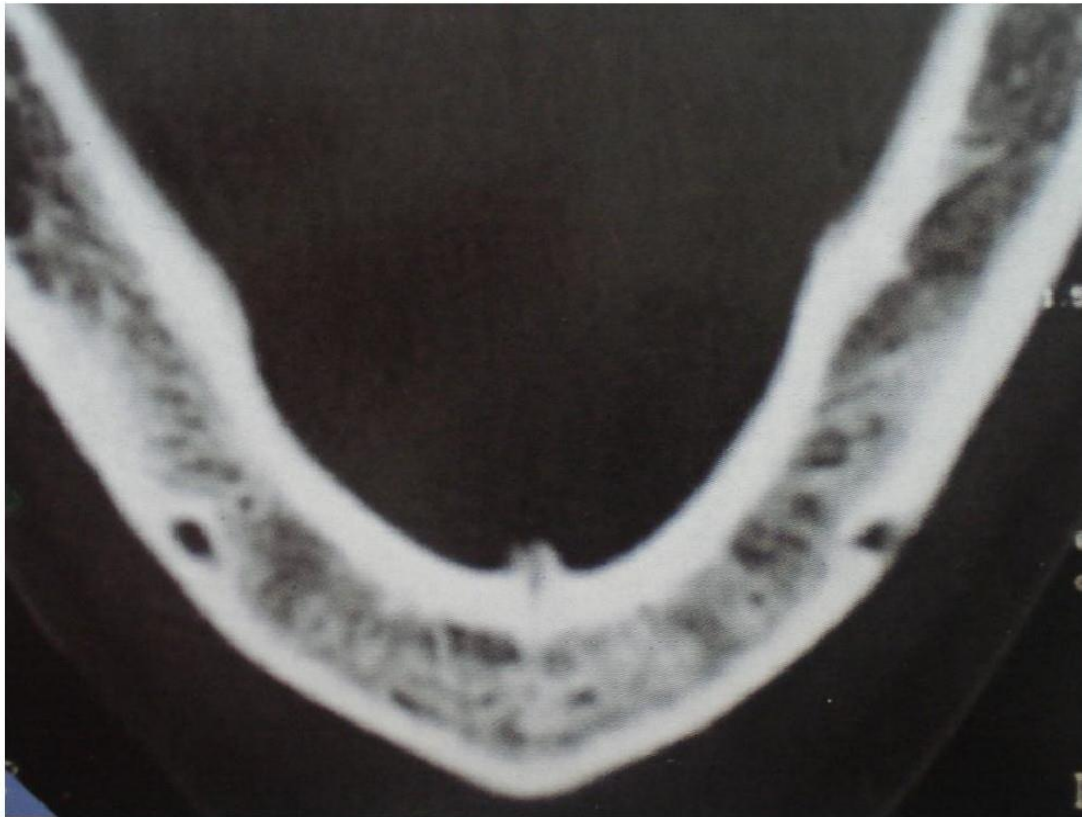


**Hidroxiapatita**

(1)

## TEJIDO ÓSEO I: fase inorgánica

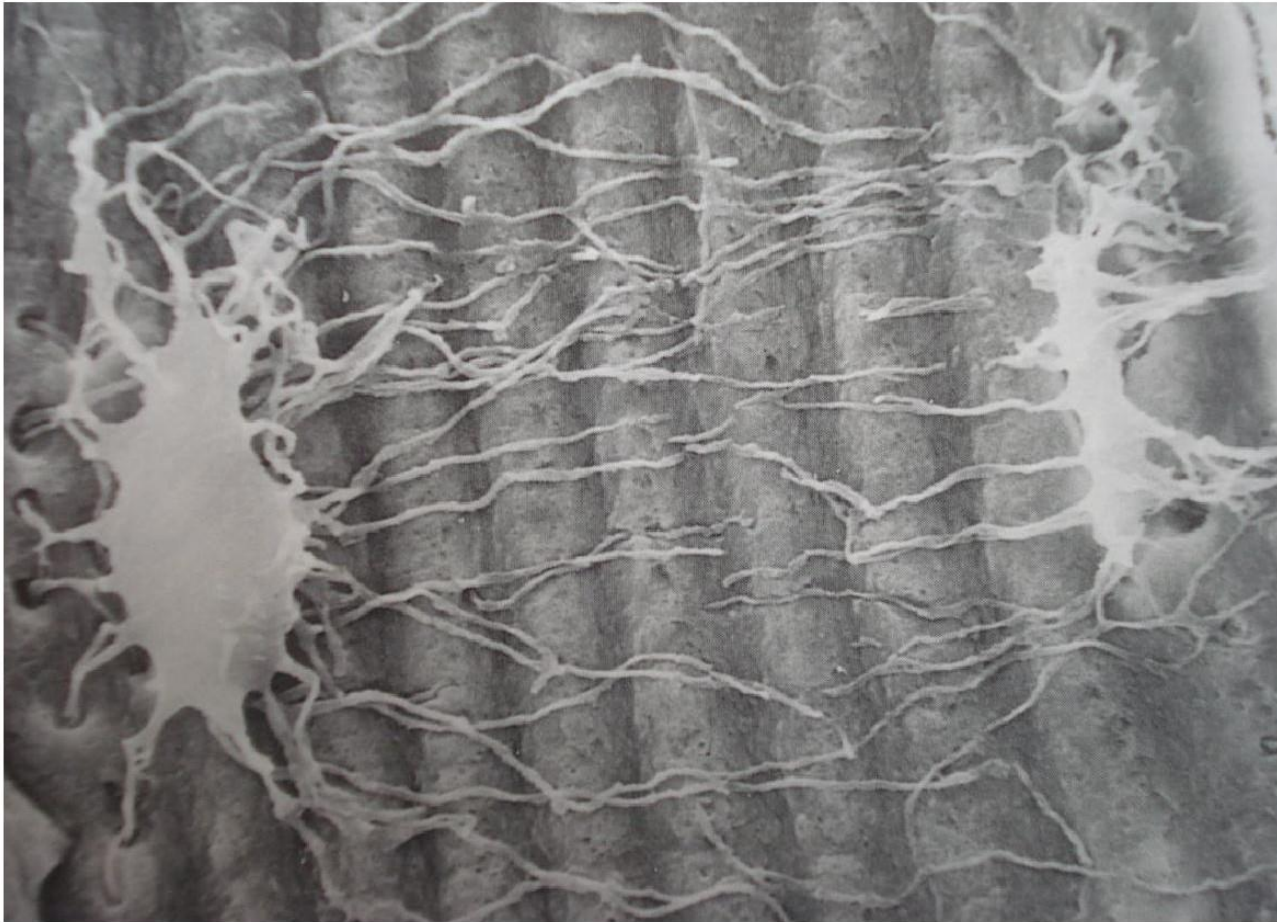


(2)



Osteocito

(3)



Osteocitos

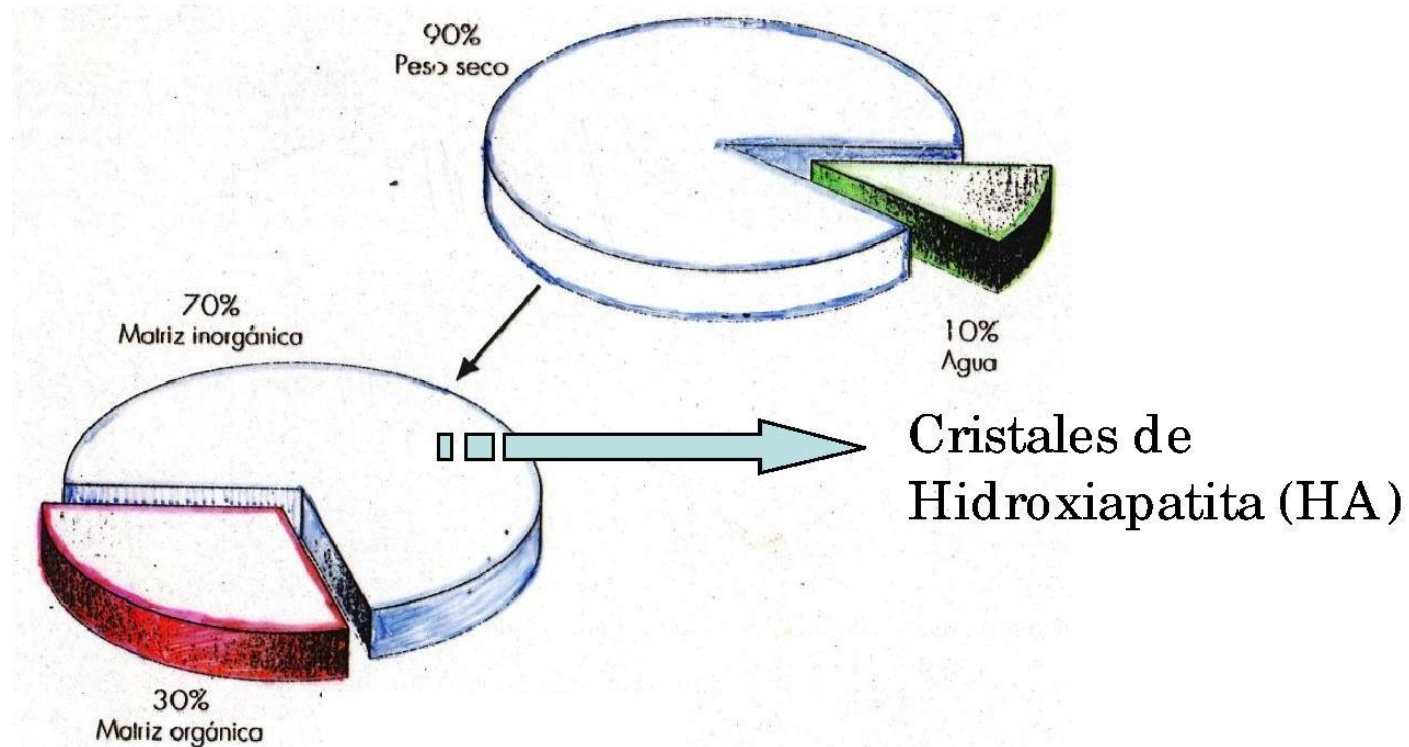
(4)





Cristales de Hidroxiapatita

(5)



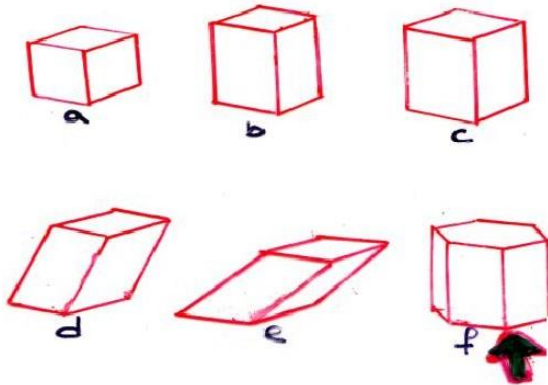
## Composición de la Matriz ósea

## Comparación del mineral del tejido óseo con el de otra estructura mineralizada

Tabla 7-1. Propiedades y composición del esmalte y del hueso maduros

	Esmalte	Hueso
Densidad (g/ml)	2,9-3,0	2,1-2,2
Contenido mineral (peso en %)	96	72
Tamaño del cristal (Å)		
Longitud	1.000-10.000	300-500
Anchura	300-600	100-300
Espesor	100-400	25-50

# Clases de cristales



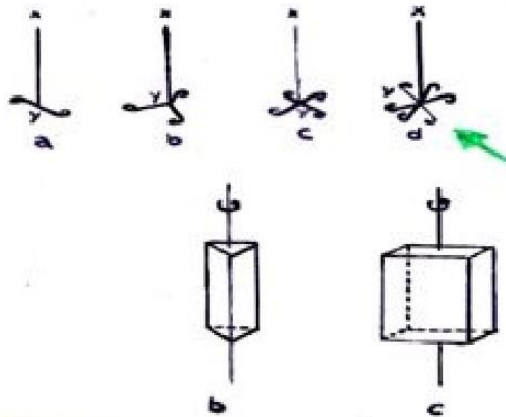
**Los 6 sistemas cristalinos:**

a- cúbico, b – tetragonal,  
c-ortorómbico, d- monoclinico,  
e-triclínico, f-hexagonal



**Ejes de Simetría:**

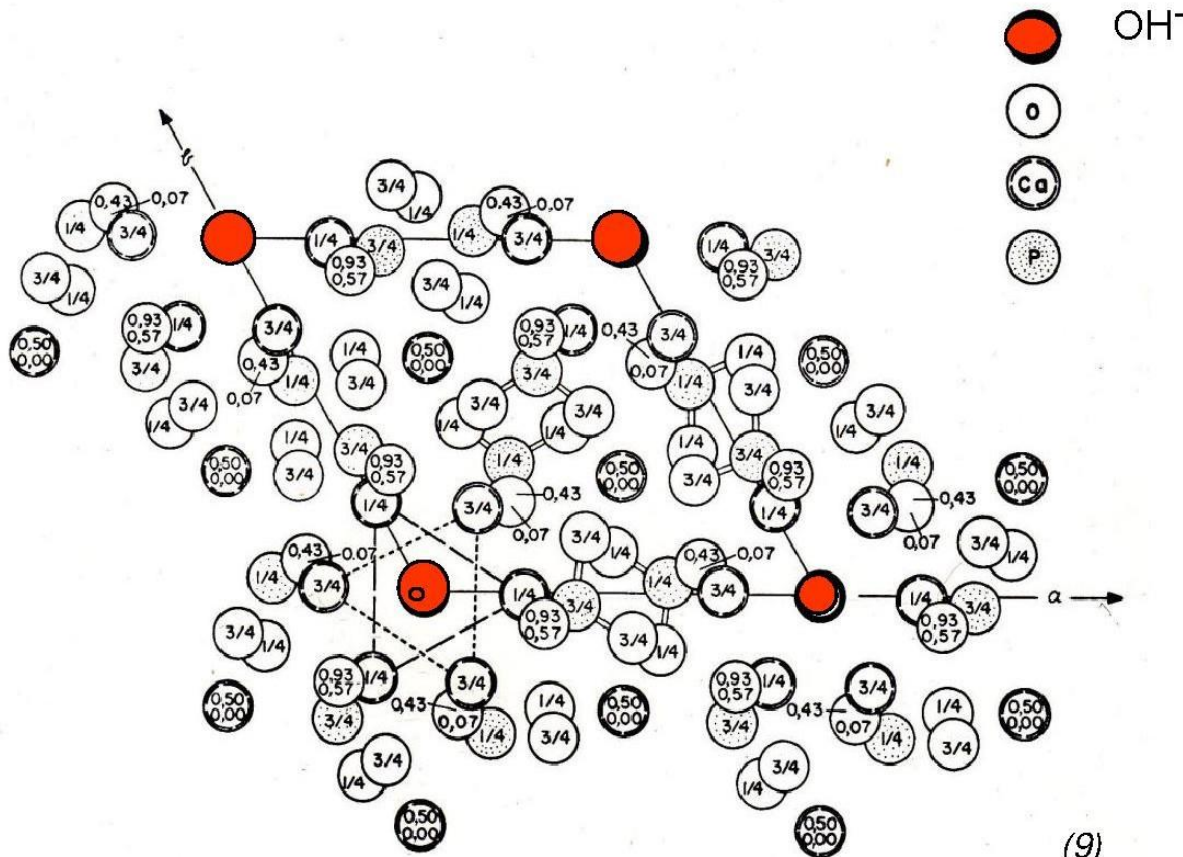
a-binario, b-ternario,  
c-cuaternario, d-senario





# Hidroxiapatita (HA)

Celdilla unitaria :  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$



Representación vista desde la parte superior del eje c. Las líneas continuas entre los OH marcan los bordes de la celdilla unitaria de base rombooidal. Las líneas discontinuas se encuentran entre los calcio de los triángulos (Ca (II) )

# CELDILLA UNITARIA DE HIDROXIAPATITA



Eje central C ocupado por  $\text{OH}^-$

Niveles:

Z=0 hexágono de  $\text{Ca}^{2+}$  I

Z=1/2 " "

Z=1 " "

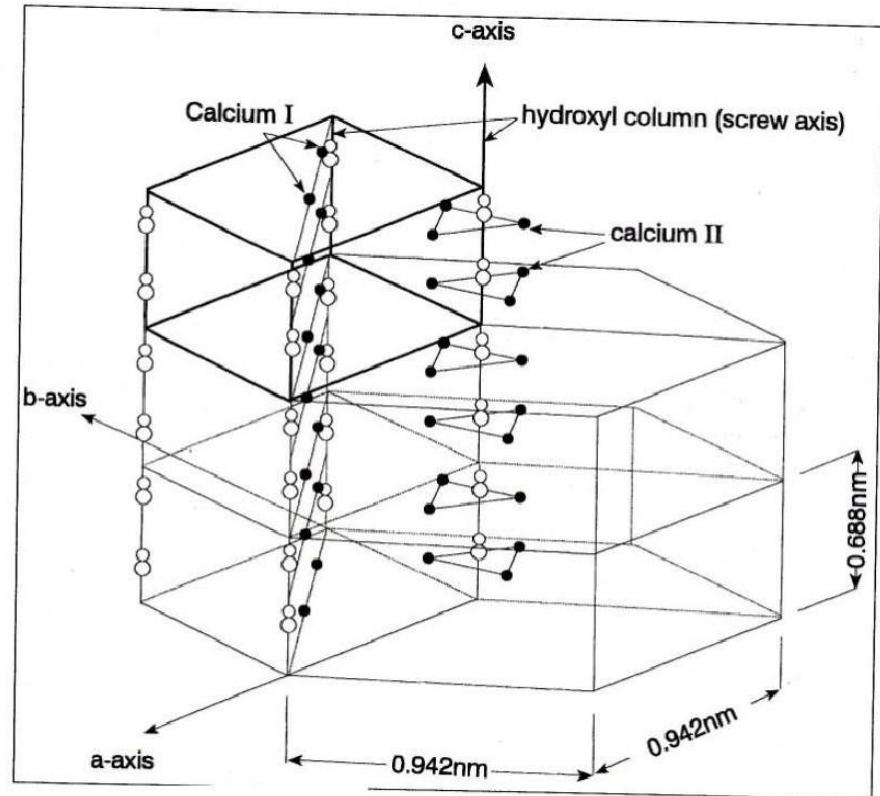
Z=1/4 y Z = 3/4

OH

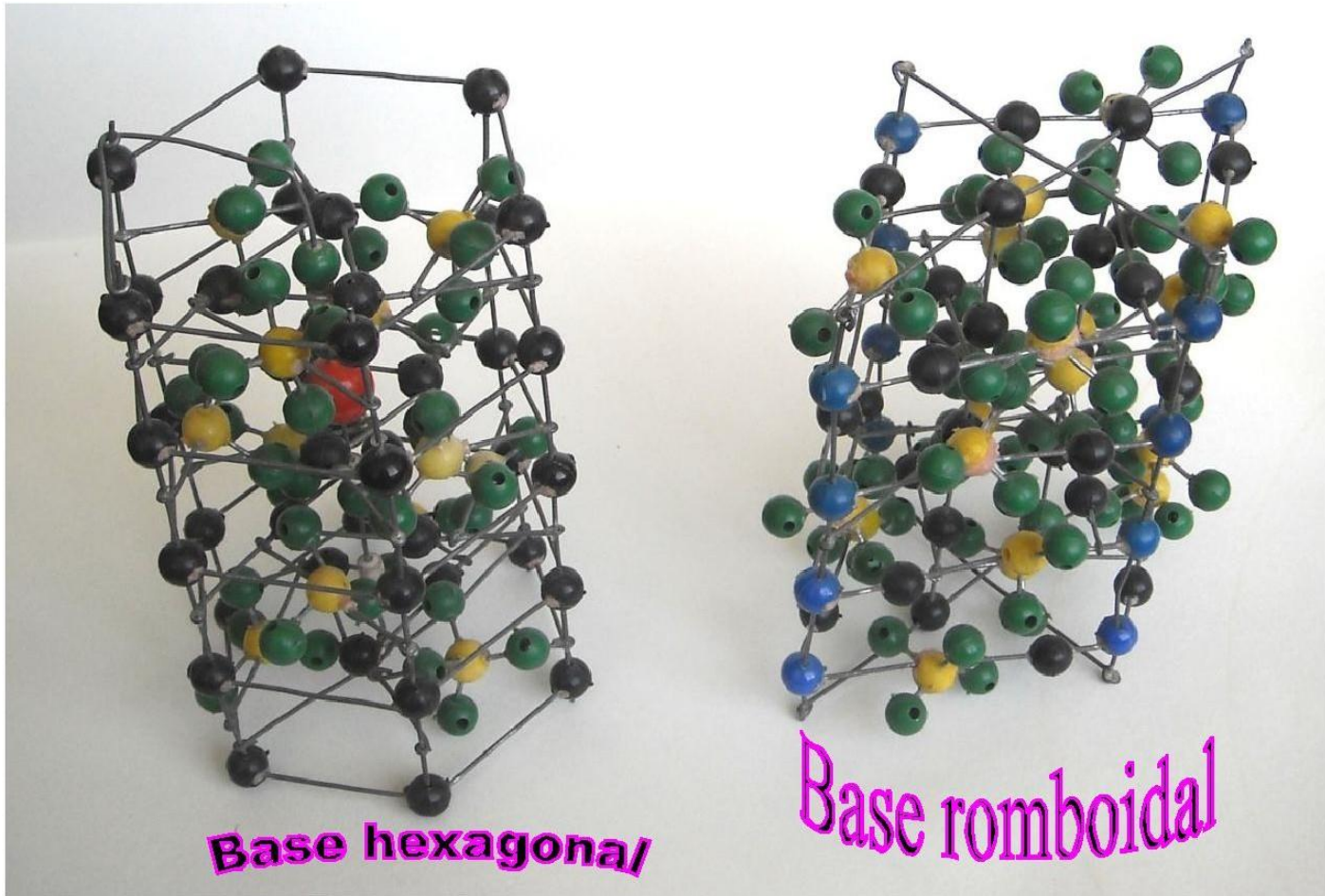
Triángulos de  $\text{Ca}^{2+}$  II

" de  $\text{PO}_4^{-3}$

Desfasados  $60^\circ$  entre los dos niveles.



## Las dos celdillas unitarias de Hidroxiapatita



Modelos realizados por el Dr. E .Bentos-Pereira

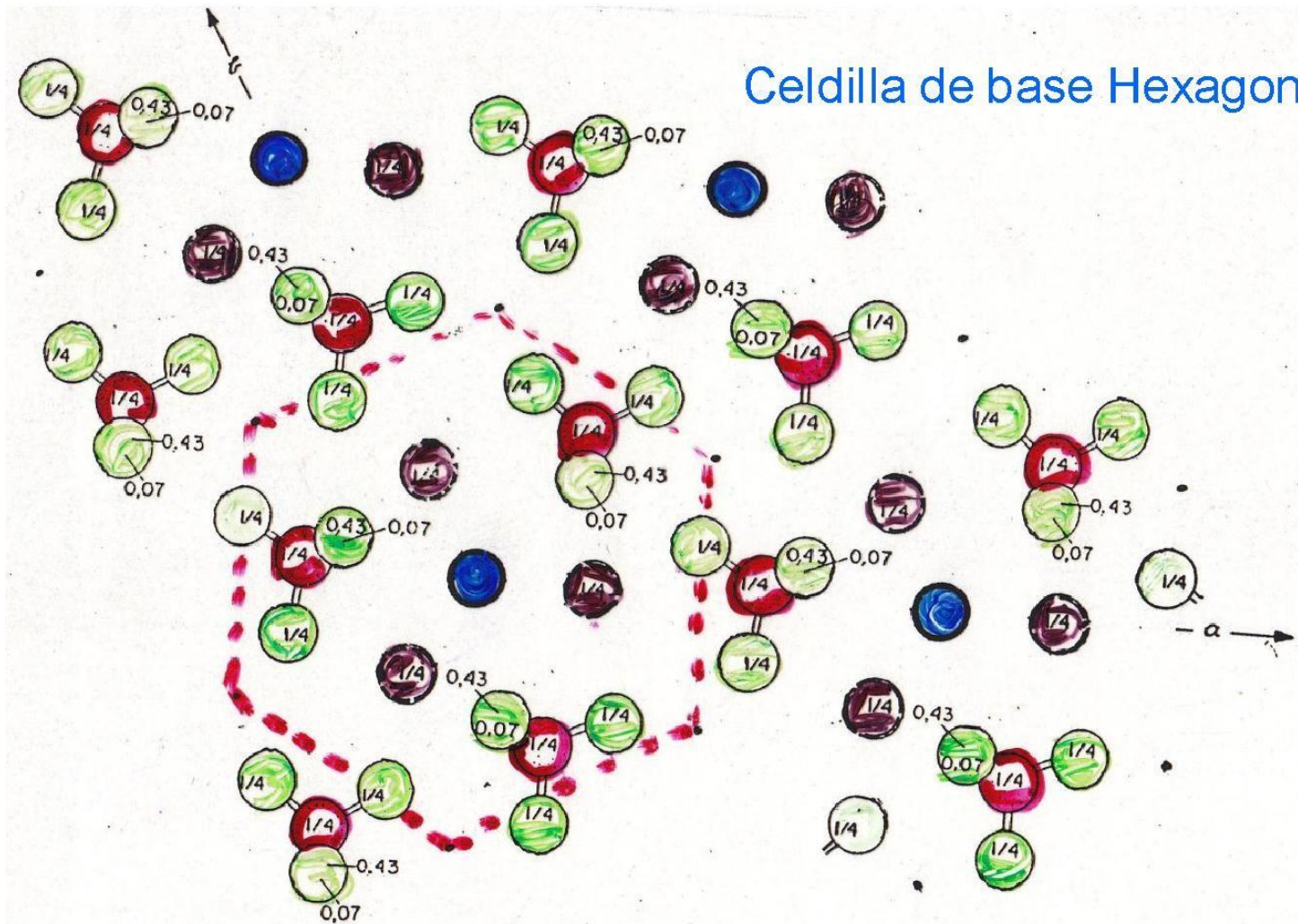
## Celdilla de base Hexagonal



Iones ubicados en los niveles  $Z = 0$  ,  $0,5$  y  $1$ :  
hexágonos de  $\text{Ca}^{2+}$  I



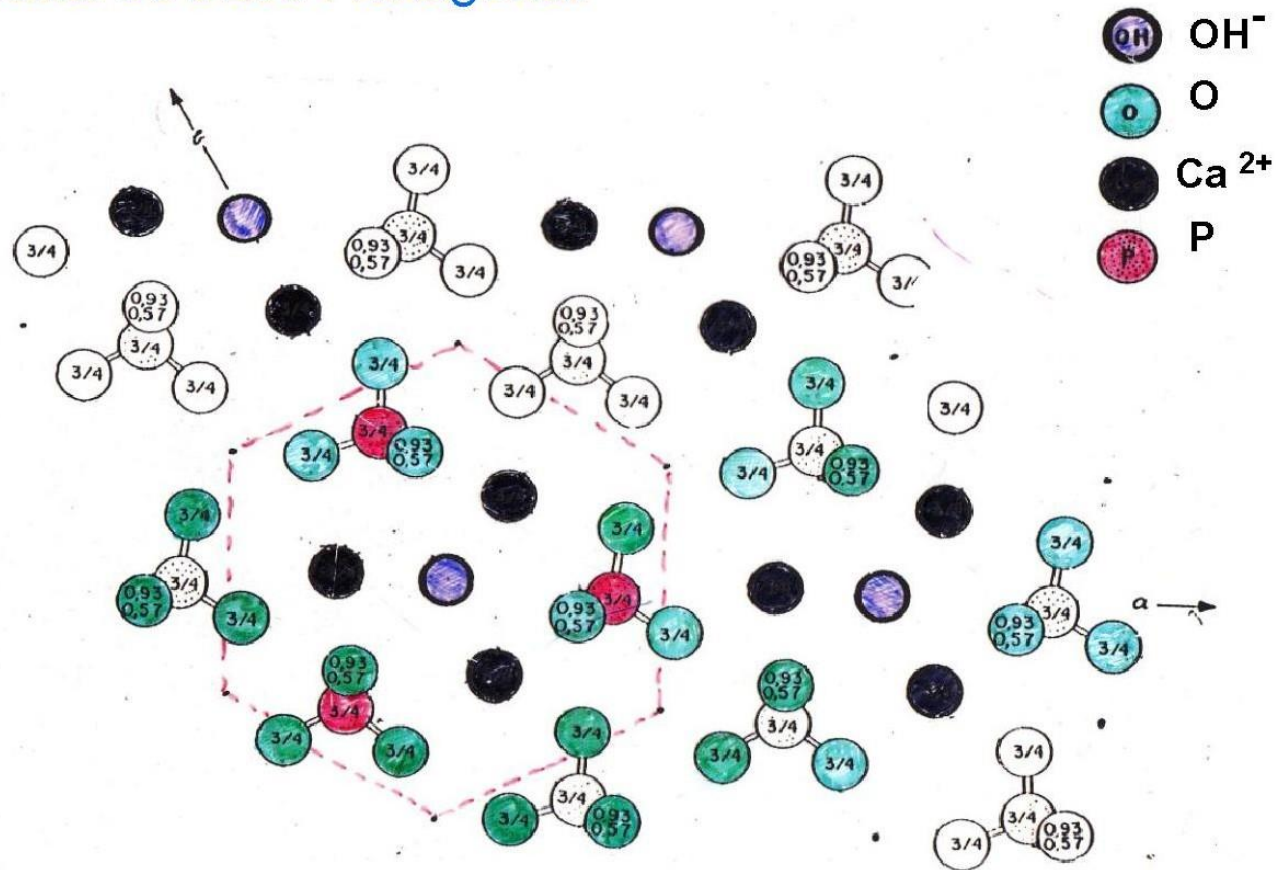
## Celdilla de base Hexagonal



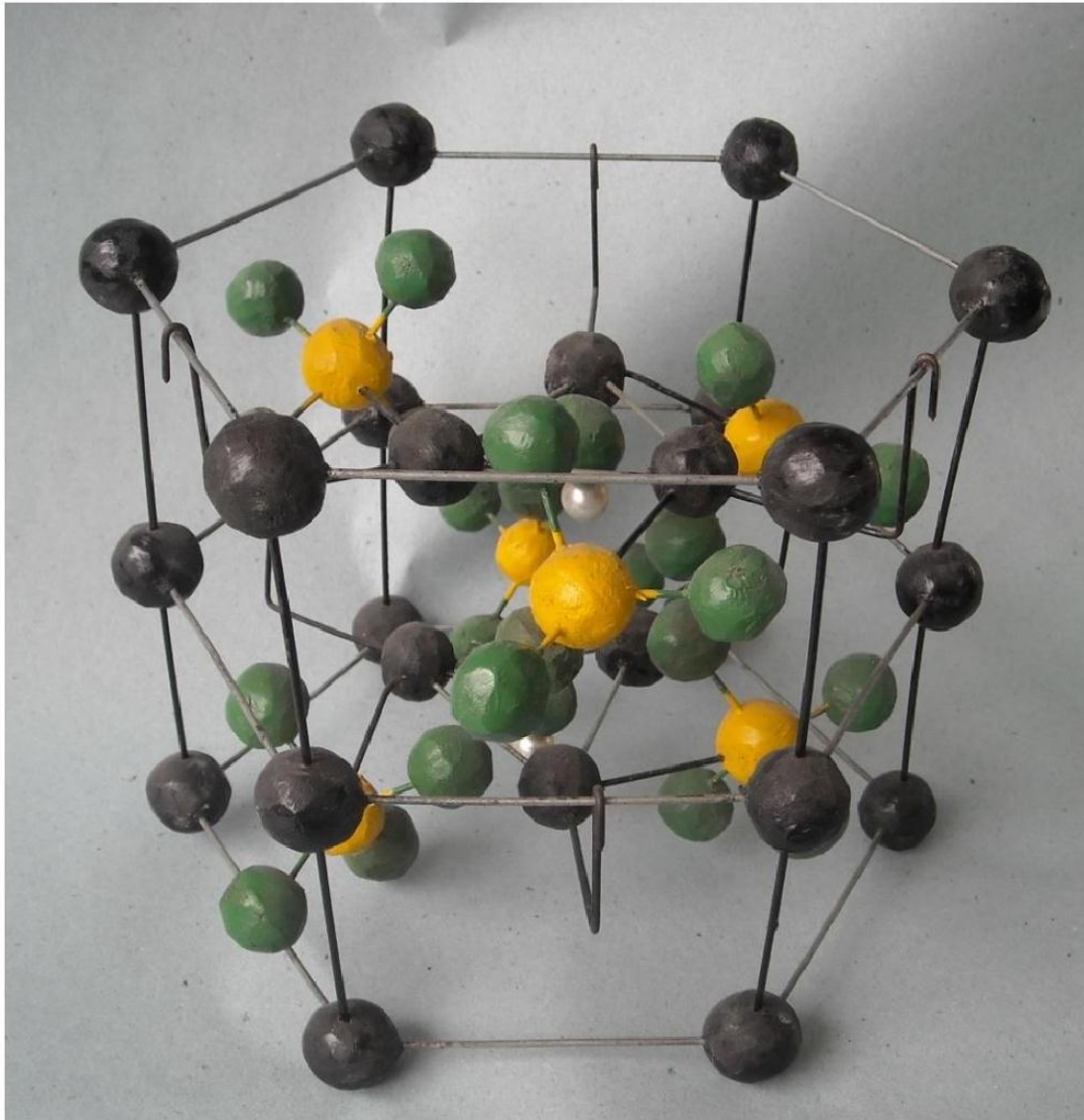
Iones ubicados en el nivel  $Z = 1/4$  (0.25):  
 $\text{OH}^-$ , triángulos de  $\text{Ca}^{2+}$  II y triángulos de  $\text{PO}_4^{3-}$



## Celdilla de base Hexagonal



Iones ubicados en el nivel  $Z = 3/4(0,75)$ :  $\text{OH}^-$ , triángulos de  $\text{Ca}^{2+}$  II y triángulos de  $\text{PO}_4^{3-}$ , ambos triángulos desfasados  $60^\circ$  con respecto a los ubicados en el nivel 0,25.



Modelo de  
celdilla de base  
hexagonal.

Referencia de  
colores. Esferas:

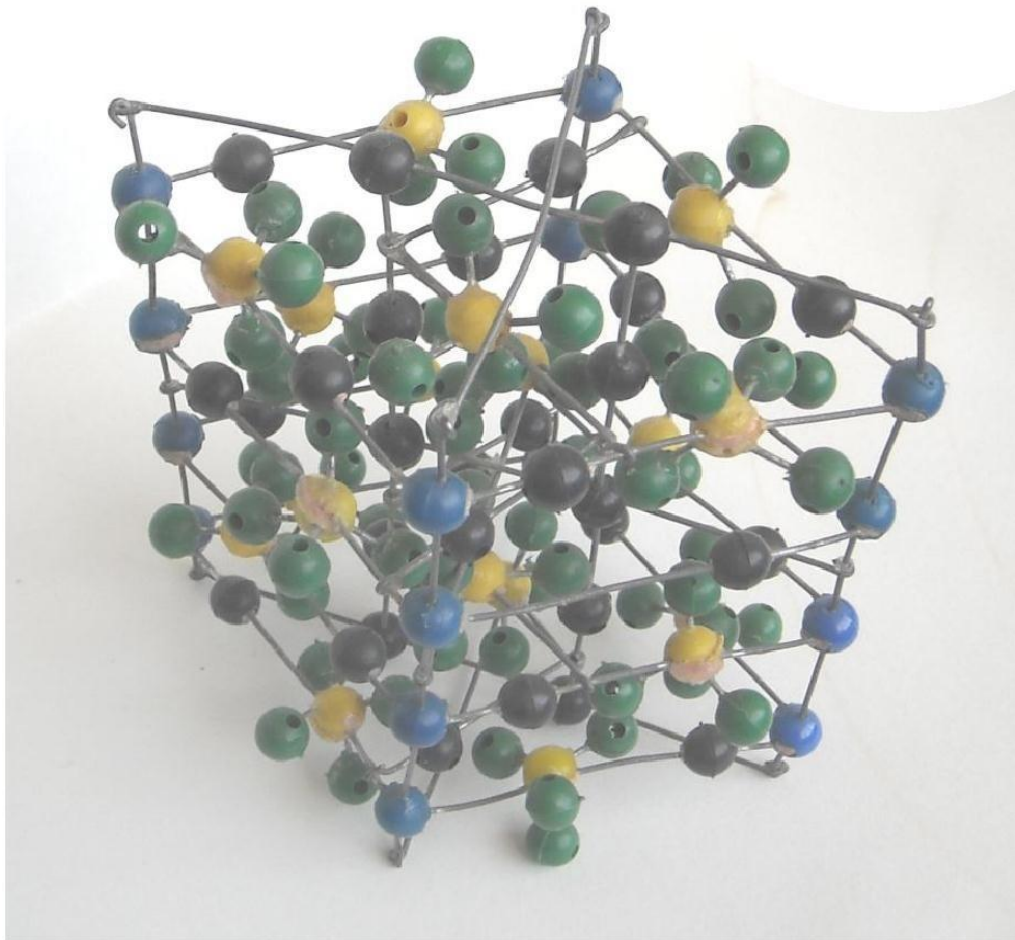
**Negras-** calcios

**Amarillas** –fósforo

**Verdes-** oxígenos

**Blancas-** hidrógenos

Modelo realizado por el  
Dr. E. Bentos -Pereira.



Modelo de  
celdilla de base  
romboidal.

Referencia de  
colores. Esferas:

**Negras-** calcios

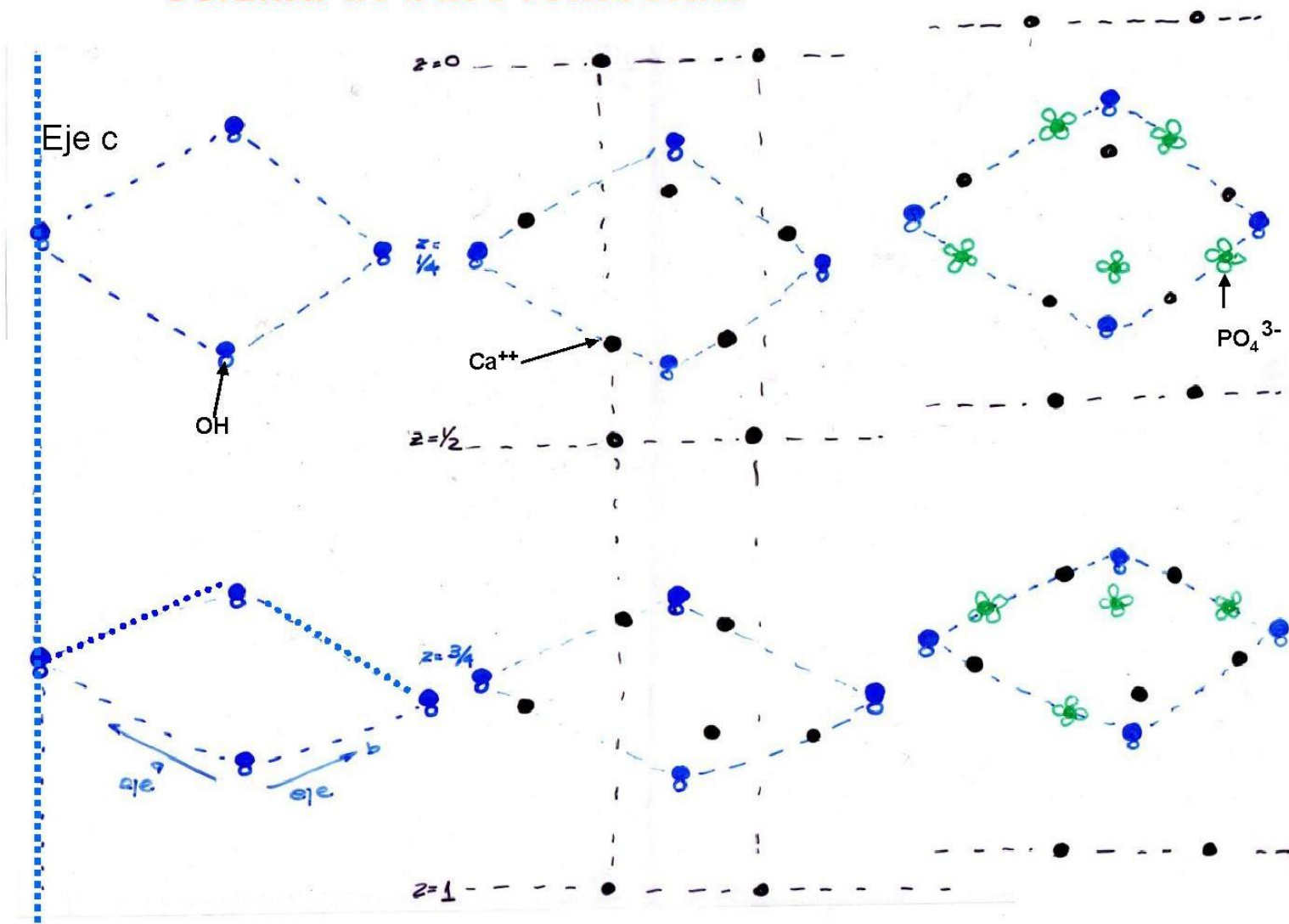
**Amarillas** –fósforo

**Verdes-** oxígenos

**Azules-** oxidrilos  
(OH)

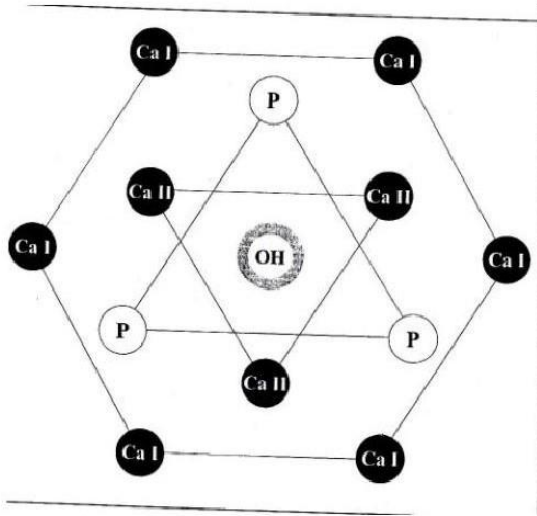
Modelo realizado por el  
Dr. E. Bentos -Pereira.

## Celdilla de base romboidal

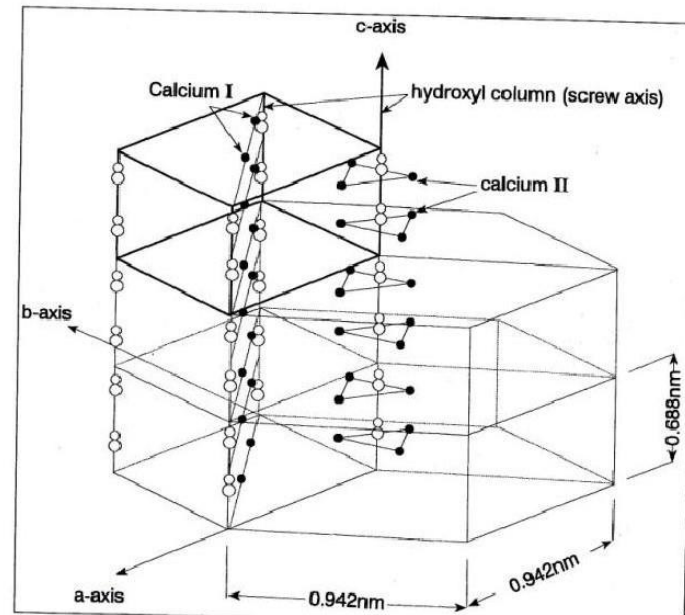




# Estructura del Cristal de Hidroxiapatita



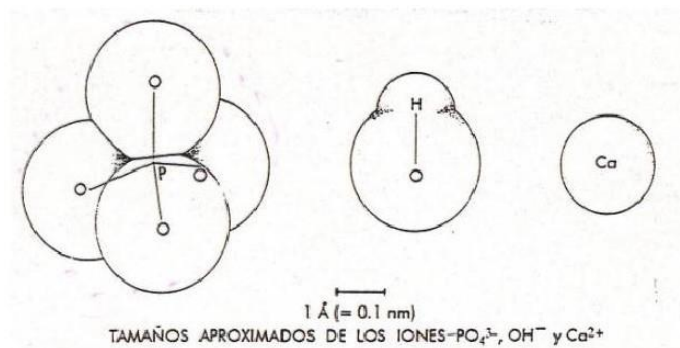
Ordenamiento de los iones calcio y fosfatos alrededor de la columna de oxidrilos ubicada sobre el eje c de la celdilla de base hexagonal.



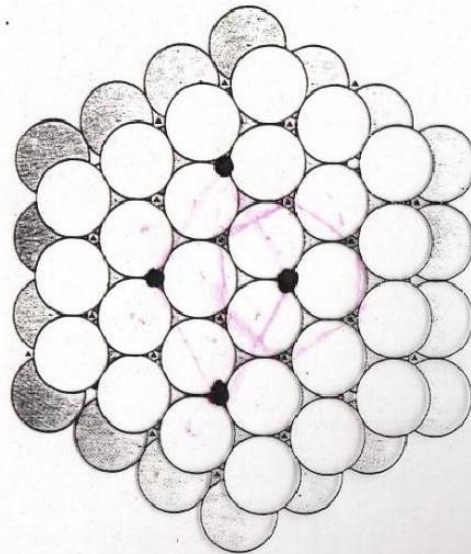
Relación entre la celdilla de base hexagonal y la de base romboidal (ésta última en trazos más fuertes)

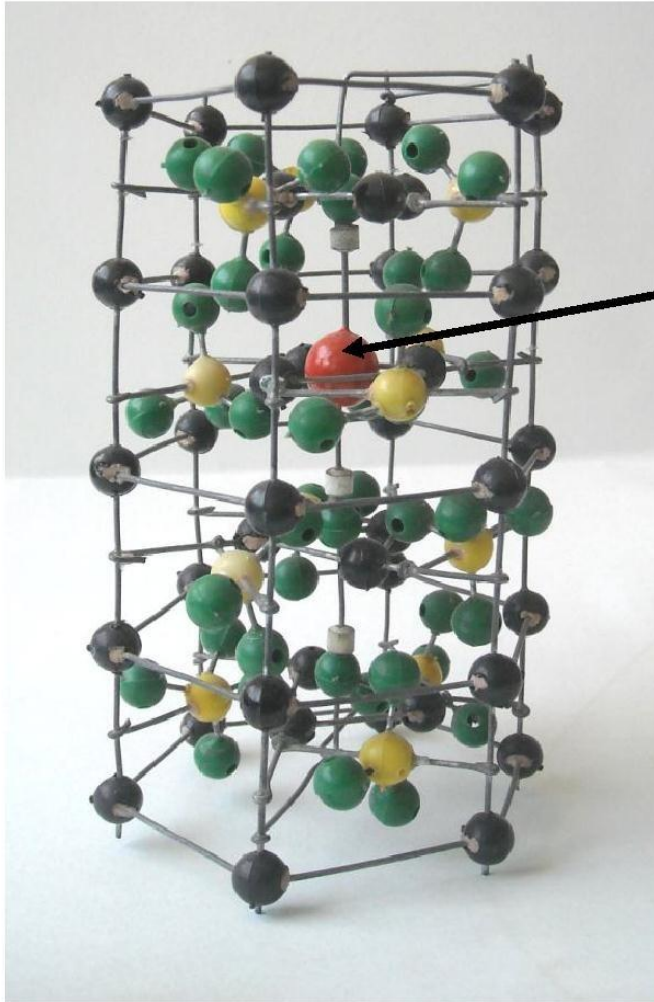


## Relación de tamaño entre los iones constituyentes de la Hidroxiapatita



. 15-2. Tamaño y forma de los iones fosfato, hidroxilo y calcio en la hidroxiapatita. El ion flúor es un poco menor que el ion hidroxilo. (Tomado de Elliot, 1973).





F<sup>-</sup>

Sustitución de OH<sup>-</sup>  
por F<sup>-</sup> en la  
Hidroxiapatita

Modelos realizados por el Dr. E .Bentos-Pereira

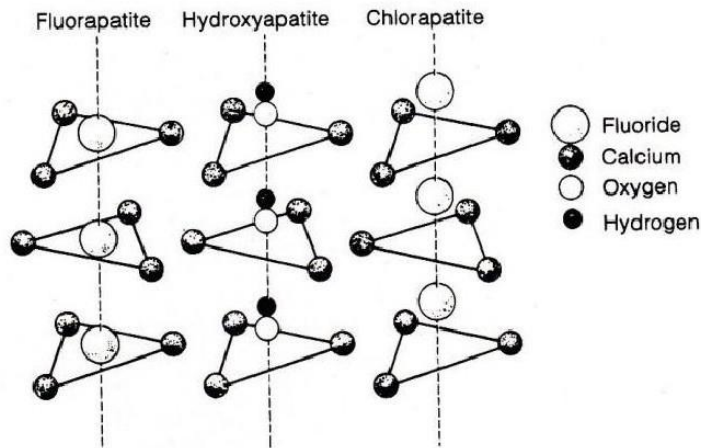
Efecto del  $F^-$  en el tamaño  
de los cristalitas de  
apatita, observado a través  
de microscopio  
electrónico.

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



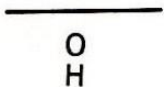
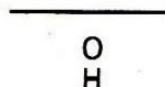
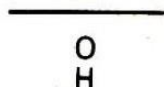
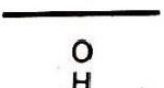
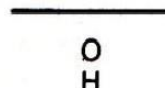
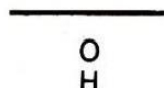
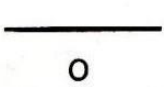
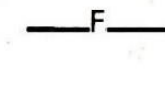

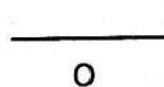
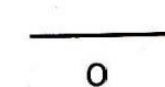
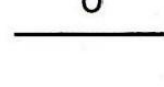
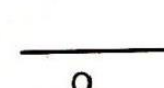
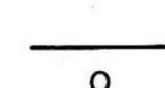
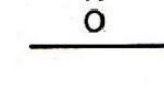
Columna de triángulos de calcio a lo largo del eje c. Los OH<sup>-</sup> y los Cl<sup>-</sup> están ligeramente desplazados del plano de los triángulos de calcio mientras que el F<sup>-</sup> se ubica exactamente en el centro del triángulo, equidistante de los tres Ca<sup>2+</sup>

## Efecto de las diferentes sustituciones de los iones OH<sup>-</sup> en la Hidroxiapatita



**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)

<u>Z</u>	A	B	C
1/4			
3/4			
5/4			
7/4			
9/4			

Sustitución de  $\text{OH}^-$  por  $\text{F}^-$  en las columnas del eje c. Las barras horizontales representan los triángulos de calcio vistos de perfil.

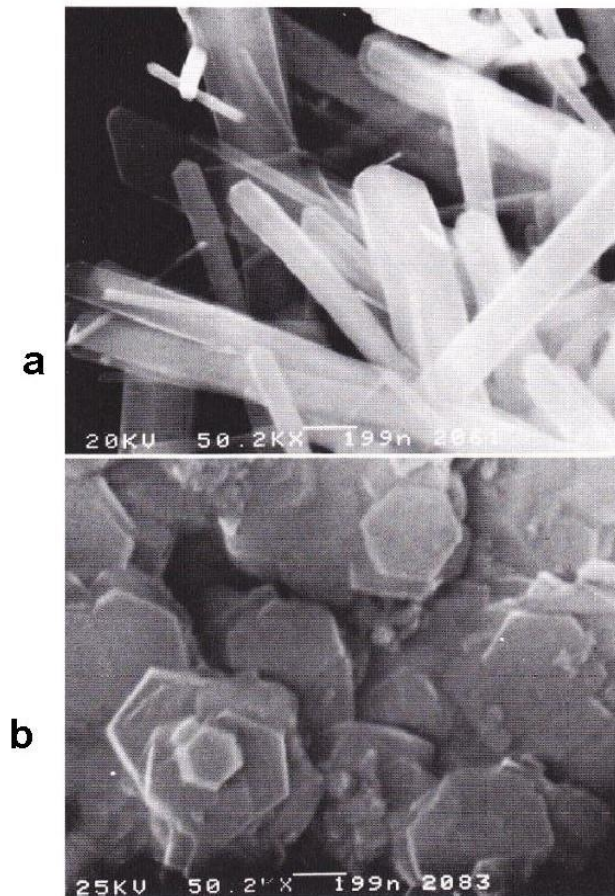
Columnas: A sin sustitución; B con una sustitución y 1 puente de H formado; C con 2 puentes de H (en rojo) formados.



Dimensiones ( en Angstrom) de la celdilla unitaria  
de algunos minerales de apatita

Mineral	Eje a (= b)	c
Hidroxiapatita	9,418 ( aprox 1 nm)	6,880 (aprox. 0.7 nm)
Fluorapatita	9,367	6,884
Clorapatita	9,647	6,771

Efecto en la morfología de los cristales de la incorporación de iones carbonato en la apatita ( visto a través de microscopio electrónico). (a) sin y (b) con carbonato



El  $\text{CO}_3^{2-}$  limita el crecimiento a lo largo del eje c produciéndose entonces cristales achatados

(17)

## **Referencias de imágenes**

- 1.- Modelo realizado por el Dr. E. Bentos Pereira. Docente de la Cátedra de Bioquímica y Biofísica. UDELAR
- 2.- A.Bianchi. Prótesis Implantosoportada AMOLCA. 2001Fig. 300,Pag 249.
- 3.-A.Bianchi. Prótesis Implantosoportada AMOLCA. 2001.Fig.63. Pag.55
- 4.- A.Bianchi. Prótesis Implantosoportada AMOLCA. 2001.Fig.67. Pag.56
- 5.- A.Bianchi. Prótesis Implantosoportada AMOLCA. 2001.Fig.29. Pag.27
- 6.- A.Bianchi. Prótesis Implantosoportada AMOLCA. 2001.Fig.28. Pag.26
- 7.- Menaker L. Bases Biológicas de la caries dental, pág. 206.
- 8.- Modificado de I.Kikoin, A.Kikoin. Física Molecular.
- 9.-Menaker L. Bases Biológicas de la caries dental, Fig.7.8 pág. 211.
- 10.-C.Robinson y col.The Chemistry of Enamel Caries.Crit.Rev.Oral Biol.Med.11(4). 481-495 (2000)
- 11.-RA Williams, J.Elliott. Bioquímica dental básica y aplicada. Pag 317
- 12.-R.Z.Le Geros.Monograph in oral Science. Vol 15 Cap5. Fig 5.5 pag.86
- 13.- R.Z.Le Geros.Monograph in oral Science. Vol 15 Cap2. Fig 2.,21 pag.42
- 14.- Menaker L. Bases Biológicas de la caries dental, pág. 213.
- 15.-Menaker L. Bases Biológicas de la caries dental, Fig. 7-11pág. 214.
- 16.- Modificado de Menaker L. Bases Biológicas de la caries dental, Tabla 7-4. pág. 211
- 17.- R.Z.Le Geros.Monograph in oral Science. Vol 15 Fig 5.12 pag.93