiro, lavado y secado.
3. Estudio morfológico de la superficie mediante microscopía SEM y EDS.

*EDS: Espectroscopía de energía dispersiva.*





# HIDROXIAPATITA



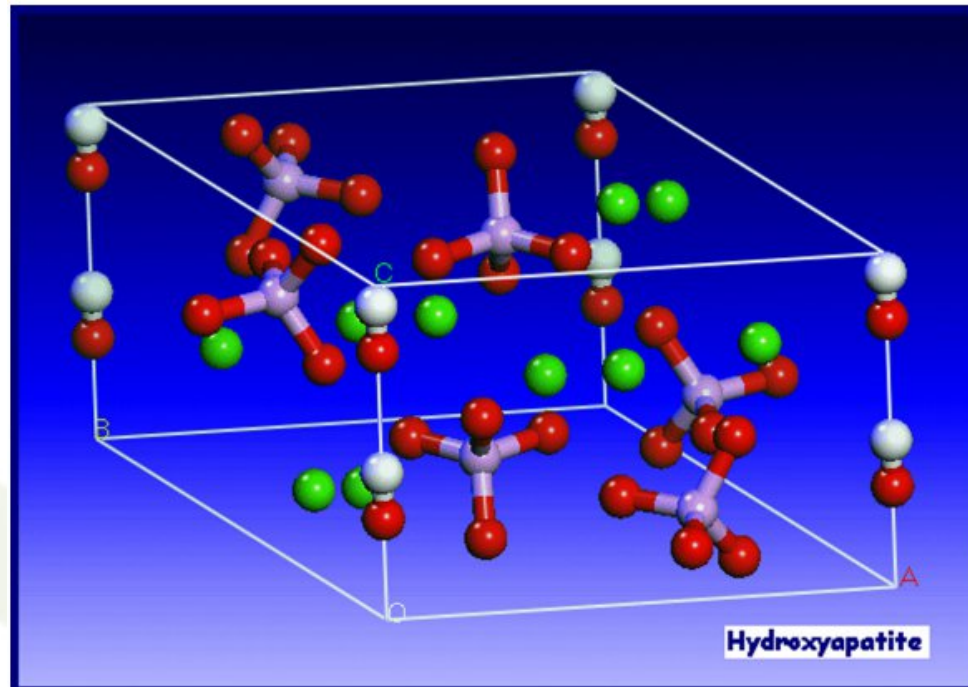
**Origen Mineral: Rocas volcánicas , Sudeste de Brasil, Noruega y Bolivia.**



# HIDROXIAPATITA



La hidroxiapatita (HA) es un mineral compuesto principalmente de fosfato de calcio que se encuentra de forma natural en el tejido óseo y dental de los seres humanos y otros vertebrados.

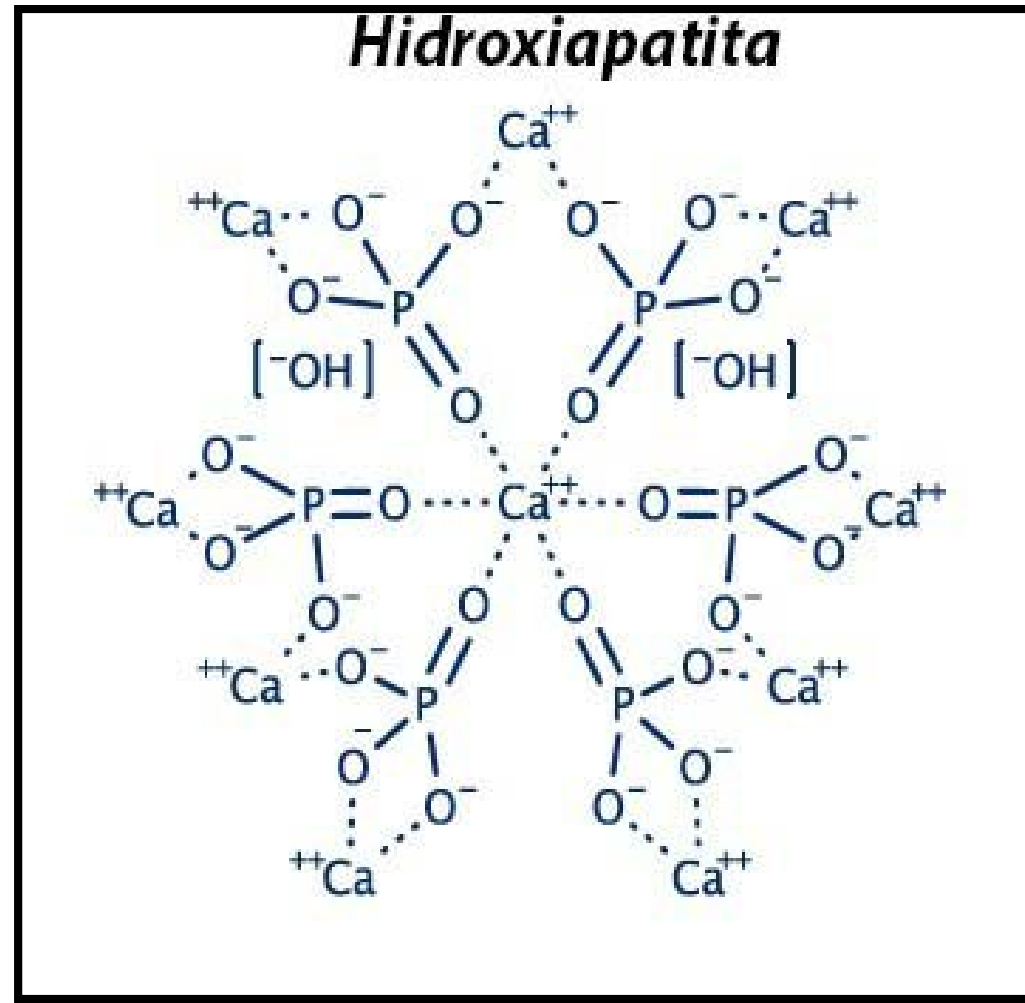




- Biológico-sintético
- Es un Fosfato de Calcio con fórmula:



- Relación Ca/P de 1.67



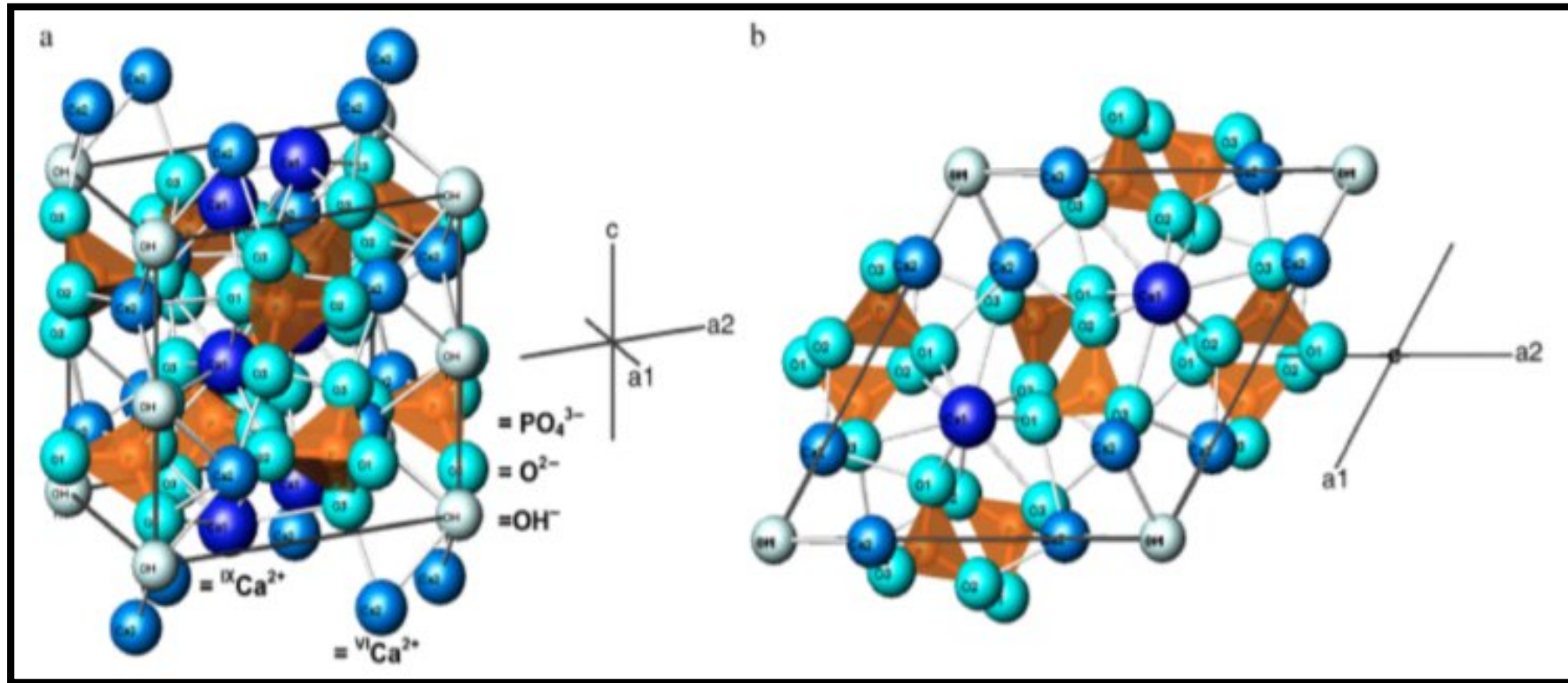


- ☐ Solubilidad en líquidos fisiológicos
- ☐ Módulo de Young entre 80 y 110 GPa
- ☐ Resistencia a la compresión de entre 400 y 900 MPa





- La **fluorapatita** o **apatita-(CaF)**, es un mineral fosfato (halofosfato de calcio).
- Sólido Cristalino duro
- Componente del esmalte de los dientes
- Sistema Cristalino Hexagonal
- La cloropatita ( $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$ ) es otra estructura relacionada



Estructura cristalina Hexagonal de la HA

# HIDROXIAPATITA CORALINA



Hidroxiapatita coralina® HAP-200 en forma de gránulos XL. Tamaño de gránulos entre 2 y 2,4 mm



FIG. 4. Coral Porites de las costa de Cuba.

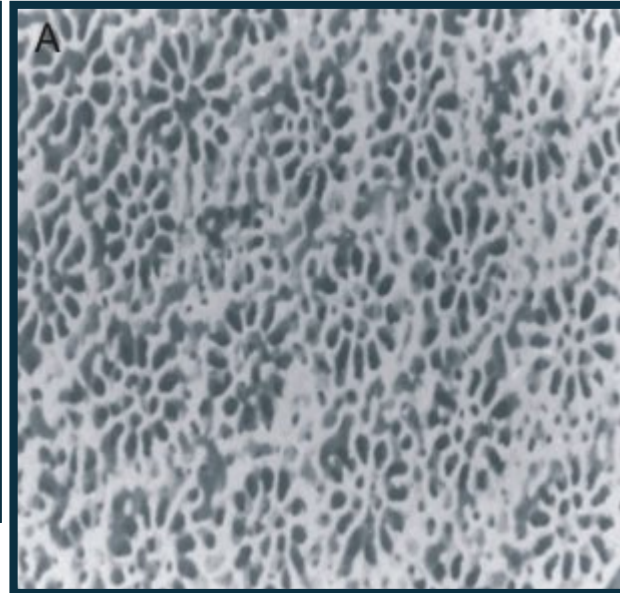
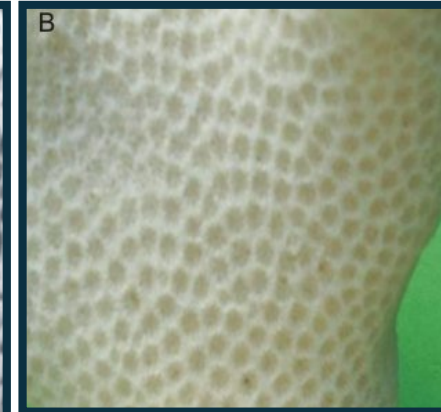


FIG. 5. A) Micromorfología de la hidroxiapatita coralina, configuración trabecular típica de los corales de donde procede



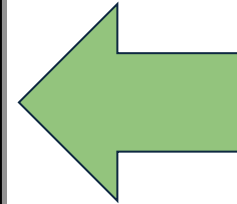
Vista macroscópica de la estructura del coral Porites



# FUENTE NATURAL DE HA



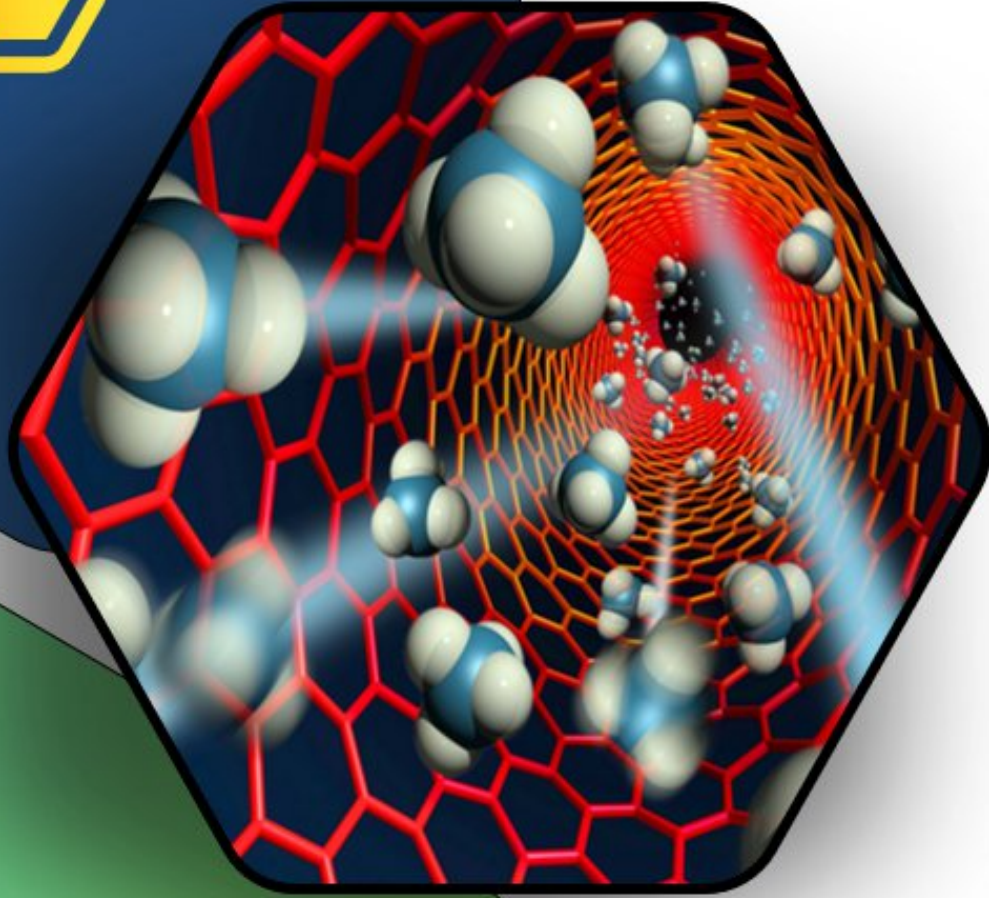
# Esqueleto de Coral



- Carbonato de Calcio
- Fósforo
- Sulfato de Hierro
- Oxido de Silicio







# **CERÁMICAS REABSORBIBLES**



## **Descomposición (degradación) + Reabsorción**





1969 - Concepto de Cerámica reabsorbible

***Aquella que se degrada con la implantación en el huésped. El material reabsorbido es reemplazado por tejidos endógenos***

# Cerámicas Biodegradable



1892 - Yeso de París

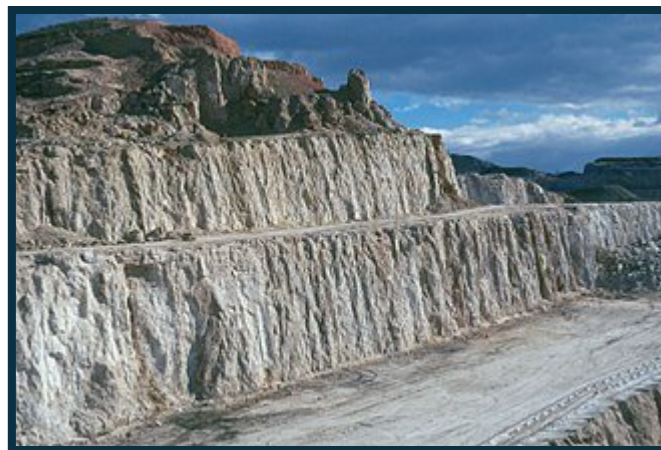
Producto industrial

Material de construcción

*Sustituto Óseo*

Nombre: Sulfato de Calcio  
semihidratado

Composición:  $(\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O})$



Aljez, piedra de yeso  
o yeso crudo,  
contiene 79,07 % de  
sulfato de calcio  
anhidro y 20,93 % de  
agua





1975 - Fosfato de Calcio

- **Se demuestra su baja toxicidad**
- **Biocompatible**
- **No causa cambios en Niveles de Ca y P en sangre**

B-Ca (PO) + Hidroxiapatita







**TABLE 2.9** Uses of Biodegradable/Resorbable Bioceramics

Use	Ref.
1. As drug delivery devices	Abrams and Bajpai, 1994 Bajpai, 1992 Bajpai, 1994 Benghuzzi et al., 1991 Moldovan and Bajpai, 1994 Nagy and Bajpai, 1994
2. For repairing bone damaged due to disease or trauma	Bajpai, 1990 Gromofsky et al., 1988 Khavari and Bajpai, 1993 Morris and Bajpai, 1987 Scheidler and Bajpai, 1992
3. For filling space vacated by bone screws, donor bone, excised tumors, and diseased bone loss	Bajpai and Fuchs, 1985 Ricci et al., 1986
4. For repairing and fusion of spinal and lumbo-sacral vertebrae	Bajpai et al., 1984 Yamamuro et al., 1988
5. For repairing herniated discs	Bajpai et al., 1984
6. For repairing maxillofacial and dental defects	Freeman et al., 1981
7. Hydroxyapatite ocular implants	De Potter et al., 1994 Shields et al., 1993



**¡GRACIAS!**



# Mecánica de Biomateriales y Tejidos

# BIOMATERIALES

Docente:  
**Gastón Corti – [gcorti@itba.edu.ar](mailto:gcorti@itba.edu.ar)**

