



## ESMALTE

# AMELOGENESIS Y BIOMINERALIZACIÓN

Cátedras de  
Histología y Embriología (H&E)  
y de Bioquímica General y Bucal (BO)

---

---

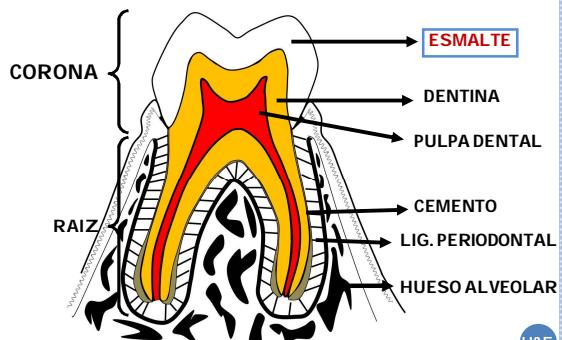
---

---

---

---

## TEJIDOS DENTARIOS



---

---

---

---

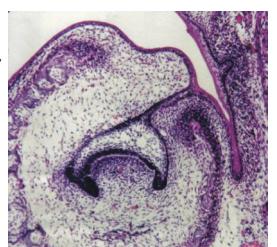
---

---

## ESMALTE

### Características Generales

- Origen embrionario: órgano del esmalte → Ectodermo
- Avascular
- Acelular
- Sin inervación
- Altamente mineralizado.



---

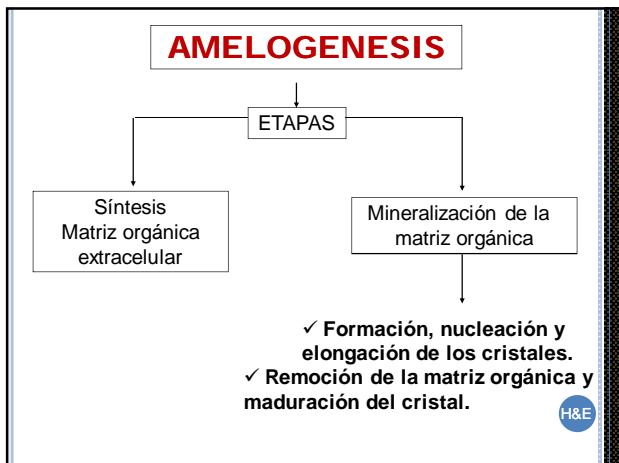
---

---

---

---

---




---



---



---



---



---



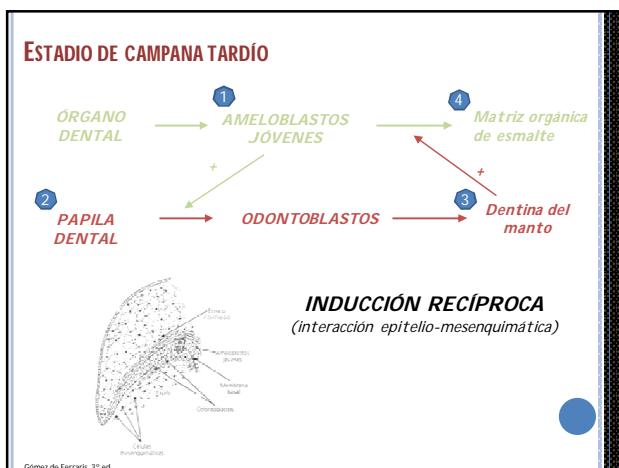
---



---



---




---



---



---



---



---



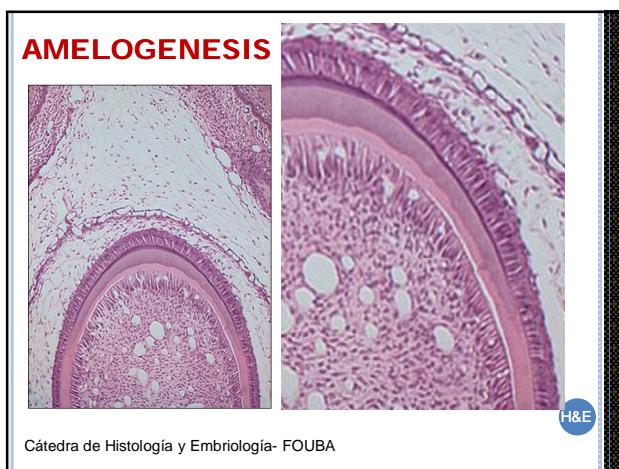
---



---



---




---



---



---



---



---



---

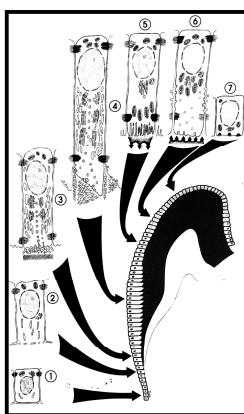


---



---

## CICLO VITAL DE LOS AMELOBLASTOS



1. Etapa morfogenética (preameloblasto).
  2. Etapa de organización o diferenciación (ameloblasto joven : TGF-β).
  - 3 y 4. Etapa formativa o de secreción (ameloblasto secretor)
  - 5 y 6. Etapa de maduración (función absorptiva y de mineralización)
  7. Etapa de protección (epitelio reducido del órgano del esmalte)
- Etapas consideradas según la Cátedra de Histología y Embriología 2011.**
- Etapa desmolítica (Gómez de Ferraris H&E Campos Muñoz) la consideramos correspondiente al órgano del esmalte.**

---



---



---



---



---



---

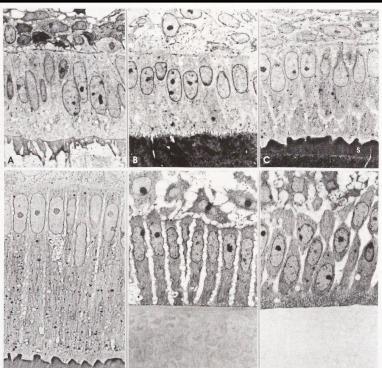


---



---

## CICLO VITAL DE LOS AMELOBLASTOS



H&E

FIG. 11-20 This figure should be studied with Figures 4-14 and 11-19, for together they summarize the entire life-cycle of the ameloblast. In A the ameloblasts are depicted overlying the first formed dentin. In B the beginning enamel formation is shown. In C the enamel becomes increasingly organized and structured. In D the active secretory ameloblast is seen. In E the smooth-edged ameloblast, and in F the ruffed edge ameloblast are associated with enamel maturation. (From Nanci A, et al. Anat Rec 233:335, 1992.)

Ten Cate 4th Ed., 1994

---



---



---



---



---



---

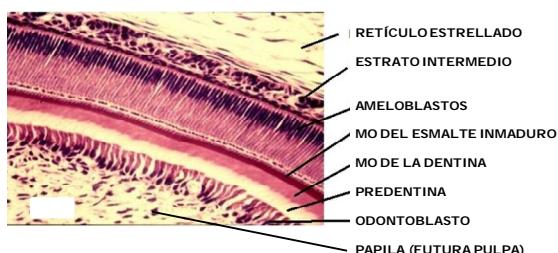


---



---

## ETAPA FORMATIVA O DE SECRECIÓN



MO = MATRIZ ORGÁNICA

H&E

<http://histudent.wikispaces.com/HISTOLOG%C3%8DA+ODONTOG%C3%89NICA>

---



---



---



---



---



---



---



---

## CUBIERTAS SUPERFICIALES DEL ESMALTE

- **CUTICULA DEL ESMALTE** (membrana de Nasmyth, cutícula primaria o película primitiva):

- Membrana que cubre toda la corona del diente recién erupcionado y corresponde a la última secreción de los ameloblastos.  
- Se desintegra cuando el diente entra en oclusión.

- **PELICULA SECUNDARIA, EXÓGENA O ADQUIRIDA:**

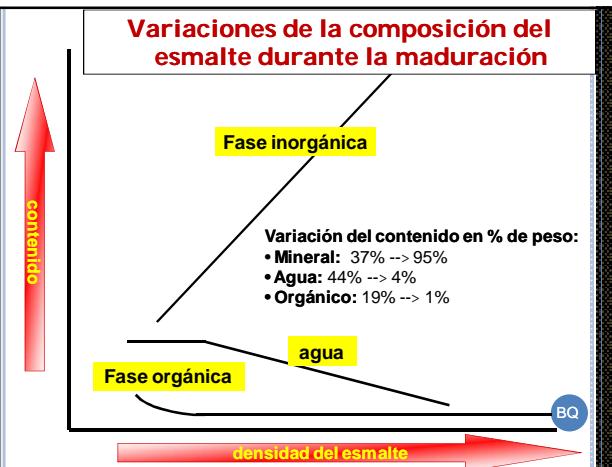
- Formada por un precipitado de proteínas **salivales** y elementos inorgánicos provenientes del medio bucal.  
- Clara, acelular y exenta de bacterias.  
- Sobre ella se forma la placa bacteriana o biofilm.

H&E

La composición química del esmalte varía según su etapa de desarrollo

BQ

## Variaciones de la composición del esmalte durante la maduración



---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Composición química de las estructuras dentarias mineralizadas (%P/P)

Recordemos....

Tejido	Comp. inorgánica	Comp. orgánica	Agua
Esmalte	95% HA	1% enamelinas	4%
Dentina	70-75% HA y Fosfato de Calcio amorf	20% colágeno	5-10%
Cemento Hueso	40-50% HA y Fosfato de Calcio amorf	30% colágeno	8-30%

BQ

---



---



---



---



---



---



---



---

## Composición del esmalte y la dentina en volumen% del total del tejido

Recordemos....

Tejido	HA biológica	Proteínas y Lípidos	Agua
Esmalte	85	3	12
Dentina	47	33	20

Al evaluar el porcentaje ocupado con respecto al volumen total del tejido se puede apreciar la importancia del contenido orgánico y agua presentes en el esmalte.

BQ

---



---



---



---



---



---



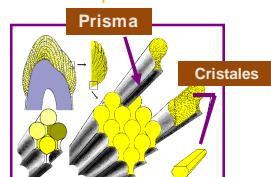
---



---

Alto contenido en HIDROXIPATITA (96%)  
No es un cristal único.  
Dureza entre hierro y acero.  
Resistente a impactos masticatorios.

Estructuras prismáticas  
Formas , direcciones e interrelaciones entre prismas  
Disposición de los cristales dentro de los prismas



BQ

---



---



---



---



---



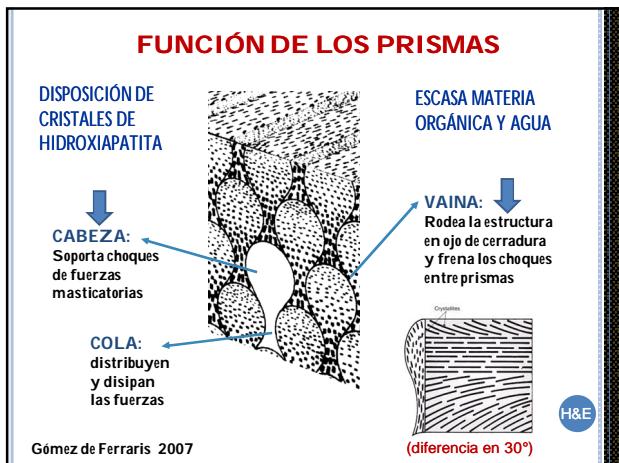
---



---



---




---

---

---

---

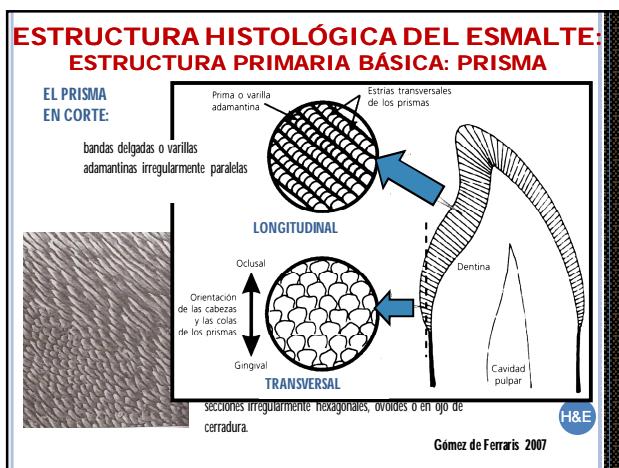
---

---

---

---

---




---

---

---

---

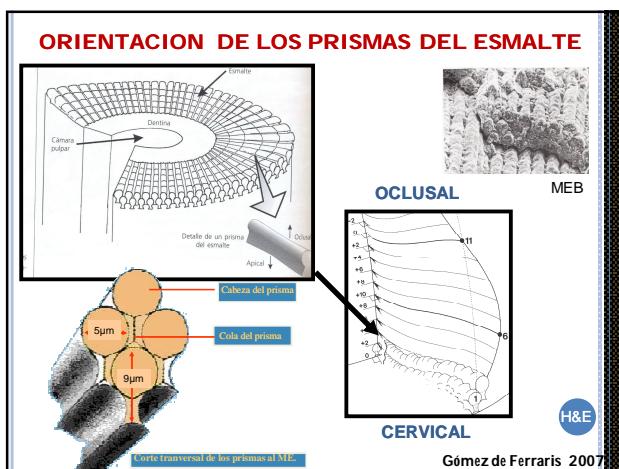
---

---

---

---

---




---

---

---

---

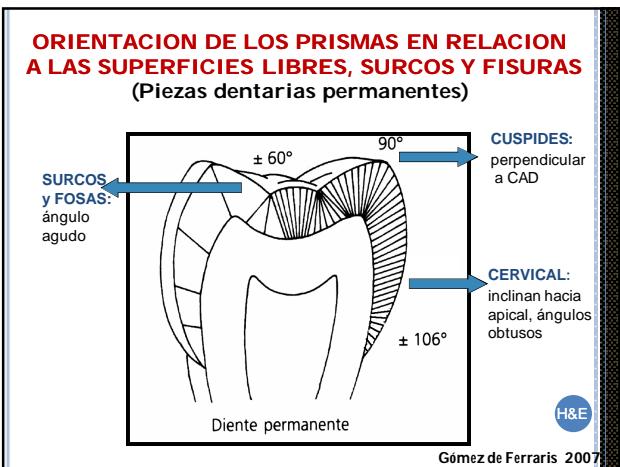
---

---

---

---

---




---

---

---

---

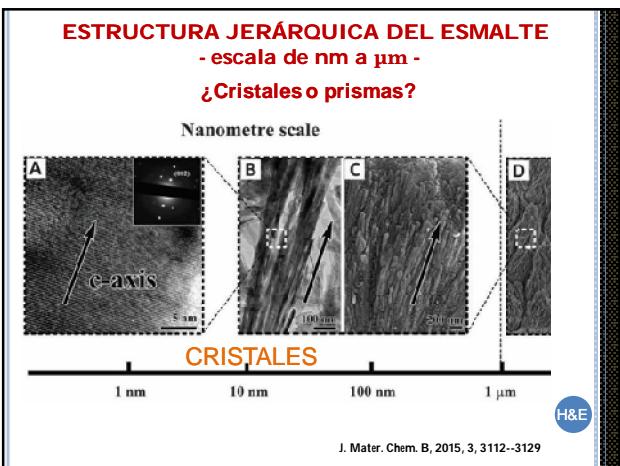
---

---

---

---

---




---

---

---

---

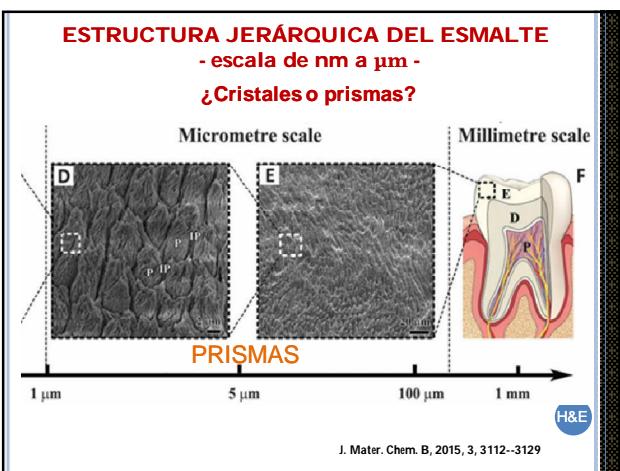
---

---

---

---

---




---

---

---

---

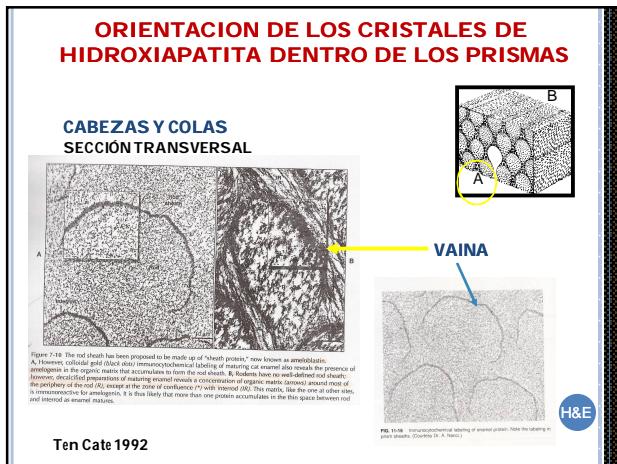
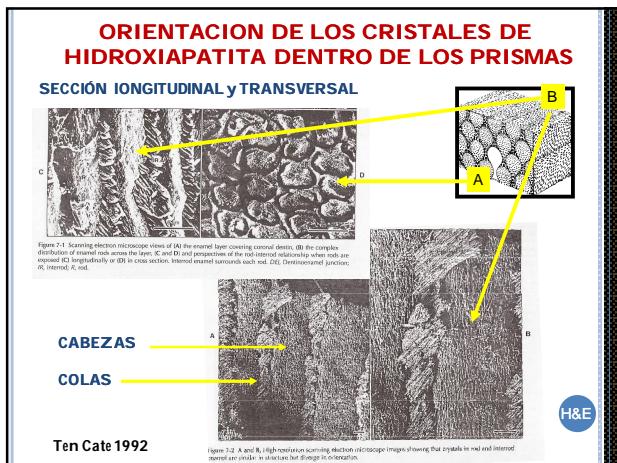
---

---

---

---

---




---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



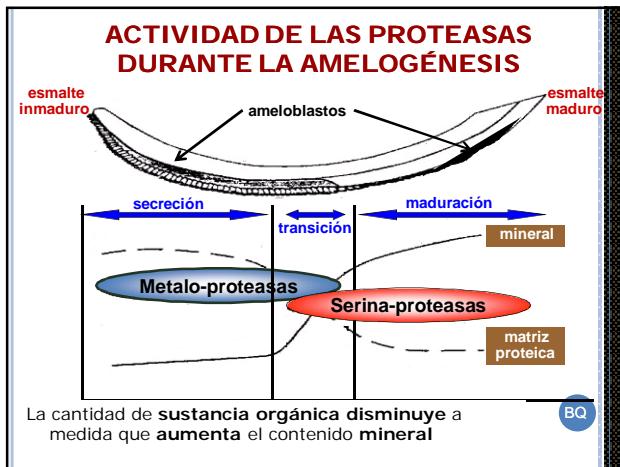
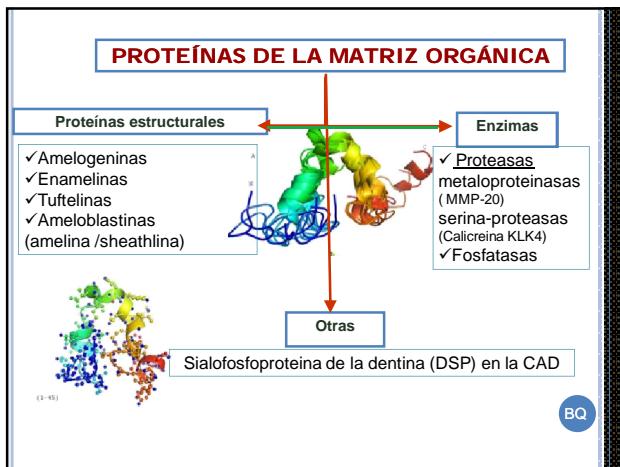
---



---



---



## REGULACIÓN DE LA ACTIVIDAD DE LAS ENZIMAS

- ✓- Remoción de moléculas inhibidoras del sitio activo de la enzima
- ✓- Secreción en forma inactiva y clivaje de algunos aa en un período determinado de la amelogénesis
- ✓- Variaciones del pH local

BQ

---

---

---

---

---

---

## PROTEÍNAS DEL ESMALTE EN DESARROLLO

- |                       |     |
|-----------------------|-----|
| 1) AMELOGENINAS ..... | 90% |
| 2) ENAMELINA          | 10% |
| 3) AMELOBLASTINA      |     |
| 4) TUFTELINA          |     |

BQ

---

---

---

---

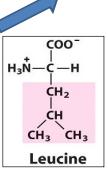
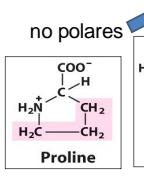
---

---

### Características bioquímicas

- Ricas en los AA:

- His  atrae H<sup>+</sup> (buffer)
- Gln
- Pro
- Leu



### 1) Amelogeninas



sin carga

¿Afin por?  
Eosina

BQ

---

---

---

---

---

---

**1) Amelogeninas**

- o Naturaleza bipolar

Solution NMR structure of the entire full-length mouse amelogenin (M180).  
Zhang X, Ramirez BE, Liao X, Diekwich TGH (2011) Amelogenin Supramolecular Assembly in Nanospheres Defined by a Complex Helix-Coil-PPII Helix 3D-Structure. PLoS ONE 6(10): e24952. doi:10.1371/journal.pone.0024952  
<http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0024952>

**PLOS ONE**

**1) Amelogeninas**

### Estructura cuaternaria "Nanosfera"

**BQ**

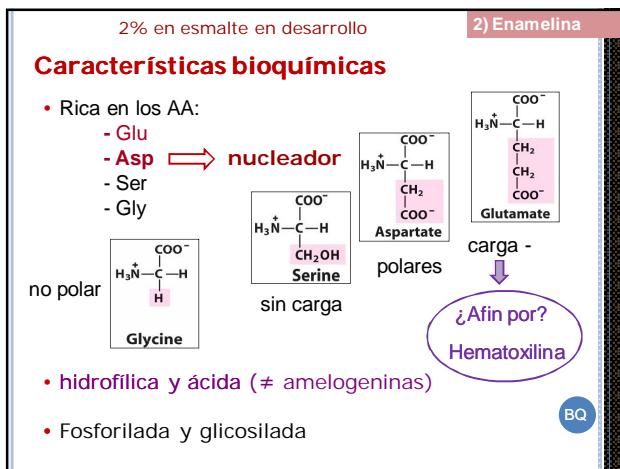
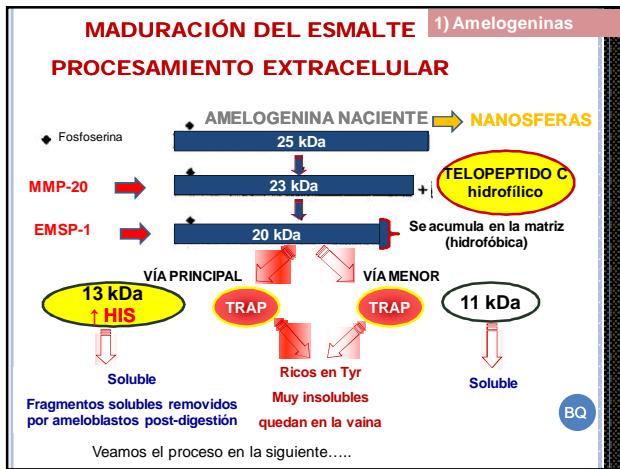
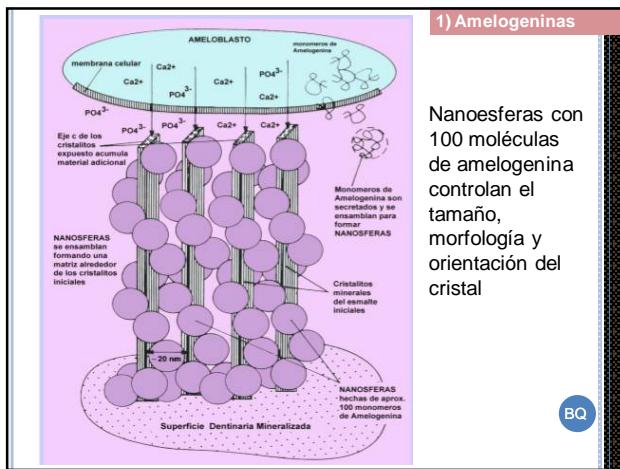
**1) Amelogeninas**

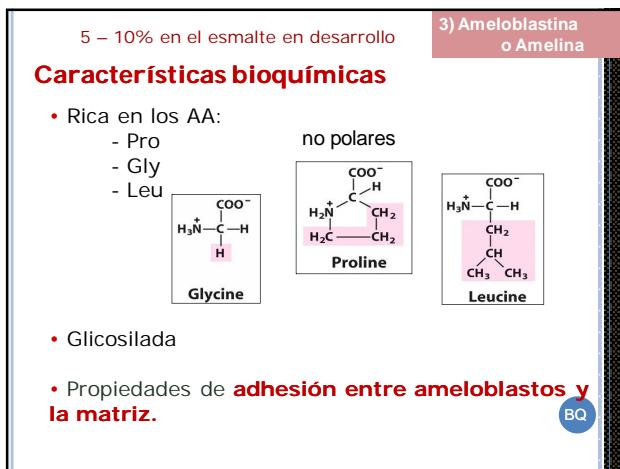
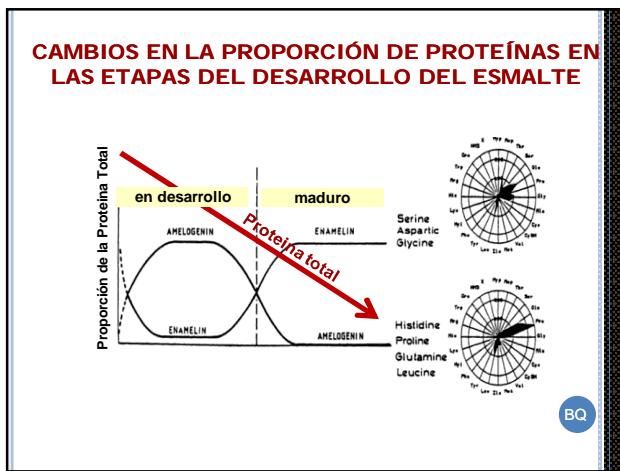
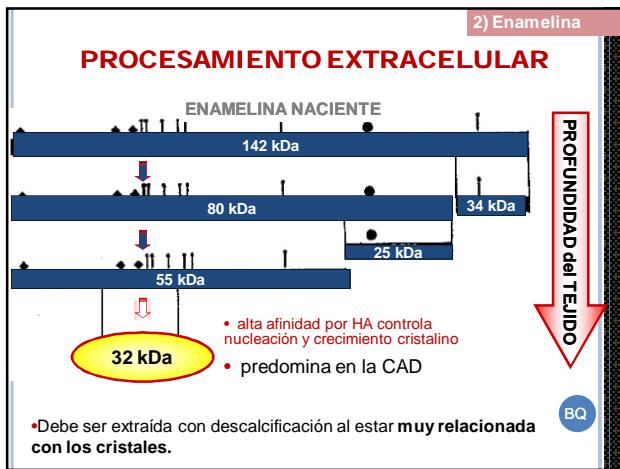
- o Controlan el crecimiento cristalino al tener **afinidad por la HA** y luego perderla.

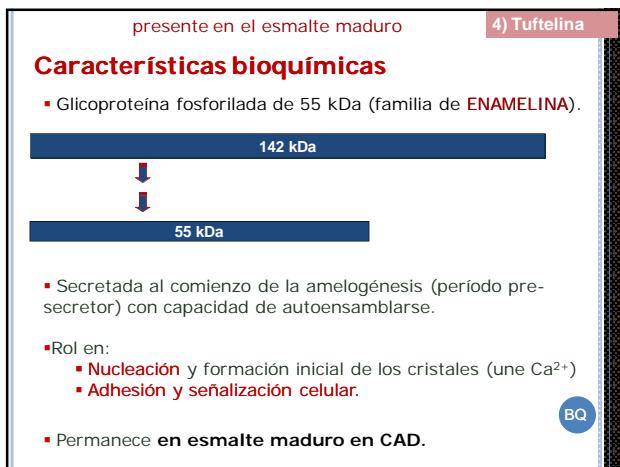
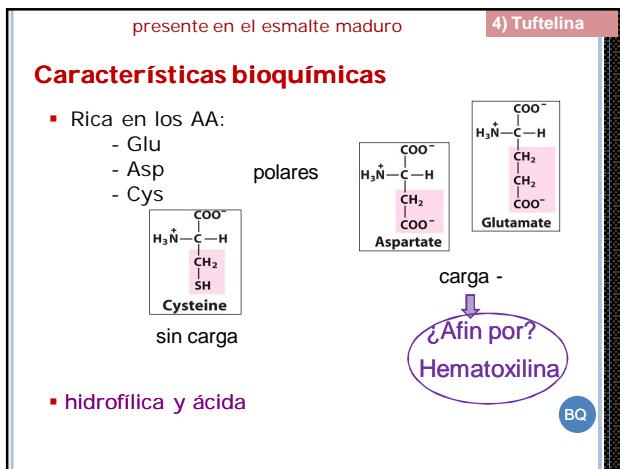
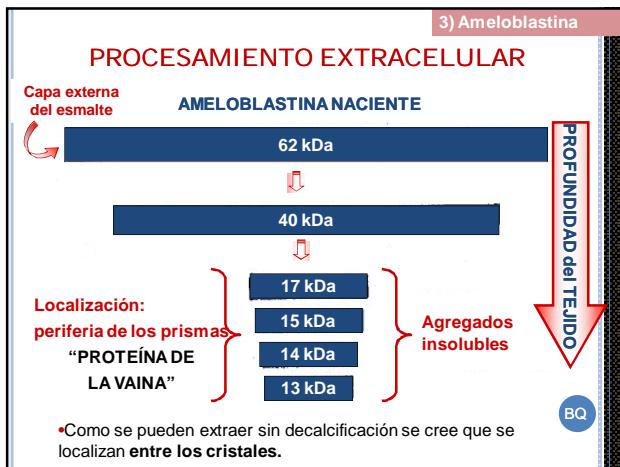
El cristal crece en largo guiado por las nanosferas

**BQ**

- o Como se pueden extraer sin descalcificación se cree que se localizan **entre los cristales**.







## INTERVALO

---

---

---

---

---

---

## BIOMINERALIZACIÓN



### AMELOBLASTO



Célula secretora de matriz orgánica

CON CAPACIDAD DE REMOCIÓN DE LA MATRIZ ORGÁNICA para permitir el crecimiento del cristal

BQ

---

---

---

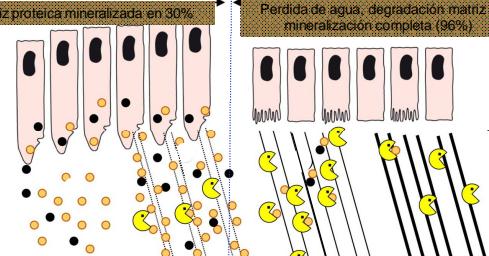
---

---

---

### 1. SECRETION STAGE AMELOBLASTS

Matriz proteica mineralizada en 30%

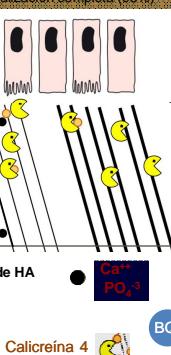


**Proteínas estructurales:**  
\* 90 % amelogeninas  
\* 10% enamelina, ameloblastina y tutelina

**Enzimas proteolíticas:**  
\* Enameliptina   
MMP-20

### 2. AMELOGENESIS

MATURATION STAGE AMELOBLASTS  
Perdida de agua, degradación matriz y mineralización completa (96%)



---

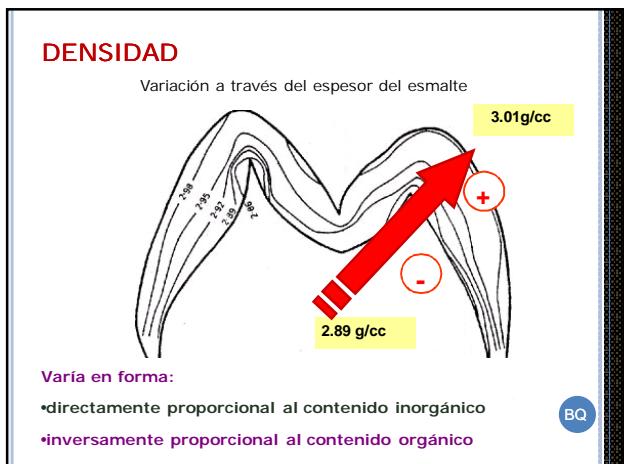
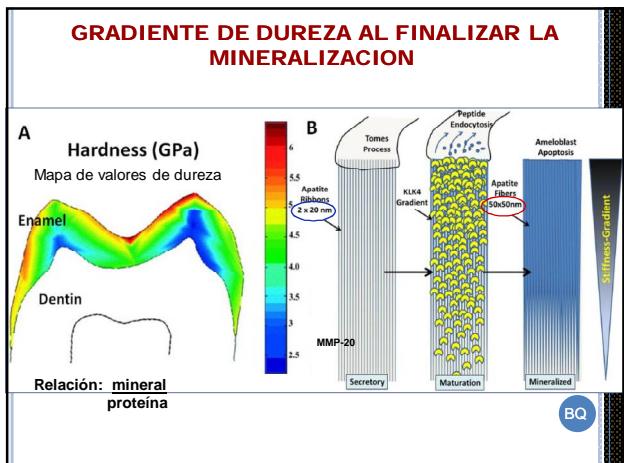
---

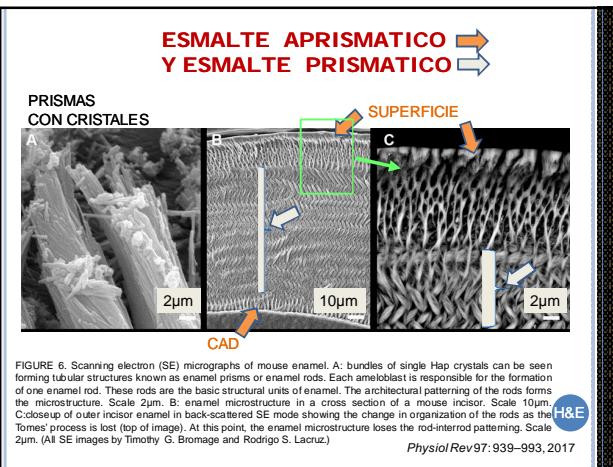
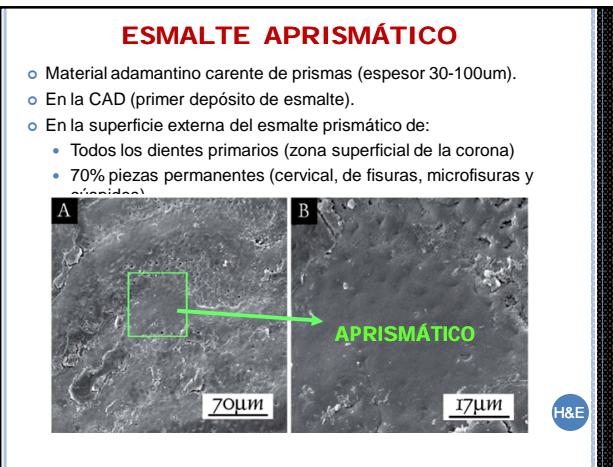
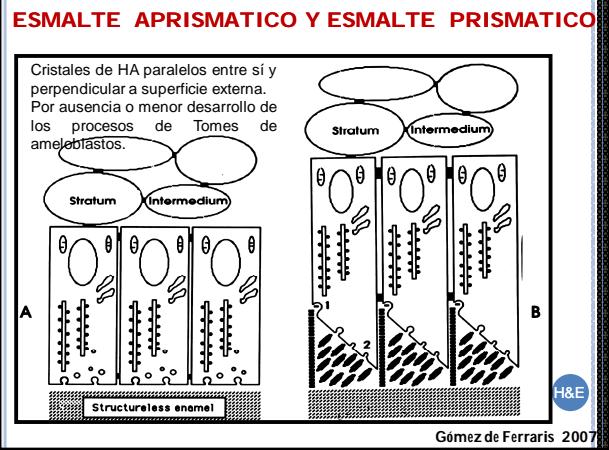
---

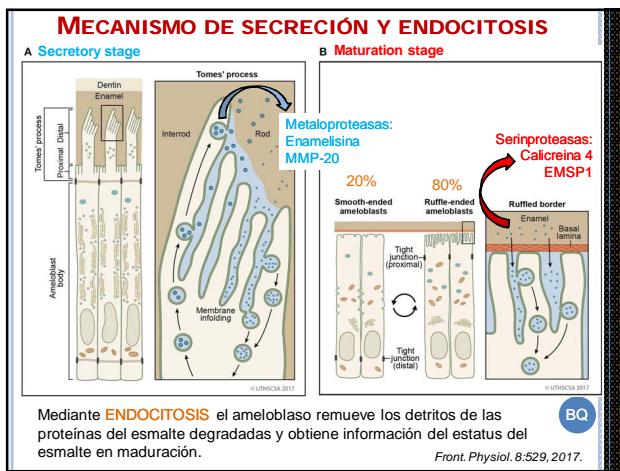
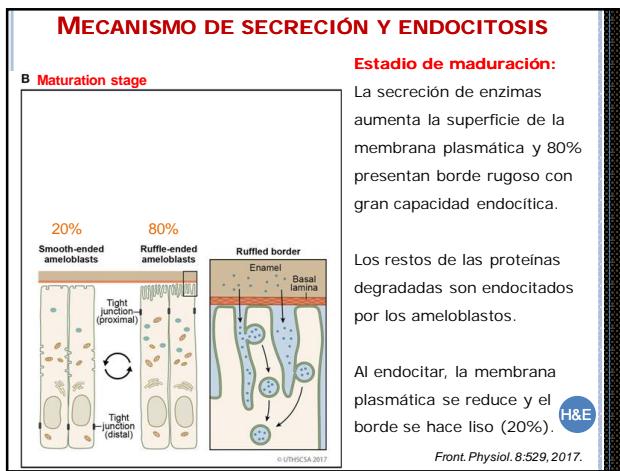
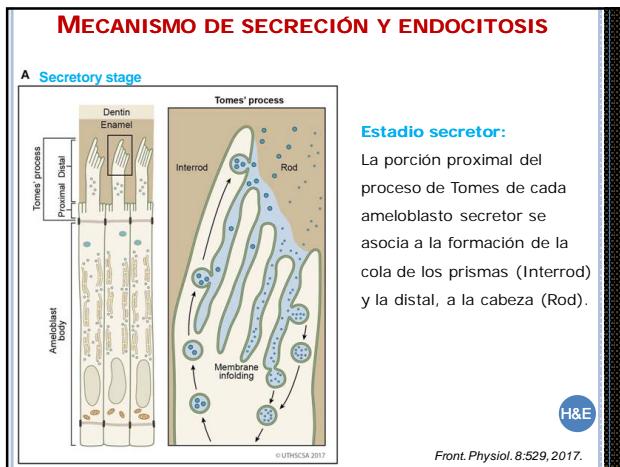
---

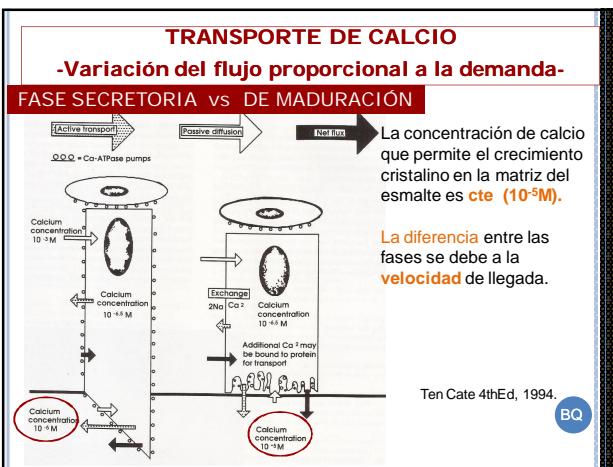
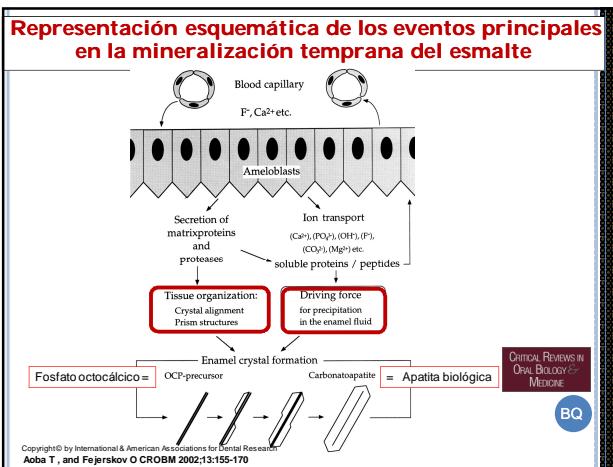
---

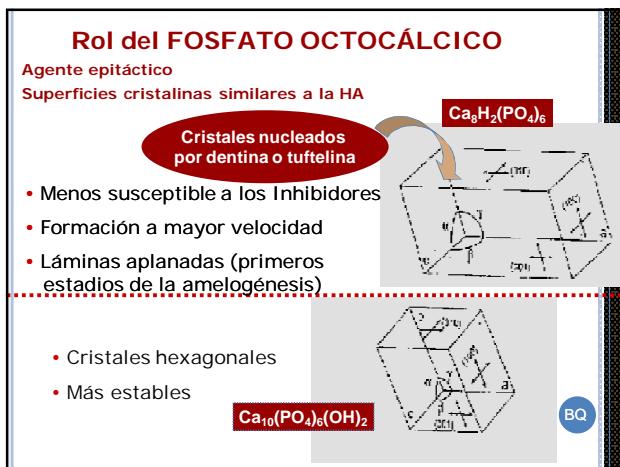
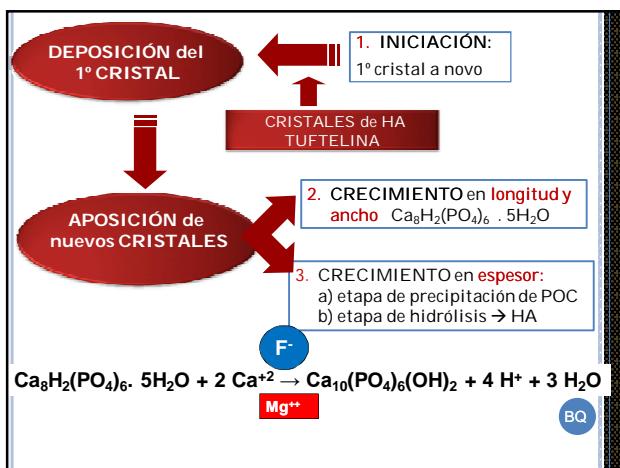
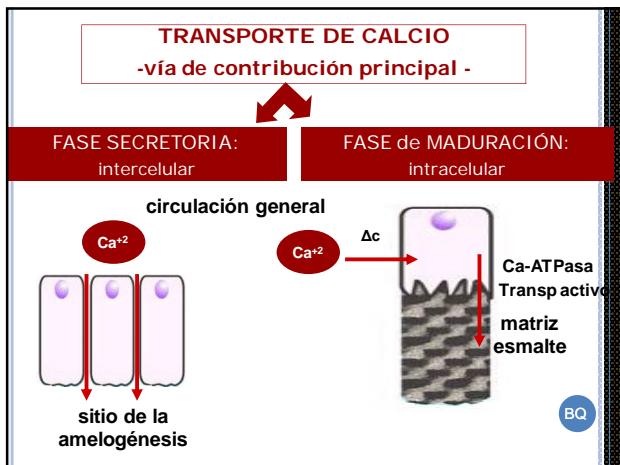
---











## ORIGEN DE LAS ESPECIES IÓNICAS



Especies **aniónicas** no son abundantes a pH fisiológico  
Deben surgir de especies protonadas

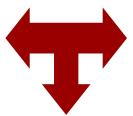


**DEBEN SER  
ELIMINADOS**

BQ

## MECANISMOS DE ELIMINACIÓN DE H<sup>+</sup>

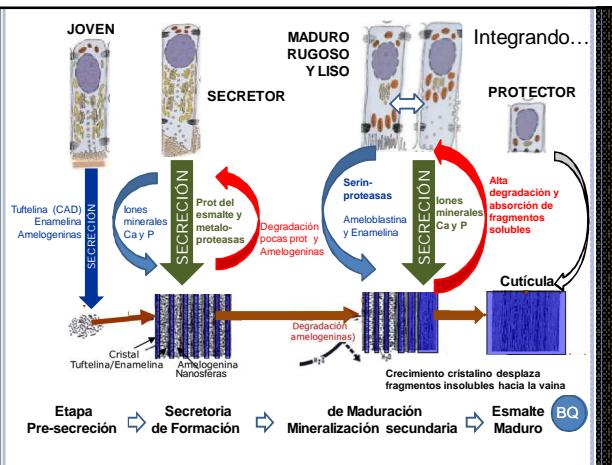
Unión a **His** de las amelogeninas (en los estadios iniciales)



Fluyen hacia la circulación por las uniones intercelulares

Son neutralizados por **CO<sub>3</sub>H<sup>-</sup>** liberados por ameloblastos y transportados por carriers específicos

BQ



## ESTRUCTURAS SECUNDARIAS DEL ESMALTE

- Estrías de Retzius
- Periquematiás y líneas de imbricación de Pickerill
- Conexión amelodentinaria
- Penachos adamantinos o de Linderer
- Husos adamantinos
- Esmalte nudoso
- Laminillas o microfisuras

H&E

---

---

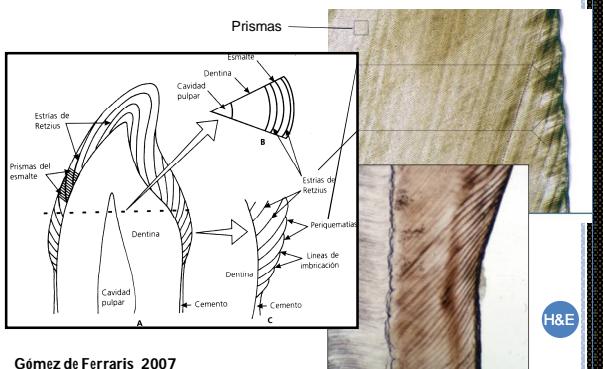
---

---

---

---

## ESTRIAS DE RETZIUS, PERIQUEMATIAS Y LINEAS DE IMBRICACION



Gómez de Ferraris 2007

---

---

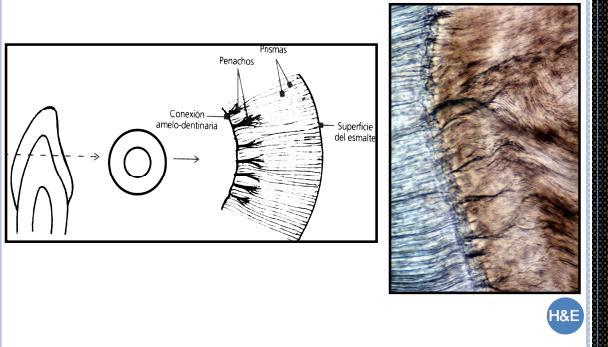
---

---

---

---

## CONEXION AMELODENTINARIA (CAD) Y PENACHOS ADAMANTINOS



Gómez de Ferraris 2007

---

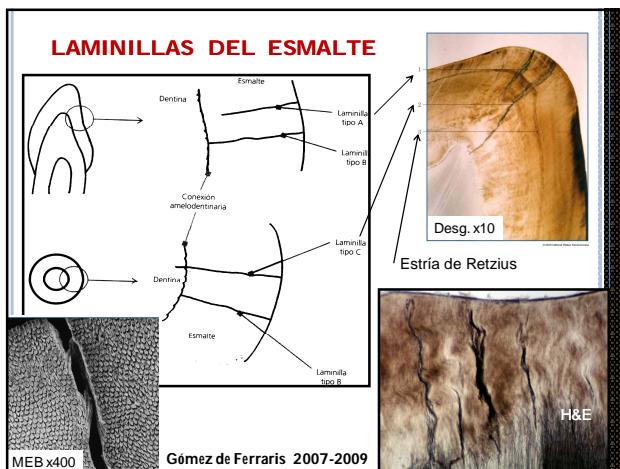
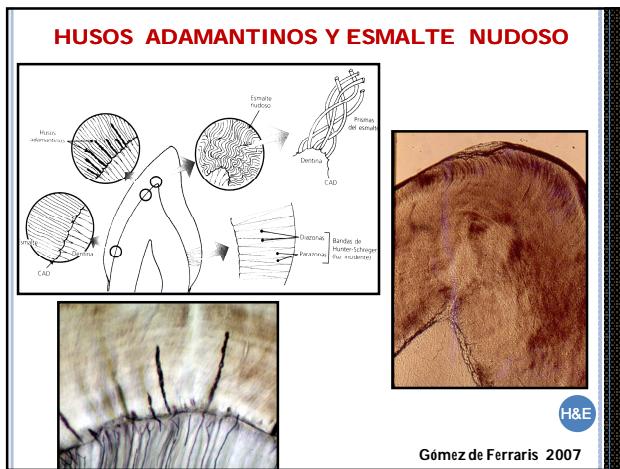
---

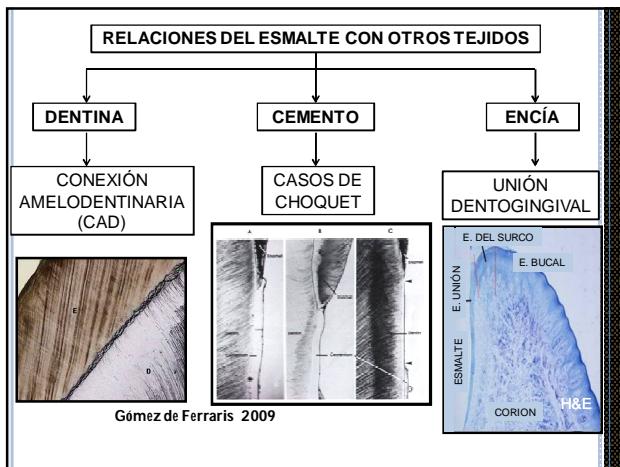
---

---

---

---






---



---



---



---



---



---



---



---




---



---



---



---



---



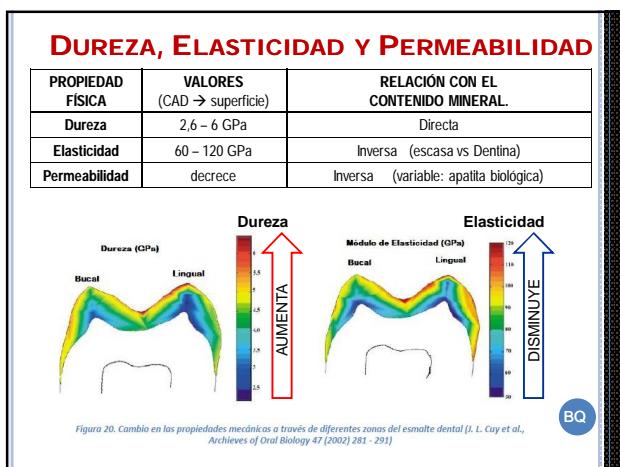
---



---



---




---



---



---



---



---



---



---



---

## A FUTURO ...

- Esmalte sintético como material de restauración
- Proteínas recombinantes de esmalte: crecimiento cristalino.

## ACTUALMENTE ...

BQ

## TRANSLUCIDEZ Y COLOR



Odvotovs - International Journal of Dental Sciences, Vol 18, No 2, 2016.  
<https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/Odontos/rt/pdf/24493/24694>

H&E

## OPALESCENCIA

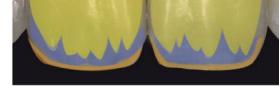


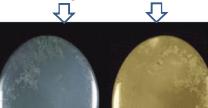
Figure 12. Schematic image of enamel hairs on the edge of incisal bases. Orange color = opalescent halo (between opaque halo and dentin membrane - blue color) and dentin membrane at the center of tooth - yellow color.



Figure 13. Opalescence type 1.

Figure 14. Opalescence type 2.

Luz reflejada o transmitida



Figures 9. Opal stones observed under direct reflected light (left) and transmitted light. Note the blue streak under reflected light and the orange streak under transmitted light.

↓

↓

Azul

Anaranjado

H&E



Figure 15. Opalescence type 3.

Figure 16. Opalescence type 4.

Odvotovs - International Journal of Dental Sciences, Vol 18, No 2, 2016.  
<https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/Odontos/rt/pdf/24493/24694>

## FLUORESCENCIA



Luz incidente UV

H&E

## RADIOPACIDAD



H&E

## ACTIVIDAD AMELOGÉNESIS Y ESMALTE RELEVANCIA ODONTOLÓGICA



H&E

## RELEVANCIA

- Los ameloblastos son células extremadamente sensibles, que durante su maduración, responden ante diferentes trastornos, provocando cambios de forma permanente en el esmalte.
- Los defectos de desarrollo del esmalte se clasifican en dos categorías:
  - **Hipomineralización:** defecto de **calidad**.
    - la interrupción de su maduración o calcificación resulta en una **anomalía en la translucidez**.
  - **Hipoplasia:** defecto **cuantitativo**.
    - la perturbación en la formación de la matriz orgánica del esmalte **disminuye el grosor** en la zona afectada.

H&E

---

---

---

---

---

---

---

## ACTIVIDAD

- Las fotos que se presentan muestran algunos de estos defectos.
- Observar.
- ¿Qué puede decir en cada caso?



H&E

---

---

---

---

---

---

---

1.



H&E

---

---

---

---

---

---

---

### 1. Amelogenesis Imperfecta



Hipomadurada,  
caracterizada por  
opacidades demarcadas  
en grupos de dientes.



H&E

Hipoplásica,  
caracterizada por la  
fina capa de esmalte  
en general.

### 2.



### 3.



H&E

### 2. Fluorosis



Caracterizada por  
opacidades blanco  
lineares difusas.

A. Moderada.

B. Severa.

Interfiere con la mineralización, en la maduración  
del esmalte, provocando retención de proteínas  
(ameloblastinas y enamelininas) y aumento del  
espacio interprismático.

H&E

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### 3. Hipoplasia

Incisivos y caninos afectados por **hipoplasia** de esmalte. Allí se localiza la pérdida de esmalte con bordes regulares lisos y redondeados.



---

---

---

---

---

---

### 4.



---

---

---

---

---

---

### 4. Hipomineralización de Incisivos y Molares



---

---

---

---

---

---

Primer molar gravemente afectado, presenta pérdida de la estructura (**hipoplasia**).

### CORRELACIÓN CLÍNICA

- Las características clínicas y la ubicación de estos cambios en el esmalte pueden proporcionar pistas sobre el tiempo y la naturaleza de su etiología.
- Pueden ser hereditarios (amelogénesis imperfecta), adquirida (fluorosis) y de causa desconocida (defectos de mineralización que afectan los molares e incisivos permanentes, llamado Hipomineralización de Incisivos y Molares).
- El reconocimiento de sus características clínicas y morfológicas resulta de fundamental importancia para el desarrollo de un tratamiento adecuado .



H&E

**MUCHAS GRACIAS**



H&E

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---