



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

CARRERA DE CIRUJANO DENTISTA

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE CIRUJANO DENTISTA

“ESTUDIO IN VITRO SOBRE LA CONCENTRACIÓN DE CALCIO EN ESMALTE
DENTARIO A TRAVÉS DEL MÉTODO DE ESPECTROFOTOMETRÍA DE
ABSORCIÓN ATÓMICA”

PRESENTA:

CUERVO HERNÁNDEZ ALEJANDRA

GONZÁLEZ OSORIO BIBIANA

DIRECTORA DE TESIS

DRA. MARÍA LILIA ADRIANA JUÁREZ LÓPEZ

ASESORA DE TESIS

M. EN C. QUÍMICAS A. LOURDES CASTILLO GRANADA

ABRIL 2012



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos

Gracias a la UNAM por acogerme bajo su techo y brindarme los instrumentos necesarios para una preparación de calidad. A la FES Zaragoza, institución que no sólo forma profesionistas, sino también individuos con gran calidad humanística.

A la carrera de Cirujano Dentista por permitirme ser parte de ella, prepararme para ser un profesionista productivo capaz de resolver problemas de salud estomatológica.

Agradezco a la Dra. Lilia Adriana por su apoyo en la realización de esta tesis, su persistencia y su motivación durante la investigación y por el tiempo brindado a su revisión.

Mi gratitud para la M. en C. Q, Lourdes Castillo Granada asesora de este proyecto, quien con gran paciencia brindó ayuda imprescindible en el desarrollo del mismo.

De igual manera me encuentro agradecida con el C.D. Francisco Genis, C.D. Alberto Rivera y la C.D. Reyna Palacios, quienes dedicaron tiempo e invirtieron sus conocimientos para el éxito de este trabajo.

A todos los que me acompañaron durante esta etapa de mi formación.

¡Gracias por compartir su sabiduría!

Alejandra

AH

Dedicatorias

A mis padres María y Rafael:

Quienes han sido el mejor ejemplo en mi vida y sin los que no podría haber alcanzado mis metas, ya que con su cariño han guiado mis pasos y brindado apoyo incondicional, así también les agradezco una familia hermosa, llena de amor.

A mis hermanos Rafis y Vale:

Compañeros de juegos y peleas; niños con los que crecí compartiendo juguetes y golosinas, ahora convertidos en hombres adultos, quienes comparten conmigo consejos, momentos inolvidables y grandes lecciones de vida.

A Bibi:

Mi colega por participar de manera enérgica para lograr el éxito de nuestra tesis porque durante este tiempo compartió conmigo parte de su vida y de aquí se formó una nueva amistad.

A mis amigos:

Por quererme como soy, apoyarme, escucharme y acompañarme a cada momento.

A ti Juan Pablo:

Un completo extraño que se convirtió en huésped permanente en mi vida. De quien siempre necesito un poco más.

Alejandra

AH

AGRADECIMIENTOS

Reconozco a la UNAM y a la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza donde tuve la oportunidad para desarrollar mi Licenciatura en la Carrera de Cirujano Dentista.

Quiero agradecer sinceramente a todas las personas que compartieron sus conocimientos conmigo a lo largo de la Carrera, para hacer posible la realización y conclusión de ésta Tesis.

Especialmente a mi Directora, la Dra. Lilia Adriana Juárez López, quien brindó todo su apoyo incondicional para que pudiera ser participe de este proyecto.

Por compartir parte de su esencia, su persona y su conocimiento. Por enseñarnos que siempre podemos dar un poco más para ser mejores, Gracias.

A mi asesora la M. en C. Q. Lourdes Castillo Granada, por su paciencia, su comprensión y el tiempo de calidad que dedicó en todo momento y sobre todo por los consejos brindados.

A nuestros Sinodales:

CD Reyna Palacios Torres, por su ética, empatía y valiosas observaciones para nuestro mejoramiento.

CD José Francisco Genis Vargas, por su apoyo y contribuciones importantes para la tesis.

CD José Alberto Rivera Laguna por aceptar participar y afinar detalles.

Deseo de todo corazón *éxito* para todos.

DEDICATORIA

Me siento muy orgullosa de haber realizado esta Tesis que en primer lugar dedicaré a mí, por el gran esfuerzo y aunque a veces sentía decaer siempre seguí adelante impulsada por mi familia, mis maestros y ahora con gran gusto quedará plasmada.

El camino ha sido largo, tú me enseñaste a caminar, a no dejarme vencer ante las adversidades, a esforzarme para conseguir lo que quiero, a valorar todo; es ahora que comprendo tantas cosas y sé que siempre has estado ahí, en todo momento a lado mío, apoyándome, dando tu mejor esfuerzo y más para que haya llegado hasta aquí, agradezco los desvelos, los regaños, los consejos. Solo nosotras sabemos lo que significa este logro que con mucho cariño quiero dedicarte Mamá.

Dedico también a mi gran amigo y compañero Adrian, por tu apoyo incondicional, y porque siempre tienes las palabras precisas para darme aliento, gracias por hacerme parte de tu familia a quien también reconozco su paciencia y apoyo.

A Natalia, mi hija quien ha sido mi mayor motivación.

A mi compañera de tesis, Alejandra Cuervo Hernández, por aceptarme, ya que sin tu ayuda no estaríamos en este momento decisivo, quiero dar gracias por los momentos compartidos tanto en las buenas y malas, sobre todo por brindarme tu amistad.

Nos llevamos grandes experiencias que nos hicieron aprender, crecer y razonar. De ahora en adelante caminaremos por rumbos distintos buscando nuevos objetivos, nuevos retos, pero satisfechas por este gran logro que compartimos, con el que culminamos nuestra carrera profesional, pero iniciamos otra gran etapa.

Bibiana González Osorio

“ESTUDIO IN VITRO SOBRE LA CONCENTRACIÓN DE CALCIO EN ESMALTE
DENTARIO A TRAVÉS DEL MÉTODO DE ESPECTROFOTOMETRÍA DE
ABSORCIÓN ATÓMICA”

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	5
2. JUSTIFICACIÓN	7
3. MARCO TEÓRICO	9
3.1 Estructura Dental	
3.1.1 Esmalte Dental	10
3.1.1.1 Estructura histológica del esmalte dental	
3.1.1.2 Unidades estructurales secundarias del esmalte dental	14
3.1.1.3 Propiedades físicas del esmalte	17
3.1.1.4 Composición química	18
3.1.2 Dentina	21
3.1.2.1 Estructura histológica de la dentina	22
3.1.2.2 Clasificación histogenética dentina	24
3.1.2.3 Propiedades físicas	25
3.1.2.4 Composición química	26
3.1.3 Pulpa Dental	27
3.1.3.1 Estructura histológica de la pulpa	
3.1.3.2 Zonas topográficas de la pulpa	28
3.1.4 Cemento	29
3.1.4.1 Estructura histológica del cemento	
3.1.4.2 Tipos de cemento	30
3.1.4.3 Propiedades físicas	

3.2 Factores de Riesgo para Caries Dental	31
3.3 Caries	32
3.3.1 Desmineralización	33
3.3.2 Remineralización	36
3.3.3 Función de la Saliva en la Remineralización	37
3.4 Sustancias para Remineralizar y Prevenir	38
3.4.1 Xylitol	
3.4.2 Diaminofluoruro de Plata	39
3.4.3 Flúor	
3.4.4 Fosfato de Caseína	41
3.5 Métodos para cuantificar el Ca en Esmalte dental	43
3.5.1 Microscopia Electrónica de Barrido	
3.5.2 Microscopia Electrónica de Transmisión	
3.5.3 Espectrofotometría de Absorción Atómica	
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	47
5. HIPÓTESIS	48
6. OBJETIVOS	48
6.1 Objetivo General	
6.2 Objetivos Específicos	
7. DISEÑO METODOLÓGICO	49

7.1 Tipo de Estudio	
7.2 Población de Estudio	
7.3 Variables	51
7.4 Técnicas	52
7.5 Diseño Estadístico	56
7.6 Recursos	57
7.6.1 Recursos Humanos	
7.6.2 Recursos Físicos	
7.6.3 Recursos Materiales y Financieros	
8. ANÁLISIS DE RESULTADOS	59
9. RESULTADOS	61
10. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	70
11. CONCLUSIONES	73
12. PROPUESTAS	74
13. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
14. GLOSARIO	80

1. INTRODUCCIÓN

La caries dental es el padecimiento de mayor prevalencia y costo en el mundo, ya que se calcula la padece un 70% en la población mundial. Sin embargo, esta prevalencia es mucho mayor en los países menos desarrollados y con mayor índice de pobreza.

La Organización Panamericana para la Salud reporta que en los países en vías de desarrollo de América Latina la prevalencia de caries es elevada. En México la prevalencia de caries alcanza un índice CPO-D (dientes cariados, perdidos y obturados) de 5.1 a 6.5.

De acuerdo con las naciones industrializadas resulta evidente que la única manera de combatir la caries dental es crear programas educativos y preventivos en donde se apliquen sustancias que pueden intervenir en el proceso carioso.

Desde hace un tiempo la odontología se ha enfocado en el estudio de materiales y técnicas con las cuales se puedan prevenir futuros problemas dentales y realizar tratamientos poco invasivos a la estructura dental.

La odontología mínimamente invasiva (OMI) promueve el mantenimiento de la salud oral y dental a través de métodos diagnósticos y tratamientos de agresividad mínima.

Una vez confirmada la presencia de caries, se necesita implementar en toda práctica el manejo de caries por evaluación de riesgo. Antes de tratar un diente de manera invasiva, es primordial controlar el proceso de la enfermedad que infestó un diente.

Originalmente, odontología mínimamente invasiva describió el tratamiento de lesiones cariosas pequeñas.

El Fosfato de Calcio Amorfo, Fosfopéptido de Caseína (CPP-ACP), es un sistema ideal de OMI, que proporciona iones de calcio y fosfato en el medio bucal, interviene en el balance de la desmineralización y remineralización del proceso carioso; previniendo o remineralizando las caries incipientes.

En este estudio se evaluó el efecto de la sustancia remineralizante (a base de CPP-ACP) a través de la cuantificación de calcio en muestras de cortes de

esmalte sometidas a espectrofotometría de absorción atómica.

Los recursos físicos necesarios para la realización de este proyecto fueron proporcionados por el proyecto PAPIIT IN209409 de la línea de investigación en odontopediatría clínica y epidemiológica. El desarrollo experimental para la cuantificación de la concentración de calcio de las muestras "*in Vitro*" fue realizado por el laboratorio de espectroscopia de la Carrera de Química Farmacéutico Biológica de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza UNAM.

En los resultados observamos que ambas denticiones sujetas al remineralizante obtuvieron un incremento en la concentración de Ca, aunque es más evidente en la muestras de órganos dentarios temporales.

2. JUSTIFICACIÓN

La Caries dental se define como una enfermedad infecciosa, compleja, transmisible y multifactorial, en la que un amplio grupo de factores biológicos, socio-económicos y culturales interactúan directa o indirectamente en el establecimiento y desarrollo de los microorganismos cariogénicos incluidos en la comunidad microbiana de la película dental. Afecta a la estructura dura de las piezas dentarias y se caracteriza por su desintegración molecular, localizada y progresiva que si no se detiene su avance natural, lleva a una lesión irreversible.

La Organización Mundial de la Salud ha definido a la caries como un proceso localizado de origen multifactorial caracterizado por el reblandecimiento del tejido duro del diente que evoluciona hasta formar una cavidad; si no se atiende oportunamente afecta la salud general y la calidad de vida.

Reportes de investigación han mostrado que las lesiones tempranas del esmalte pueden repararse mediante el proceso de remineralización siempre y cuando en la superficie del diente existan las cantidades adecuadas de calcio (Ca), fósforo (P) y otros elementos como el flúor (F). Al respecto en los últimos años, se ha propuesto el empleo de sustancias remineralizantes como tratamiento preventivo y curativo.

Sin embargo la información sobre progresión y regresión de caries dental incipientes, aún es insuficiente por lo que existe la necesidad de profundizar sobre los cambios en la estructura química del esmalte dentario, tanto en dientes permanentes como temporales bajo la acción de sustancias remineralizantes entre ellas el fosfato de calcio amorfo - fosfopéptido de caseína (Casein Phospho peptide amorphous calcium phosphate, CPP-ACP).

Es así que se plantea realizar un estudio aplicando complejo fosfato de calcio amorfo-fosfato de caseína (CPP-ACP) en cortes de esmalte humano en dentición temporal y permanente; durante un periodo de 30 días, al cabo de este lapso la evaluación de la remineralización de las muestras se realizará a través de la

cuantificación de calcio empleando la Técnica de Espectrofotometría de Absorción Atómica.

Los resultados obtenidos servirán de base para evaluar los cambios ocurridos después de la utilización de la sustancia remineralizante, y podrán ser utilizados como apoyo para estudios clínicos posteriores; pretendiendo así que el odontólogo conozca y fomente la cultura preventiva en su ejercicio profesional, para disminuir la enfermedad bucal de mayor prevalencia en nuestra población.

3. MARCO TEÓRICO

El sistema estomatognático es la unidad morfofuncional integrada y coordinada, constituida por el conjunto de estructuras esqueléticas, musculares, angiológicas, nerviosas, glandulares y dentales, que se ligan orgánica y funcionalmente con los sistemas digestivo, respiratorio, fonológico y de expresión estético-facial y con los sentidos del gusto, del tacto, del equilibrio y de la orientación para desarrollar las funciones de digestión oral (que comprende la masticación, la salivación, la degustación y la degradación inicial de los hidratos de carbono); deglución, comunicación verbal, esenciales para la supervivencia del individuo.^{1,2}

La dentición forma parte del sistema estomatognático y el conocimiento de su estructura es indispensable para el diagnóstico y tratamiento de sus alteraciones.³

3.1 Estructura Dental

Todos los órganos dentarios constan de corona y raíz. La unión entre ambos es el cuello dentinario. Se denomina corona clínica a la porción libre del elemento dentario que se encuentra en la boca. Raíz es la parte del diente que se inserta en el hueso alveolar y se fija al mismo por medio del ligamento periodontal.^{4,5}(fig.1)

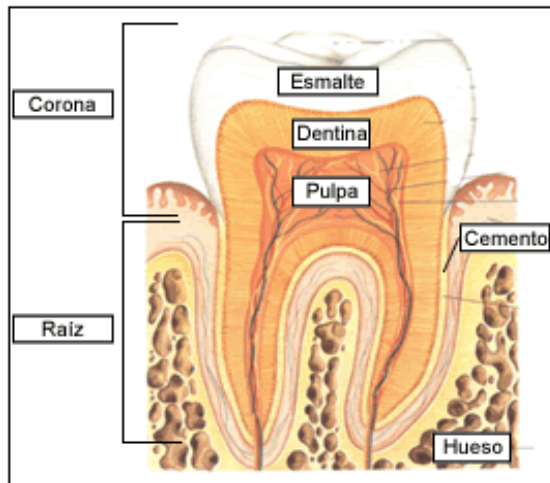


Figura 1. Componentes del órgano dental.

Tomada de: Copyright ©2011, dentistasenlared@gmail.com. Derechos Reservados. Evelio E. Moreira DAaz <http://dentistaenlared.com/caries%20- fluor%20y%20esmalte.html>

3.1.1 *Esmalte Dental*

El esmalte se forma a partir del ameloblasto, que deriva del ectodermo de naturaleza no colágena, no presenta células ni derivaciones celulares ya que estas se pierden durante la erupción dentaria e inicia su producción en el límite amelodentinario y avanza hacia la superficie para determinar el tamaño y la forma del diente. Es un tejido compuesto por hidroxiapatita que recubre la corona de los órganos dentarios, presentando un grosor mayor en lo que son las cúspides y borde incisal, aproximadamente de 2.5 mm, adelgazándose conforme llega a nivel del cuello.

El esmalte es un material extracelular libre de células. Está mineralizado y su dureza es mayor que la de los tejidos calcificados y debido al efecto amortiguador de la dentina, el esmalte posee una resistencia suficiente para poder soportar las presiones de la masticación.^{6,7}

3.1.1.1 *Estructura Histológica del Esmalte*

La unidad estructural básica es el *prisma del esmalte*.

Los prismas son unas estructuras longitudinales de 4 μm de espesor promedio, que se dirigen desde la conexión amelodentinaria hasta la superficie del esmalte. El diámetro de los prismas varía entre 4-10 μm , es menor en su punto de origen y aumenta gradualmente a medida que se acerca a la superficie libre. Están compuestos por cristales de hidroxiapatita ordenados y densamente empaquetados por una delicada red de material orgánico que los envuelve. El número de estos prismas va de los 5 millones en los incisivos inferiores laterales hasta los 12 millones en los primeros molares.⁶

Morfológicamente en los prismas se distinguen dos regiones: la cabeza o cuerpo, en forma de cúpula esférica seguida de un cuello estrecho y la cola con terminación irregular. La vaina es una línea definida que rodea la cabeza de cada prisma y tiene un grosor estimado en 0,1 a 0,5 μm en la vaina de los prismas. (fig.2)

La microestructura del esmalte no es realmente una organización sólida e impermeable, sino más bien algo como una membrana filtrante mineralizada que contiene micro porosidades y vías orgánicas para la difusión de líquidos o intercambios iónicos.⁷

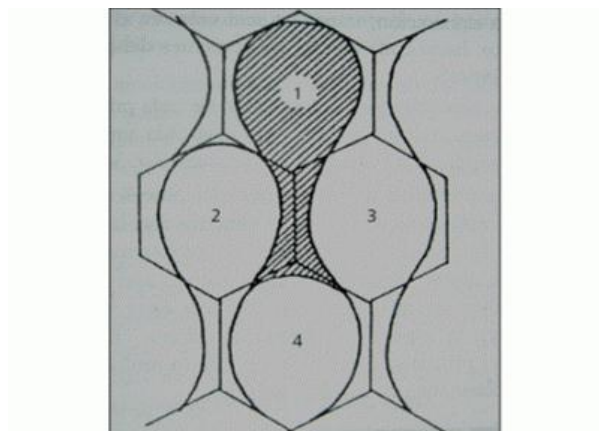


Figura 2. Corte transversal de los prismas al Microscopio Electrónico.

Tomada de Copyright ©2011, dentistasenlared@gmail.com. Derechos Reservados. Evelio E. Moreira DAaz <http://dentistaenlared.com/caries%20-%20fluor%20y%20esmalte.html>

Koenigswald y Clemens y Koenigswald y Sander crearon un sistema jerárquico de clasificación de la microestructura del esmalte considerando varios niveles de complejidad creciente. Estos niveles son: 1) cristalitos 2) prismático 3) tipo de esmalte 4) patrón y 5) dentición.^{8,9}

La orientación de los prismas es bastante compleja, pues no siguen una trayectoria rectilínea a través del esmalte, sino que en algunas zonas, por su recorrido sinuoso, experimentan entrecruzamientos o decusaciones. (fig.3) Los prismas, que se dirigen desde la superficie de la dentina hacia la superficie externa del diente, se organizan y disponen en hileras o planos circunferenciales alrededor del eje mayor del diente. La orientación de los prismas ofrece un aspecto diferente según sea dientes temporales o permanentes. En la región cervical de los dientes primarios, las hileras de prismas son horizontales, mientras que en la región cuspídea son casi verticales, es decir perpendiculares a la unión amelodentinaria. En los dientes permanentes las hileras de los prismas en la

región cervical, se desvían de la horizontal y se inclinan hacia apical. En la región cuspídea las hileras de los prismas presentan la misma orientación vertical o perpendicular que en los dientes temporales.(fig.4) ⁶

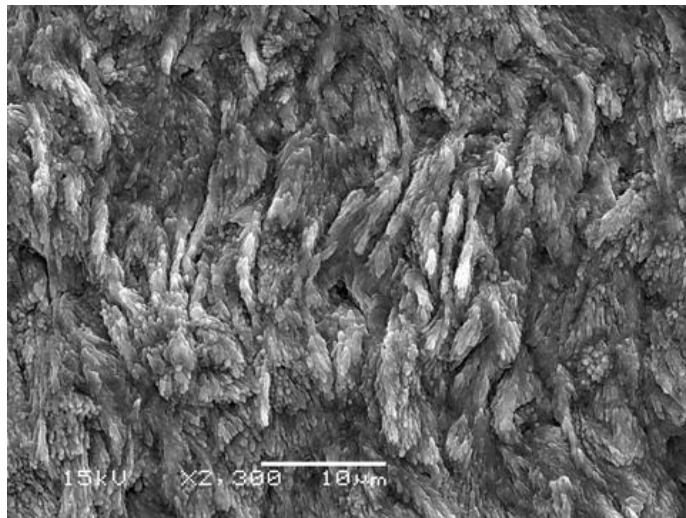


Figura 3. Corte transversal donde se observa el recorrido sinuoso de los prismas del esmalte. (x2300)MEB.

Tomada de Barrancos J, Barrancos P. Operatoria dental: Integración Clínica 4ª ed. Buenos Aires, Médica Panamericana 2006
http://actamicropscopica.ivic.gob.ve/V17_1_2008/articulos_V170108/170108-01.pdf



Figura 4. Dirección de los prismas del esmalte. Tomada de Copyright ©2011, dentistasenlared@gmail.com. Derechos Reservados.

Evelio E. Moreira DAaz <http://dentistaenlared.com/caries%202-fluor%20y%20esmalte.html>

Esmalte aprismático. Es material adamantino carente de prismas. Se localiza en la superficie externa del esmalte prismático y posee un espesor de 30-100 µm. está presente en todas las superficies dentales temporales y en un 70% en los dientes

permanentes. Donde se encuentra ubicado en mayor medida en las regiones cervicales y en zonas de fisuras y microfisuras y en menor medida en las superficies cuspídeas. En el esmalte aprismático los cristales de hidroxiapatita tienden a ser paralelos, radiales y perpendiculares al límite amelodentinario.^{10, 11, 12} (fig.5)

La formación del esmalte aprismático es dada por dos mecanismos. El primero consiste en la ausencia o menor desarrollo de los procesos de Tomes de los ameloblastos, responsables de la formación de los prismas, de la disposición cristalina y es denominado patrón de formación tipo P o prismadependiente. El segundo se denomina patrón de formación tipo R o Retzius-dependiente, en el que grupos aislados de ameloblastos, dispuestos sobre las estrías de Retzius próximas a la periferia del esmalte, forman esmalte aprismático al mismo tiempo que se configuran las estrías.¹¹

El esmalte aprismático que se forma en la región cervical y la zona media de la corona sigue un patrón de formación tipo R, mientras que el esmalte aprismático que se forma en las superficies oclusales y cuspídeas siguen un patrón de formación tipo P.⁶

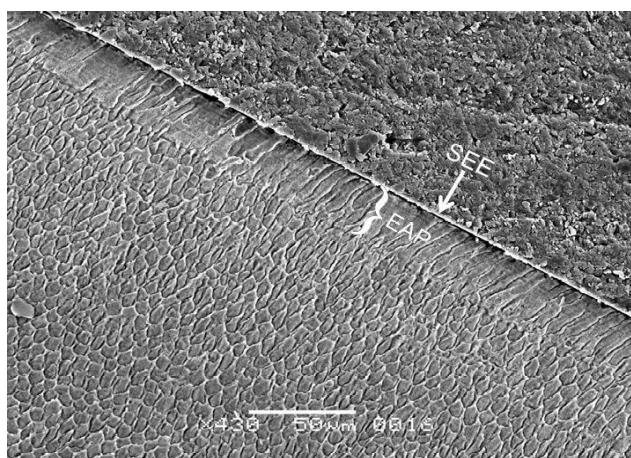


Figura 5. Corte transversal (x430) en el que se observa el esmalte aprismático EAP.

Tomada de Barrancos J, Barrancos P. Operatoria dental: Integración Clínica 4ª ed. Buenos Aires, Médica Panamericana 2006
http://actamicropica.ivic.gob.ve/V17_1_2008/articulos_V170108/170108-01.pdf

3.1.1.2 *Unidades Estructurales Secundarias del Esmalte*

Son aquellas estructuras o variaciones estructurales que se originan a partir de las unidades primarias como resultado de varios mecanismos: el diferente grado de mineralización, el cambio en el recorrido de los prismas y la interrelación entre el esmalte y la dentina subyacente o la periferia medioambiental.⁹

- **Estrías de Retzius.** Son líneas que se producen en el esmalte como consecuencia de una breve interrupción o perturbación de la calcificación. Están separadas a distancias regulares en el límite amelodentinario, su dirección es oblicua. Se ven como serie de bandas oscuras y en corte transversal se ven como anillos concéntricos, en esta zona se observa disminución en el número de cristales. Marcan la sucesiva aposición de las capas de tejido durante la formación de la corona, por ello también reciben la denominación de líneas incrementales, se relacionan con periodos de reposo en la mineralización y por tanto indican zonas menos mineralizadas. Su origen también podría deberse a un retraso en la producción de la matriz o trastornos en el sitio de mineralización. (fig.6)
- **Penachos adamantinos o de Linderer.** Se extienden en el tercio interno del esmalte y se despliegan desde la unión amelodentinaria en forma de arbustos, están constituidos por prismas del esmalte hipocalcificados y sustancias interprismáticas. Son estructuras muy semejantes a las microfisuras del esmalte y también comparables con fallas geológicas. Se forman durante el desarrollo debido a cambios bruscos en la dirección en grupos de prismas debido a la orientación de algunos ameloblastos en la amelogénesis.
- **Bandas Hunter- Schreger.** El cambio en la dirección de los prismas ocasiona la aparición de estas bandas. Son oscuras y claras denominadas parazonas y diazonas de anchura variable y límites imprecisos. Se encuentran presentes en todos los dientes permanentes. Se originan en el borde amelodentinario y se dirigen hacia fuera, terminando a cierta distancia de la superficie externa del esmalte.⁸ (fig.6)

- Esmalte nudoso. Es una zona singular y especial de esmalte prismático que se localiza en las regiones de las cúspides dentarias y está formado por una compleja interrelación de prismas o bastones adamantinos. Su origen radica en que los planos circunferenciales de los prismas con sus ondulaciones se interrelacionan estrechamente entre sí.¹³
- Conexión amelodentinaria (CAD). Corresponde a la zona de relación entre el esmalte y la dentina y constituye un nivel estructural decisivo, para asegurar la retención firme del esmalte sobre la dentina. Está constituido por concavidades o fosas pequeñas que dan una imagen festoneada. El origen de la CAD se establece en los primeros estadios de la morfogénesis dentinaria y señala la ubicación de la lámina basal existente entre odontoblastos y ameloblastos antes de que comiencen los mecanismos de mineralización. El espesor de la CAD se estima en 11,8 μm .¹²
- Husos adamantinos. Son estructuras con aspecto de clavav irregulares que se encuentran a nivel de la CAD. Corresponden a formaciones tubulares con fondo ciego que alojan en su interior a las prolongaciones de los odontoblastos que discurren por los túbulos dentinarios. Su orientación es similar a la del proceso odontoblástico del que provienen y no guardan relación con los prismas vecinos, son perpendiculares a la CAD y oblicuos con respecto a los prismas. Su función se relaciona con la transmisión de estímulos.(fig.7)¹⁰
- Períquimatías y líneas de imbricación de Pickerill. Son formaciones relacionadas con las estrías de Retzius por una parte y con la periferia medioambiental por otra. Las líneas de imbricación son surcos poco profundos existentes en la superficie del esmalte, en la porción cervical de la corona. Entre los surcos, la superficie del esmalte forma unos rodetes, crestas bajas o rebordes transversales denominadas períquimatías, que son más marcadas en los dientes permanentes recién erupcionados y tienen tendencia a desaparecer con la edad como consecuencia del desgaste fisiológico.¹¹
- Fisuras o surcos del esmalte. Son invaginaciones de morfología y

profundidad variable que se observan en la superficie del esmalte de premolares y molares. Se describen tres tipos morfológicos de fisuras: tipo V que tiene una entrada amplia y un estrechamiento progresivo hasta la base, tipo I, que posee una anchura constante a todo lo largo de la invaginación y tipo Y, que muestra una tendencia al estrechamiento desde la entrada y es la unión de los dos tipos anteriores. El origen se debe a una coalescencia incompleta de los lóbulos cuspídeos donde la actividad ameloblástica se desarrolla en forma independiente y luego se sueldan.

- Laminillas de esmalte. Son formaciones comparables a fallas geológicas, finas y delgadas, que se extienden transversalmente desde el límite amelodentinario hasta la superficie. Las laminillas se extienden en dirección longitudinal y radial del diente, desde la cúspide de la corona hasta la región cervical. Existen dos tipos: Las microfisuras primarias, producidas en un diente antes de la erupción, están constituidas por matriz del esmalte no mineralizada o por células que proceden del órgano del esmalte. Y las microfisuras secundarias o laminillas posteruptivas, se generan básicamente por traumas y cambios rápidos de temperatura. El espesor de las laminillas o microfisuras con independencia de su tipo es variable y en general no sobrepasan unos pocos micrómetros. Con frecuencia se hallan bifurcadas y presentan finas conexiones de entrecruzamiento.⁶ (fig.7)

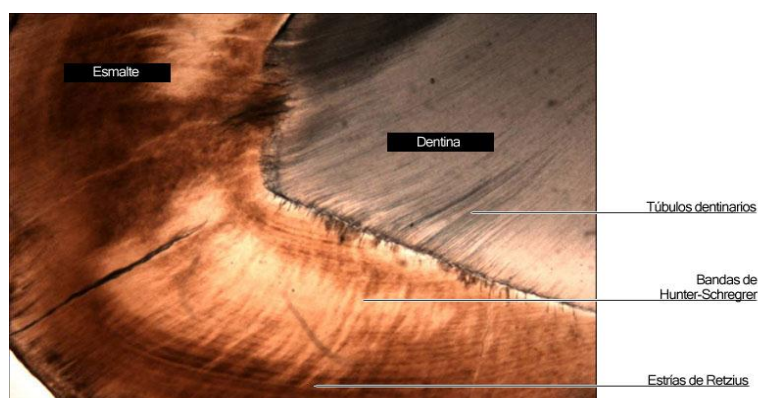


Figura 6. Estrías de Retzius y Bandas Hunter-Scheger.

Tomada de Rosas C. Histología Oral. Penachos del esmalte, estructuras de aspecto arboriforme que comienza en la UAD y se extiende hasta un tercio del espesor del esmalte. http://histologiaoral.awardspace.us/?page_id=149

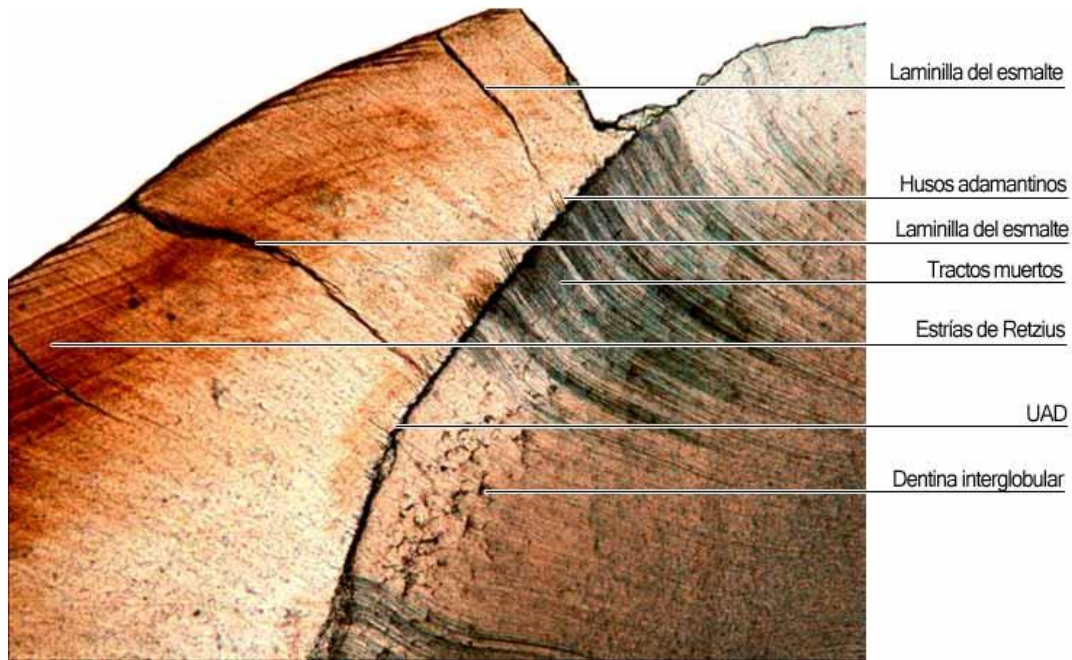


Figura 7. Vista panorámica de estructuras del esmalte. Tomada de Rosas C. Histología Oral. Penachos del esmalte, estructuras de aspecto arboriforme que comienza en la UAD y se extiende hasta un tercio del espesor del esmalte. http://histologiaoral.awardspace.us/?page_id=149

4.1.1.3 Propiedades Físicas del Esmalte

Cuadro 1. Las propiedades del esmalte son ¹⁵:

PROPIEDAD	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD
Módulo de elasticidad	(x 10 ⁶ lb/pulg ²)	6.7
Índice de Poisson		0.25
Coeficiente de expansión térmica a	(x 10 ⁻⁶ °C)	12
Conectividad térmica k	(x 10 ⁻³ cal/seg/cm°C)	2.23
Densidad p	(gm/cm ³)	2.8
Dureza	(escala Mohs)	5
Dureza	(escala Knoop)	343 (+/-23)
Calor específico c	(cal/g°C)	0.17
Difusibilidad térmica	(x 10 ⁻³ cm ² /seg)	4.69

3.1.1.4 *Composición Química*

La composición química del esmalte varía de un individuo a otro, de un diente a otro e igual muestra variaciones dentro de un mismo diente y dentro de una sección de esmalte.¹⁴

El esmalte está constituido químicamente por una matriz orgánica (1-2%), una matriz inorgánica (95%) y agua (3-5%).

- Matriz orgánica. Esta pequeña cantidad presenta los restos de la matriz sintetizada y excretada por los ameloblastos, antes de la mineralización de este.⁽²⁴⁾ El componente orgánico más importante es de naturaleza proteica, y constituye un complejo sistema de multiagregados polipeptídicos. (fig.8) Entre las proteínas presentes en mayor o menor medida, en las distintas fases de su formación destacan:
 - Las amelogeninas, moléculas hidrofóbicas, fosforiladas y glicosiladas de 25 kDa, ricas en prolina, ácido glutámico, histidina y leucina que son las más abundantes y disminuyen progresivamente a medida que aumenta la madurez del esmalte. Se denominan proteínas del esmalte inmaduro y se localizan entre los cristales de las sales minerales. Son producidas por los ameloblastos y contribuyen en la organización de la estructura del esmalte durante el desarrollo dental.^{2,4}
 - Enamelinas y proteína de los penachos, son moléculas hidrofílicas, glucosiladas de 70 kDa, ricas en serina, aspártico y glicina, que se localizan en la periferia de los cristales formando las proteínas de cubierta. Resultan de la degradación de las amelogeninas.⁴
 - Las ameloblastinas o amelinas que inmunohistoquímicamente se localizan en las capas más superficiales del esmalte y en la periferia de los cristales. Representan el 5% del componente orgánico.
 - La tuftelina (proteína de los flecos) de 50-70kDa, que se localiza en

la zona de unión amelodentinaria al comienzo del proceso de formación del esmalte. Representa el 1-2% del componente orgánico.¹²

- La parvalbúmina proteína identificada en el polo distal del proceso de Tomes del ameloblasto secretor. Su función está asociada al transporte de calcio del medio intracelular al extracelular.¹³

Además de éstas proteínas específicas de la matriz orgánica del esmalte existen proteínas séricas, enzimas y pequeños porcentajes de condroitín 4-sulfato, condroitín 6-sulfato, y lípidos.

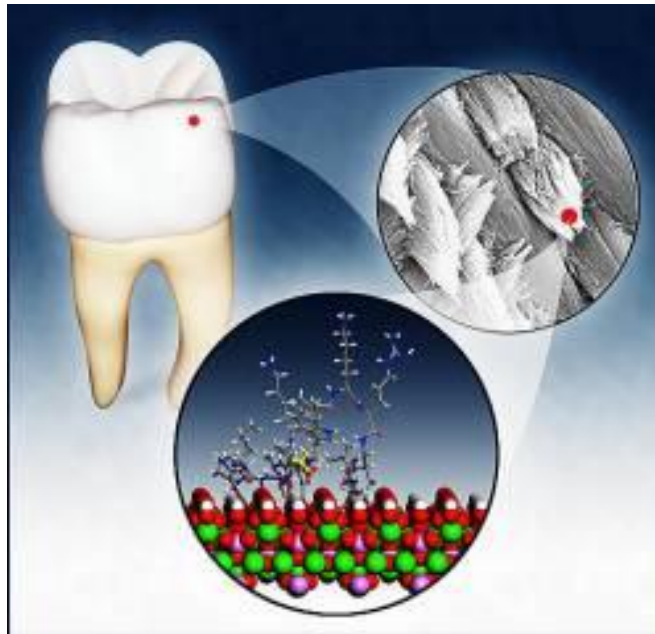


Figura 8. Matriz orgánica. Tomada de Valderrama I. El Sistema Estomatognático; estructura del esmalte; 2010

<http://www.westomaupao-ivana.blogspot.com/2010/06/el-esmalte.html>

- Matriz inorgánica. La composición elemental del esmalte maduro, constituida por sales minerales cálcicas básicamente de fosfato y carbonato. Usando difracción de rayos X y análisis químico, se identificó la estructura principal del esmalte conocida como apatita, cuya fórmula es: $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$, de mayores dimensiones que los que se observan en otras estructuras calcificadas del cuerpo. Dichas sales se depositan en la

matriz del esmalte, dando origen rápidamente a un proceso de cristalización que transforma la masa mineral en cristales de hidroxiapatita. Existen también sales minerales de calcio como carbonatos y sulfatos y oligoelementos como potasio, magnesio, hierro, flúor, manganeso, cobre, plomo, zinc, etc. El magnesio disminuye la cristalinidad de la hidroxiapatita y promueve solubilidad. Esto puede afectar a la formación de los dientes y estar relacionado a la regulación durante la maduración, está distribuido en la dentina a un nivel mucho más elevado que en el esmalte. Se especula que la diferencia de distribución del magnesio entre la dentina y el esmalte puede estar relacionado a la asociación del magnesio con compuestos orgánicos tales como el colágeno en la dentina. Ambos magnesio y carbonato disminuyen la cristalinidad e incrementan la solubilidad de cristales de apatita.⁴

Los iones flúor pueden sustituir a los grupos hidroxilos en el cristal de fluorhidroxiapatita que los vuelve resistente es decir menos soluble a la acción de los ácidos y más resistente a caries. Las concentraciones más altas de flúor están en las 50µm más superficiales del esmalte. En las regiones más profundas la concentración disminuye hasta 20 veces. El contenido de flúor en el esmalte varía dependiendo de distintos factores: biológicos entre los que destacan el contenido de flúor incorporado en el agua de bebida o en los alimentos y clínicos incorporado en sustancias tópicas como geles, pastas dentales fluoradas aplicadas sobre la superficie del esmalte.⁶

Los cristales de las sales minerales en el esmalte son más voluminosos que los existentes en la dentina y el tejido óseo, estos alcanzan una longitud de 100-1.000 nm, un ancho de 30-70 nm y una altura de 10-40 nm. Están constituidos por la agregación de las llamadas células unitarias no biológicas, que son unidades básicas de asociación iónica de las sales minerales en el seno del cristal. El flúor incorporado a los cristales

incrementa su resistencia al ataque de caries, mientras que un porcentaje de carbonatos lo torna más susceptible al inicio de la misma. Los cristales de la superficie del esmalte contienen más flúor, hierro, estaño y cinc. Son translúcidos y birrefringentes. Los cristales son radioopacos a los rayos Roentgen. ¹⁴

- Agua, es el tercer componente de la composición química del esmalte. Se localiza en la periferia del cristal constituyendo la denominada capa de hidratación o capa de agua absorbida. Por debajo y más hacia el interior, en el cristal, se ubica la denominada capa de iones y compuestos absorbidos, en la que el catión Ca^{2+} puede ser sustituido por Na^+ , Mg^{2+} , e H_3O^+ , y el anión OH^- por F^- , Cl^- , etc. El porcentaje de agua en el esmalte disminuye progresivamente con la edad. ⁶

3.1.2 *Dentina*

Es el eje estructural del diente y constituye el tejido mineralizado que conforma el mayor volumen de la pieza dentaria. En cada diente en particular el espesor es mayor en los bordes incisales o cuspídeos y menor en la raíz. En la estructura de la dentina se distinguen dos componentes básicos: la matriz mineralizada y los conductos o túbulos dentinarios que la atraviesan en todo su espesor y que alojan a los procesos odontoblásticos, que son largas prolongaciones citoplasmáticas de las células especializadas llamadas odontoblastos (fig. 9). Estas células producen la matriz colágena de la dentina y también participan en el proceso de calcificación de la misma, siendo por tanto, responsables de la formación y del mantenimiento de la dentina. ⁶

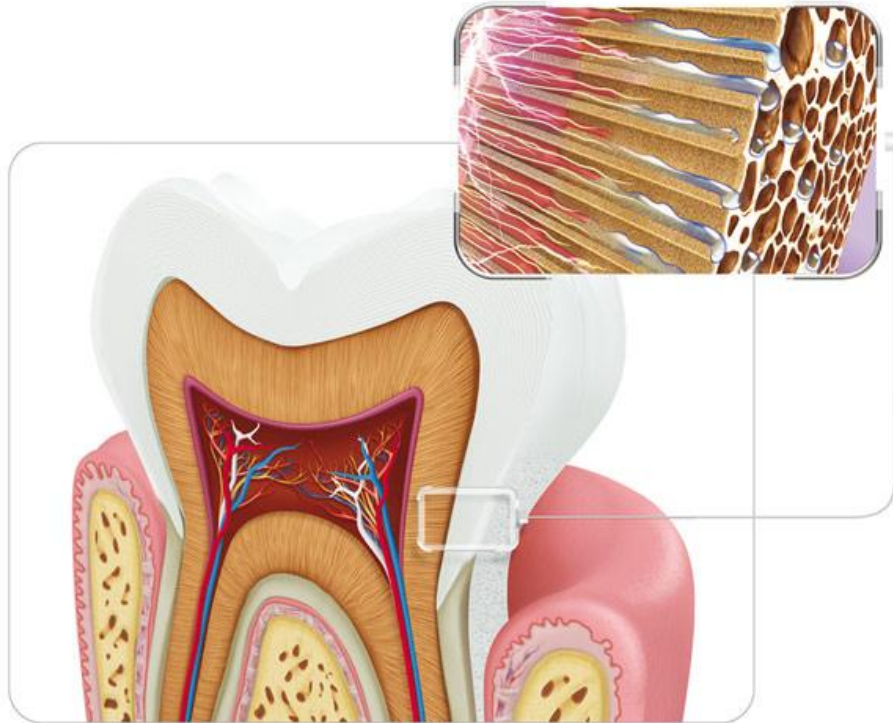


Figura 9. Vista panorámica de la dentina Tomada de Odontopedia. Túbulos dentinarios mayor en la porción coronal y disminuyendo hacia el ápice. http://odontopedia.info/index.php/T%C3%BAbulos_dentin%C3%A1rios

3.1.2.1 Estructura Histológica de la Dentina

Está constituida por unidades estructurales básicas y unidades estructurales secundarias. Las unidades estructurales básicas son dos:

a) el túbulo dentinario que son estructuras cilíndricas delgadas que se extienden por todo el espesor de la dentina. (fig.10) La existencia de los túbulos dentinarios determina que la dentina sea muy permeable, pueden estar ocupados a veces por restos de odontoblastos en degeneración. También constituyen una vía de ingreso rápido de microorganismos provenientes de una caries. En la dentina de dientes jóvenes que no han completado el ápice, los túbulos son más amplios y permeables, lo cual facilita aún más la filtración de bacterias o sus toxinas. Asimismo pueden permitir la penetración de distintos materiales odontológicos de uso reparativo.⁶

b) matriz intertubular o dentina inertubular, se distribuye entre las paredes de los túbulos dentinarios y su componente fundamental son las fibras de colágeno que constituyen una malla fibrilar sobre la cual se depositan los cristales de hidroxiapatita. En la matriz intertubular pueden detectarse todos los componentes que constituyen la materia orgánica de la dentina. (fig.11)

Las unidades estructurales secundarias se originan a partir de las unidades estructurales básicas por variaciones en la mineralización como resultado de la interrelación de las unidades básicas con el esmalte o cemento periféricos. ⁴

a) Al igual que el hueso, la dentina crece continuamente por aposición, este tipo de crecimiento determina la formación de líneas incrementales. En la dentina hay dos tipos de líneas incrementales: las de Von Ebner y las líneas de Owen.

b) Dentina interglobular o espacios de Czermack. Zonas limitadas por contornos de esferas y se originan por un defecto de la mineralización de la dentina debido a la falta de fusión de los calcosferitos. ^{4, 6}

c) Zona Granulosa de Tomes. Se encuentra en la periferia de toda la dentina radicular.

d) Líneas o bandas dentinarias de Schreger. Representan el cambio de rumbo brusco de los túbulos dentinarios.

e) Conexión amelodentinaria y cementodentinaria.

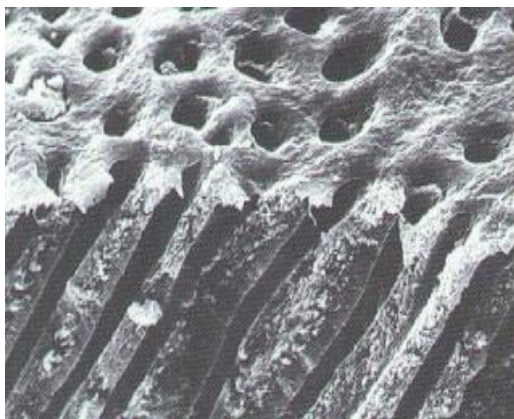


Figura 10. Túbulo dentinario

Tomada de Odontopedia. Túbulo dentinario mayor en la porción coronal y disminuyendo hacia el ápice.

http://odontopedia.info/index.php/T%C3%BAbulos_dentin%C3%A1rios

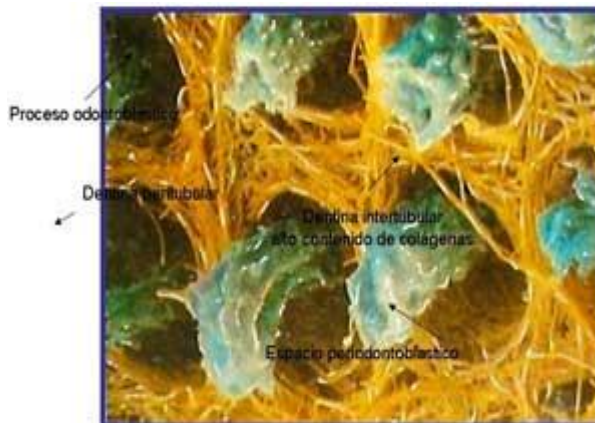


Figura 11. Matriz intertubular

Tomada de Sahli C, Brau C, Aguadé E. ENDODONCIA. Técnicas Clínicas y Bases Científicas. Ed. Masson. Barcelona

2001. Capítulo 6 y 7. http://www.javeriana.edu.co/academiapendodoncia/art_revison/revison_2006/i_a_revison21.html

3.1.2.2 Clasificación Histogénica de la Dentina

Desde el punto de vista de su formación la dentina puede clasificarse en primaria, secundaria y terciaria.⁶

- Dentina primaria

Es la primera que se forma, delimitando la cámara pulpar de los dientes ya formados. Desde el punto de vista funcional se considera a este tipo de dentina aquella que se deposita desde que comienzan las primeras etapas de formación del diente hasta que éste entra en oclusión.

- Dentina secundaria (fig.12)

La dentina secundaria es la que se produce después que se ha completado la formación de la raíz del diente. Su deposición es mucho más lenta que la deposición de la dentina primaria, pero su producción continúa durante toda la vida del diente. La distribución de los túbulo dentinarios en esta dentina es ligeramente menos regular que en la dentina primaria y el límite entre ambas se manifiesta por un cambio en la dirección de los túbulo dentinarios.^{4,6}

- Dentina terciaria

También se conoce como dentina reparativa, irregular o patológica. Ella puede deformar la cámara pulpar en los sitios donde existe un estímulo localizado en un intento por aislar la pulpa de la zona afectada.

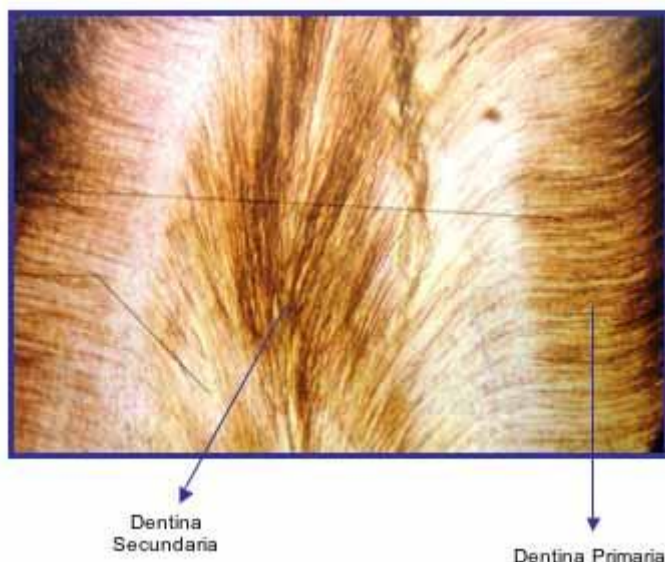


Figura 12. Tipos de dentina Tomada de Sahli C, Brau C, Aguadé E. ENDODONCIA. Técnicas Clínicas y Bases Científicas. Ed. Masson. Barcelona 2001. Capítulo 6 y 7. http://www.javeriana.edu.co/academiapgendodoncia/art_revision/revision_2006/i_a_revision21.html

3.1.2.3 Propiedades Físicas

- La dentina presenta un color blanco amarillento, pero puede variar de un individuo a otro, y también a lo largo de la vida. El color de la dentina puede depender de:
 - a) El grado de mineralización
 - b) La vitalidad pulpar
 - c) La edad
- Los pigmentos, éstos pueden ser endógenos, que provienen de la degradación de la hemoglobina en los casos de hemorragias pulpares por traumatismos o bien fracturas dentarias. Exógenos pueden provenir de obturaciones metálicas o alimentos.⁶
- Traslucidez. Es menos traslúcida que el esmalte debido a su menor grado de mineralización.

- Dureza. Está determinada por su grado de mineralización. Los valores promedio de la microdureza de la dentina en dientes permanentes es entre 0,57 y 1,13 GPa.
- Radioopacidad, también depende del contenido mineral. Por su baja radioopacidad, la dentina aparece en las placas radiográficas más oscura que el esmalte. La dentina presenta una birrefringencia ligeramente positiva, determinada por las fibras colágenas.
- Elasticidad. Tiene gran importancia funcional, ya que permite compensar la rigidez del esmalte, amortiguando los impactos masticatorios. Varía de acuerdo al porcentaje de sustancia orgánica y al agua que contiene. Los valores medios del módulo elástico de Young para la dentina permanente oscilan entre 17,6-22,9 GPa.
- Permeabilidad. Es mayor en la dentina que el en esmalte debido a la presencia de los túbulos dentinarios que permiten el paso a distintos elementos o solutos. Influye el diámetro y la longitud del túbulo. La permeabilidad es una de las propiedades de mayor importancia por el sistema de adhesión de los biomateriales.⁶

3.1.2.4 *Composición Química*

Es aproximadamente 70% de materia inorgánica, 18% de materia orgánica y 12% de agua.

- Matriz orgánica. Está constituida por varios componentes entre los que destaca colágeno tipo I, que es sintetizado por el odontoblasto y representa el 90% de dicha matriz. También posee proteínas como la osteonectina, la osteopontina y la proteína Gla de la dentina. Además contiene tres proteínas únicas: la fosforina dentinaria (DPP) la proteína de la matriz dentinaria 1 (DMP1) y la sialoproteína dentinaria (DSP). Los proteoglicanos también están presentes como: el condroitín 4-sulfato y el condroitín 6-sulfato son los GAG más frecuentes. Otras proteínas como la del suero, de la albúmina, fosfolípidos y factores de crecimiento también son parte de la

matriz orgánica.¹⁰

- Matriz inorgánica. Está compuesta por cristales de hidroxiapatita. Estos cristales son pequeños y delgados. Las dimensiones son 36nm de longitud, 25nm de anchura y 10nm de altura. Se orientan de forma paralela a las fibras de colágenos de la matriz dentinaria, disponiéndose entre las fibras y también dentro de las mismas, ya que ocupan espacios entre las moléculas de colágeno que la forman. En la fracción mineral además hay cierta cantidad de fosfatos amorfos, carbonatos, sulfatos y oligoelementos como flúor, cobre, zinc, hierro, magnesio, etc. Existe calcio ligado a componentes de la matriz orgánica que actúan como reservorio para la formación de cristales de hidroxiapatita.^{4,6}

3.1.3 *Pulpa Dental*

Forma parte del complejo dentino pulpar que tiene su origen embriológico del tejido ectomesenquimático. La pulpa se aloja en la cámara pulpar, es la forma madura de la papila y tiene la peculiaridad de ser el único tejido blando del diente. Las principales actividades funcionales de la pulpa son: inductora, formativa, nutritiva, sensitiva, y defensiva o reparadora.⁶

3.1.3.1 *Estructura Histológica de la Pulpa*

La pulpa es un tejido conectivo de la variedad laxa, ricamente vascularizado e innervado. En su periferia se ubican los odontoblastos que se encargan de sintetizar los distintos tipos de dentina. Estas características biológicas sumadas al hecho de que la pulpa se encuentra totalmente rodeada por dentina mineralizada, convierten a este tejido único en su grupo. La pulpa está formada por un 75% de agua y un 25% de materia orgánica, constituida por células y matriz extracelular (MEC) representada por fibras y sustancia fundamental.

Poblaciones celulares de la pulpa

- Odontoblastos. Células típicas del tejido pulpar, situadas en su periferia y adyacente a la predentina.
- Fibroblastos. Intervienen en la síntesis proteica, secretan los precursores de las fibras: colágenas, reticulares y elásticas y la sustancia fundamental de la pulpa.
- Células ectomesenquimáticas o células madre de la pulpa dental. Derivan del ectodermo de las crestas neurales. Constituyen la población de reserva pulpar por su capacidad de diferenciarse en nuevos odontoblastos productores de dentina o en fibroblastos productores de matriz pulpar.
- Macrófagos. Poseen la capacidad de fagocitar y participan en el mecanismo de defensa.
- Células dendríticas. Participan en el proceso de iniciación de la respuesta inmunológica primaria. ⁴

Fibras

- Fibras colágenas. Están constituidas por fibras de colágeno tipo I, el cual representa el 60% del colágeno pulpar.
- Fibras reticulares. Están formadas por delgadas fibrillas de colágenos tipo III asociadas a fibronectina.
- Fibras elásticas. Se localizan en las delgadas paredes de los vasos sanguíneos. Su principal componente es la elastina.
- Fibras de oxitalán. Fibras elásticas inmaduras. ⁶

Sustancia fundamental. Es constituida principalmente por proteoglicanos y agua. A través de ella las células reciben los nutrientes provenientes de la sangre arterial.

3.1.3.2 Zonas Topográficas de la Pulpa

Las zonas identificadas desde la predentina hacia la pulpa son: a) Zona odontoblástica, b) Zona oligocelular de Weil y c) Zona rica en células. (fig.13) ⁶

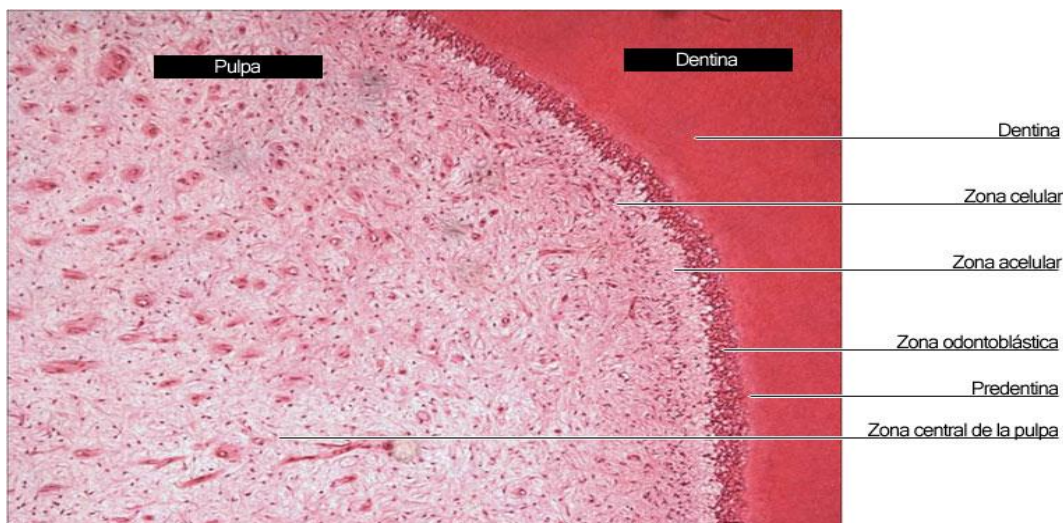


Figura 13. Pulpa dental Matriz orgánica. Tomada de Valderrama I. El Sistema Estomatognático; estructura del esmalte; 2010

<http://www.westomaupao-ivana.blogspot.com/2010/06/el-esmalte.html>

3.1.4 Cemento

Es un tejido conectivo mineralizado, derivado de la capa celular ectomesenquimática del saco o fólculo dentario que rodea al germen dentario. El cemento cubre a la dentina solo en la porción radicular. Tiene como función principal anclar las fibras del ligamento periodontal a la raíz del diente. El cemento cubre y protege la totalidad de la superficie radicular del diente desde el cuello anatómico hasta el ápice; no está vascularizado y carece de inervación propia, no tiene capacidad de ser remodelado y es por lo general más resistente a la resorción que el hueso. (fig.14)

3.1.4.1 Estructura Histológica del Cemento

Células

- Cementoblastos. Se encuentran adosados a la superficie del cemento, del lado del ligamento periodontal. Tiene una elevada actividad de síntesis de tropocolágeno que forma las fibras colágenas intrínsecas y proteoglicanos o glicosaminoglicanos para la matriz extracelular.
- Cementocitos. Una vez que los cementoblastos quedan incluidos en el

cemento mineralizado, se denominan cementositos, éstos se alojan en cavidades denominadas cementoplastos o lagunas.

Matriz extracelular. Contiene aproximadamente: 46 a 50% de materia inorgánica, 22% de materia orgánica y 32% de agua. El principal componente inorgánico es el fosfato de calcio que se presenta como cristales de hidroxiapatita. También hay carbonatos de calcio y oligoelemento como sodio, potasio, hierro magnesio, azufre, flúor. La matriz orgánica del cemento está formada por fibras de colágeno principalmente de tipo I, que constituyen el 90% de la fracción protéica de este tejido. La sustancia fundamental está integrada por proteoglicanos, glicosaminoglicanos y glicoproteínas.^{6, 10}

3.1.4.2 *Tipos de Cemento*

- Cemento acelular o primario. Comienza a formarse antes de que el diente erupcione. Se deposita lentamente. Se presenta predominantemente en el tercio cervical.
- Cemento celular o secundario. Comienza a depositarse cuando el diente entra en oclusión y continúa depositándose durante toda la vida del elemento dentario, esto constituye un elemento de compensación del desgaste oclusal de los dientes. Posee mayor proporción de fibras intrínsecas que representan el 60% del colágeno de la matriz. (fig.15)
- Cemento afibrilar. Carece de las fibras típicas de colágenos y se presenta con frecuencia en el cuello dental.^{4,6}

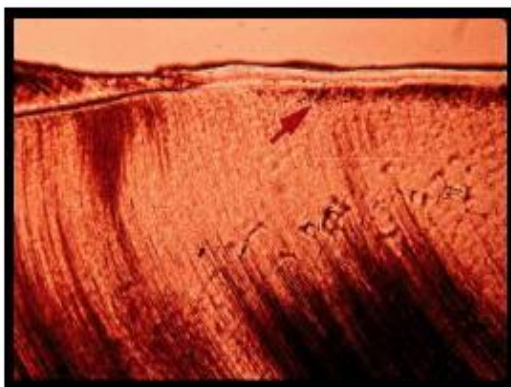


Figura 14. Cemento dental

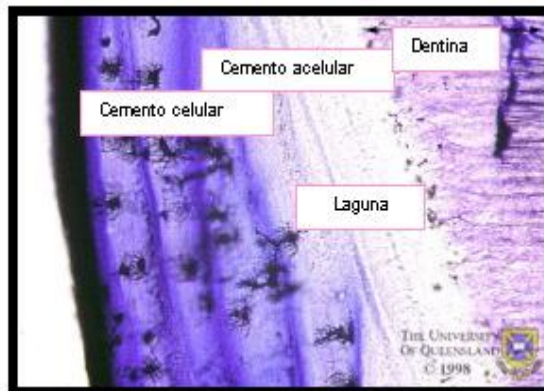


Figura 15. Tipos de Cemento

Tomada de Corte longitudinal de la dentina en la zona cervical. <http://www.usm.uhc.edu>, 2001

Tomada de: Imagen histológica del cemento dentario http://www.carlosboveda.com/Odontologosfolder/odontoinvitadoold/odontoinvitado_22.htm

3.1.4.3 *Propiedades Físicas*

- Color. Presenta un color blanco nacarado.
- Dureza. Es similar a la del hueso laminar.
- Permeabilidad. Depende del grosor y la cantidad de agua que posea.
- Radioopacidad. Depende del contenido mineral.

3.2 *Factores de Riesgo para Caries Dental*

Según Bhaskar, en la etiología de la caries existen factores predisponentes y atenuantes. Estos a su vez pueden clasificarse en biológicos y sociales.

Dentro de los biológicos se considera la raza y la herencia porque es una característica transmisible que definirá la composición química, ya que en ciertos grupos humanos existe mayor predisposición a caries que en otros así la presencia de pequeñas cantidades de ciertos elementos en el esmalte determina que éste se vuelva más resistente a la caries, entre estos elementos se encuentra el flúor, el estroncio, el boro, el litio, el molibdeno, el titanio y el vanadio. La presencia de estos elementos en el agua de bebida durante la época de formación del esmalte puede tornarlo más resistente al ataque. ⁴

Influye también la morfología dentaria ya que las superficies oclusales con fosas y fisuras muy profundas favorecen la iniciación de las caries. La posición irregular, la presencia de diastemas, el apiñamiento y otros factores oclusales también facilitan el proceso. La actividad muscular de los labios, la lengua y los carrillos pueden limitar el avance de la lesión al barrer mayor cantidad de biopelícula dental. Existe un factor inmunológico que interviene en la saliva humana. Este factor es la inmunoglobulina A (IgA), que protege al organismo de ciertos ataques y al recubrir a las bacterias con la biopelícula dental, posibilita su fagocitosis por parte de los neutrófilos de la cavidad bucal.

El flujo salival, su cantidad, consistencia y composición tienen una influencia decisiva sobre la velocidad de ataque y la defensa del organismo ante la caries. También el estado sistémico puede influir en favorecer la iniciación de la lesión al disminuir las defensas orgánicas, alterar el funcionamiento glandular o modificar el medio interno.¹⁵

Dentro de los factores sociales que podrían ser modificables depende de la dieta de cada individuo, pues el régimen alimentario y la forma y la adhesividad de los alimentos ejercen una influencia preponderante sobre la aparición y el avance de la caries. Sin embargo la higiene bucal también es otro factor determinante, el uso de cepillo dental, hilo dental, palillos, irrigación acuosa u otros elementos reduce significativamente la frecuencia de esta lesión.⁴

3.3 Caries

La Caries dental se define como una enfermedad infecciosa, compleja, transmisible y multifactorial, en la que un amplio grupo de factores biológicos, socio-económicos y culturales interactúan directa o indirectamente en el establecimiento y desarrollo de los microorganismos cariogénicos incluidos en la comunidad microbiana de la película dental. Afecta a la estructura dura de las piezas dentarias y se caracteriza por su desintegración molecular, localizada y progresiva que si no se detiene su avance natural, lleva a una lesión irreversible.¹⁵

En la cavidad oral se produce un ciclo continuo de desmineralización y remineralización en la superficie del diente, por lo que la caries se considera como un proceso dinámico.

La primera manifestación de caries es una mancha blanca. La superficie del esmalte adopta un aspecto moteado, esto solamente es visible mediante microscopia electrónica, son cambios superficiales iniciales a nivel molecular, donde se observa, por lo tanto, un incremento en el tamaño de los poros y en el tamaño de los espacios interprismáticos y es donde se produce el fenómeno de la desmineralización superficial. Las superficies dentarias en la que se observa este proceso son las superficies libres vestibular y lingual, en las caras proximales por debajo del punto de contacto, y en las paredes que limitan las fosas y las fisuras. La mancha blanca presenta etapas de desmineralización seguidas de etapas de remineralización, es decir, los primeros 15 a 30 micrones se remineralizan, entonces la etapa inicial de desmineralización pasa por una superficie irregular.⁴

3.3.1 *Desmineralización*

Es la pérdida o disminución de los minerales constituyentes del esmalte dental.

En un medio neutral, la hidroxiapatita $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$, se encuentra en equilibrio con el entorno acuoso local, que está saturado de iones. Pero cuando se llega a un pH de 5.5, se inicia un proceso de disolución química del esmalte, es decir se inicia con la difusión de los ácidos hacia el esmalte dental, seguida por la disolución y difusión de los productos de la reacción.^{16, 17}

Frente a la producción ácida de la placa se produce un desequilibrio, una baja de pH, la fase líquida cambia, el fluido oral que rodea la superficie (calcio, fosfato, carbonato y el fluoruro) se hiposatura con respecto a los iones componentes.

La primera respuesta del sistema es la actividad de los sistemas buffer, que es capaz de transformar los protones en el ácido orgánico correspondiente. Cuando la actividad de la placa supera la fuerza de los buffers, se produce la reacción

entre los protones, componentes ión fosfato, iones hidroxilos, y otra serie de iones que están disueltos en la fase líquida.

Frente a una actividad de la placa microbiana hay una producción de ácidos orgánicos y la eliminación de estos ácidos lleva a un incremento de la concentración de los iones hidrógenos.¹⁶

- Clínicamente la desmineralización se ve como un esmalte opaco sin translucidez. (fig.16) Según Silvertone la microscopia de las lesiones adamantinas (no cavitadas) presenta cuatro zonas bien definidas que comienzan en la superficie del diente:
- Zona traslúcida. El esmalte se observa menos estructurado y tiene 1.2% de pérdida mineral por unidad de volumen; indicando la presencia del 1% de espacios en lugar del 0.1% en el esmalte intacto. Las principales diferencias con el esmalte normal son aumento en la concentración de flúor, disminución promedio de 12% en magnesio y una pérdida más variable de carbonato.¹⁸
- Zona oscura. Aparece como una banda, extendiéndose sobre toda la superficie profunda del cuerpo de la lesión, en forma de una zona opaca y densa en la cual se observa poca estructura. Se crean del 2 al 4% de espacios o poros, observándose una disolución por los ácidos en los cristales; con una pérdida mineral del 6% por unidad de volumen y una zona positivamente birrefringente a la luz polarizada.¹⁹
- Cuerpo de la lesión. Es la zona de mayor desmineralización y destrucción cristalina, hay una pérdida mineral por unidad de volumen del 24%, con aumento de la cantidad de materia orgánica, es negativamente birrefringente. Los prismas del esmalte aparecen estriados y las estrías de Retzius están incrementadas.¹⁸
- Capa superficial. Aparece cubierta con una multitud de agujeros diminutos como un panal de abejas. Tiene un espesor aproximado de 30 micras sobre un área radiolúcida creciente, los agentes desmineralizadores se difunden a través de una capa externa de menor solubilidad, en uno o más puntos

microscópicos de entrada. Se ha sugerido que son rupturas en la cutícula del esmalte, intersticios entre los tubos del esmalte y estrías no selladas de Retzius. La pérdida de mineral es de 9.9% por unidad de volumen, pues existe una reprecipitación del material disuelto en una etapa temprana de la misma lesión.¹⁹

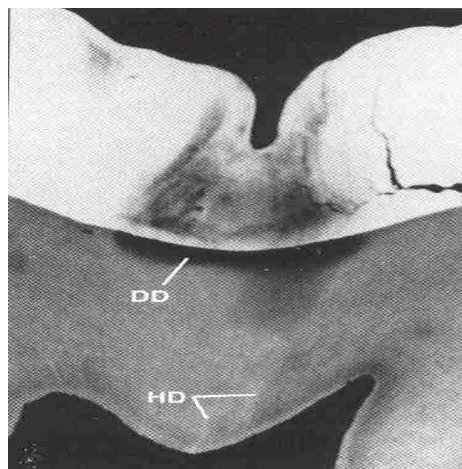


Figura 16. Desmineralización Tomada de Bjorndal L, Mjör IA. Pulp-dentin biology in restorative dentistry. Part 4: Dental caries - characteristics of lesions and pulpal reactions. Quint Int 32(9): 717-736, 2001. <http://patoral.umayor.cl/caries/carie.html#cp2>

El avance de la caries comienza en una superficie libre como un cono de base ancha con su punta dirigida hacia la dentina. Al llegar al límite amelodentinario la lesión se extiende lateralmente a lo largo de la dentina y así socava el esmalte sano.

Defecto cavitario. Cuando la capa superficial del esmalte se fractura microscópicamente, se produce una cavitación; con diferente extensión, grosor y profundidad. Por lo que las bacterias con la saliva se introducen al esmalte y dentina, alterando la estructura cristalina, pero no son detectables clínicamente sino por medio radiográfico.²⁰

En el caso de caries en fosetas y fisuras de superficie adamantina la lesión cariosa inicial no comienza en el fondo, si no en las paredes laterales. La dirección de los prismas del esmalte determina que la lesión se ensanche a medida que se acerca al límite amelodentinario y que tome forma de cono invertido, con la base hacia la dentina.⁴

3.3.2 Remineralización

Es un proceso en el cual los minerales son retornados a la estructura molecular del diente en sí mismo. Se basa en precipitar calcio, fosfato y otros iones en la superficie del esmalte (fig.17). Los iones pueden proceder de la disolución del tejido mineralizado, de una fuente externa o una combinación de ambos.²¹

Es posible invertir el proceso de la desmineralización, si el pH es neutro condición por la cual, los minerales presentes en los fluidos bucales se precipitan en los defectos del esmalte desmineralizado y existen suficientes iones Ca^{+2} y $(\text{PO}_4)^{-3}$ en el entorno inmediato. Los productos de la disolución de la apatita pueden alcanzar la neutralidad mediante el taponamiento o los iones Ca^{+2} y $(\text{PO}_4)^{-3}$ de la saliva y pueden inhibir el proceso de disolución mediante el efecto del ion común. Se conoce así al desplazamiento de un equilibrio iónico cuando cambia la concentración de uno de los iones que están implicados en dicho equilibrio, debido a la presencia en la disolución de una sal que se encuentra disuelta en él. Esto permite reconstruir los cristales de apatita parcialmente disueltos; lo que se conoce como remineralización. Es posible potenciar considerablemente esta interacción mediante la presencia de iones fluoruro en el lugar de la reacción.²¹

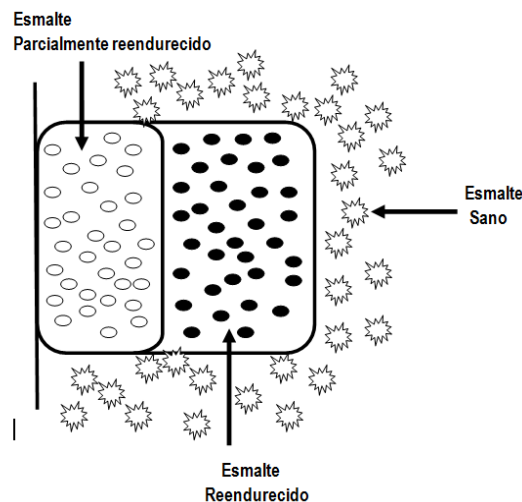


Figura 17. Proceso de Remineralización. Tomada de fuente directa.

Se ha considerado a la remineralización como una deposición de minerales después de una pérdida de ellos o de un ataque ácido, de tal manera que es posible la remineralización de lesiones cariosas artificiales. Las lesiones blancas son reversibles si la superficie externa de la lesión se mantiene intacta, la resistencia a la cavitación en la zona de inicio de la lesión es importante, ya que aumenta la resistencia en el proceso de remineralización, disminuyendo la probabilidad de la lesión cariosa.

La remineralización dental puede ser un tratamiento indoloro, seguro, efectivo, accesible, alternativo de la caries dental, y se basa en la aplicación tópica de compuestos fluorados principalmente. La capacidad de remineralización de las áreas desmineralizadas del esmalte es uno de los factores que intervienen en los procesos que conducen a la caries dental. Es un fenómeno complejo que depende de cualidades relacionadas con la saliva y la presencia de flúor, por lo que existen variaciones individuales.²⁰

3.3.3 *Función de la Saliva en la Remineralización*

Aproximadamente el 99% de la saliva es agua. El 1% restante consiste en moléculas orgánicas grandes como proteínas, glicoproteínas y lípidos; de moléculas orgánicas pequeñas como glucosa, úrea y de electrolitos (sodio, potasio, calcio, cloro, fosfatos).

El pH de la saliva es casi neutro y debido a su contenido de HCO_3^- tiene propiedades neutralizantes de los ácidos. Posee propiedades antibacterianas, la lactoferrina se une fuertemente al hierro, privando de este elemento a muchos microorganismos para los que es vital; lubrica la cavidad bucal reduciendo la fricción de las partes rugosas de la comida además aglutina y humedece las porciones de comida para facilitar su deglución. Disuelve las sustancias que pueden estimular las papilas gustativas de la lengua, cuando su secreción disminuye provoca la sensación de sed, por ello la alfa-amilasa salivar inicia la digestión de los hidratos de carbono.²²

Se ha indicado que las lesiones erosivas pueden ser remineralizadas gracias al papel de la saliva, no queda excluida la posibilidad de una pérdida irreversible de

estructura dentaria.²³

En pacientes con xerostomía se indica el uso de saliva artificial. Los sustitutos salivales sobre los cuales hace mayor referencia la literatura son los que contienen mucina extraída de glándula submandibular de bovino, y los desarrollados por Shannon y col. que contienen sales minerales. Las soluciones artificiales que contienen mucina son las más aceptadas por parte de los pacientes, debido a que su viscosidad se asemeja más a la saliva natural, no poseen sabor y debido a su capacidad lubricante proporcionan alivio a los tejidos blandos irritados. Las soluciones preparadas con sales como el potasio, cloro, sodio, magnesio, calcio, fósforo y flúor; tienen como objetivo principal la remineralización de los tejidos duros.²⁴

3.4 Sustancias Para Remineralizar Y Prevenir

Actualmente, la evolución en el manejo de la Caries ha supuesto la sustitución del concepto de “extensión por prevención” propuesta por Black por la “mínima intervención”. Se han investigado nuevas estrategias para fomentar el proceso de reparación del diente.²⁵

3.4.1 Xylitol

Es un alcohol de azúcar obtenido por la reducción de la xilosa. En cuanto a dulzura y volumen, es igual que el azúcar y en su forma granular puede utilizarse de la misma manera.^{26, 27}

- Mecanismo de acción: es un endulzante no fermentable, por lo que el pH no desciende, reduce la acumulación de placa y fortalece a los mecanismos de remineralización. Su principal acción es sobre el biofilm su acción consiste en inhibir la desmineralización, media la remineralización, estimula el flujo gingival, disminuye los efectos del *Streptococo mutans* y estabiliza la caries rampante. El xilitol ocupa la posición de la fructuosa en el ciclo del metabolismo de las bacterias. Esta situación hace que no se produzcan ácidos, favoreciendo así la persistencia de bacterias no patógenas y disminuyendo la posibilidad de que se alteren las características del

esmalte.²⁵

- Precauciones: los productos metabólicos del xilitol en el intestino grueso tienen un efecto similar a la fibra, por lo que ese compuesto en cantidades grandes puede tener efecto laxante.

Un inconveniente importante es su dosis dependiente con un umbral de 5-6 gramos de exposición en 3 veces al día para manifestar efectos clínicos.²⁴

3.4.2 *Diaminofluoruro De Plata*

Efecto cariostático, anticariogénico y antimicrobiano. Está indicado su uso para la prevención y paralización de caries de poca profundidad, en infantes de alto riesgo y conducta difícil.²⁸

3.4.3 *Flúor*

Aumenta la resistencia del esmalte. Favorece la remineralización: el flúor contribuye a la remineralización del diente, al favorecer la entrada en su estructura de iones de calcio y fosfato. El flúor tiene carga negativa y atrae al calcio y fosfato cuya carga es positiva. Tiene acción antibacteriana: Atacando a las bacterias que colonizan la superficie de los dientes.²⁹

El fluoruro es captado en el esmalte por dos mecanismos:

- Captación sistémica de fluoruros. Por medio del agua, bebidas o alimentos o suplementos fluorados que son incorporados del líquido tisular preeruptivamente durante el proceso de mineralización. El nivel está determinado por la concentración en el plasma. Los dientes primarios tienen un periodo más corto de maduración del esmalte y por lo tanto adquieren menos fluoruro que los permanentes.
- Captación tópica de fluoruros. Proviene de dentífricos, colutorios, soluciones y geles de topicación. Está restringida a la superficie del esmalte, generalmente a las primeras 10-30 micras y las lesiones incipientes. A las concentraciones altas usadas en las aplicaciones tópicas, el fluoruro no sólo intercambia con los iones hidroxilos en la apatita, sino

que también forma una capa de fluoruro de calcio en la superficie del esmalte. La mayor parte se disuelve en la saliva y la placa, ejerciendo una acción inhibitoria sobre las bacterias. El resto del fluoruro de calcio, se intercambia lentamente con los iones hidroxilo en la apatita del esmalte para formar una fluorapatita más ácido-resistente.³⁰

Efecto del fluoruro sobre la solubilidad del esmalte. Cantidades minoritarias de fluoruro en una solución neutralizante ácida, reducen marcadamente la solubilidad del esmalte y cuando las cantidades de fluoruro ya son elevadas, se adquieren rápidamente reducidas propiedades de solubilidad. Brown en 1977 demostró que niveles bajos de fluoruro en solución puede reaccionar con las superficies externas de los cristales de hidroxiapatita en disolución, formando una cubierta que tiene las propiedades de solubilidad de la fluorapatita.

Efecto del fluoruro sobre la fase mineral de la estructura cristalina. Cuando el fosfato de calcio se precipita de una solución saturada en el margen de pH fisiológico, sufre una transformación a hidroxiapatita y probablemente a fluorapatita, que son las fases termodinámicamente más estables en condiciones fisiológicas. Durante la mineralización, el flúor actúa como catalizador, causando una transformación de las fases precursoras más solubles a la apatita termodinámicamente más estable, así el fluoruro estabiliza la estructura cristalina de la apatita del esmalte. En los episodios de desmineralización-rem mineralización, el fluoruro favorece la formación de los cristales más resistentes a los ácidos. Además también pueden llenar los huecos debido a la pérdida de los iones hidroxilo, dando así a la malla cristalina mayor rigidez. El mejor ajuste de los iones fluoruro entre los iones de calcio resulta en un aumento de la atracción electrostática entre los fluoruros y calcio, lo que estabiliza la estructura.

Efecto del fluoruro en la remineralización del esmalte. Puede funcionar en el más temprano estadio de formación de la caries. El fluoruro en el microambiente hará que la disolución del esmalte se detenga, cuando el pH comienza a elevarse después del ataque ácido. La posterior exposición al fluoruro y la saliva o líquido de la placa, puede aumentar más la cantidad de nuevo mineral en el sitio.³¹

3.4.4 Fosfopéptido De Caseína – Fosfato de Calcio Amorfo (CPP-ACP)

Creado por el Dr. Eric Reynolds es un fosfopéptido de la caseína - calcio fosfato amorfo, que tiene la propiedad de entregar al medio bucal calcio y fosfato biodisponible. El fosfopéptido de la caseína, es una proteína pegajosa que forma nanoclusters junto a iones calcio y fosfato, impidiendo su precipitación y que en condiciones de acidez es capaz de liberar CaHPO_4 en forma soluble, la que se transporta dentro del diente y permite la regeneración del esmalte.

Presenta afinidad por el biofilm, la saliva, los tejidos dentarios y la mucosa de la cavidad bucal. Ésta afinidad por los tejidos blandos y duros, es la que permite la presencia de niveles de sobresaturación de calcio y fosfato, lo que evita la desmineralización y promueve la remineralización del esmalte dental.²³

- Mecanismo de acción. Se adhiere fácilmente a los tejidos blandos, película, placa dentobacteriana e hidroxiapatita de manera uniforme. Cuando el producto se encuentra sobre la superficie del diente y existen condiciones de acidez, interacciona con los iones de hidrógeno y forma fosfato de calcio hidrogenado, que vía pH o por gradientes de concentración, penetra en el diente y mediante reacción con el agua produce remineralización del esmalte.^{32, 33, 34}

Dentro de sus características encontramos que: a) Fortalece el esmalte dental, b) Reduce la sensibilidad dentinaria, c) Neutraliza la acidez de la placa dentobacteriana, d) Aumenta el flujo salival.^{35,36}

- Precauciones de uso: por contener caseína no debe ser utilizado en personas con alergia a esta proteína. No mezclar con pastas dentífricas fluoradas, ya que existe interacción entre ellas, y se recomienda primero la pasta fluorada y después el agente remineralizante. La capacidad de unión de las resinas al esmalte de algunos sistemas adhesivos puede disminuir en dientes que han sido sometido a blanqueamiento y/o tratamiento con CPP-ACP.³⁷
- Formas de presentación: Actualmente existen muchos productos que contiene CPP-ACP ya que se considera un remineralizante muy efectivo en la odontología preventiva y restauradora.

Algunos de los productos que contienen este remineralizante son: ^{38,39,40}

Cuadro 2. Formas de Presentación de CCP-ACP

Aplicación	Producto	Beneficio	Producto comercial
Material de obturación	Resinas Ionómero de vidrio	*Curación de las caries incipientes. Revierte el proceso de erosión por caries, expulsando calcio e iones de fosfato. *El ionómero muestra propiedades anticariogénicas, la adición de CPP-ACP mejora estas propiedades, sin afectar su comportamiento físico-mecánico.	Fuji IX GP™ (GC American Inc)
Agentes contra la hipersensibilidad.	Pastas tópicas y de sellado tubular.	*Reduce cualquier caso de hipersensibilidad de la dentina, cerrando los túbulos dentinarios abiertos, después de procedimientos odontológicos.	MI Paste™ (GC American Inc) MI Paste Plus™ (GC American Inc) Enamelon® (Enamelon Inc)
Disfunción Salival	Saliva artificial	*La incorporación de CPP -ACP reemplaza los minerales perdidos, mejorando la calidad de protección de la saliva al aliviar las áreas sensibles. Suministra el calcio y fosfato necesarios en pacientes con poco flujo.	Aún no está en el mercado
Agentes de Blanqueamiento dental.	Blanqueador con fosfato	*Se ha determinado que al usar agentes blanqueadores de peróxido de carbamida al 16% que contengan CPP-ACP, se obtiene una eficacia del 10% en el color del diente y su duración post tratamiento blanqueador.	Aún no está en el mercado
Goma de mascar	Goma de mascar agregado al sorbitol o xylitol.	*Resulta en un incremento de la remineralización del esmalte del 63% con 10 mg. de CPP-ACP que contenga el chicle sin azúcar.	Trident White® Trident Xtra Care® Trident Advantage® (Cadbury Adams USA LLC)
Pastillas			Recaldent Mints™ (Cadbury Adams USA LLC)

3.5. *Métodos para Cuantificar Ca en Esmalte Dental*

Con la finalidad de evaluar la remineralización dental se han empleado distintos métodos que permiten obtener resultados significativos en investigaciones para comparar la efectividad de nuevos productos.²

Dentro de estos métodos están:

3.5.1 *Microscopia Electrónica de Barrido*

El microscopio electrónico de barrido (SEM) permite la observación y caracterización superficial de materiales inorgánicos y orgánicos, proporcionando información morfológica del material analizado.²

Las aplicaciones del microscopio electrónico de barrido son muy variadas. Sus análisis proporcionan datos como textura, tamaño y forma de la muestra.

En odontología son muchas las aplicaciones de las caracterizaciones morfológicas que se pueden realizar con el microscopio electrónico de barrido. Una aplicación específica de este microscopio se obtiene al estudiar el esmalte dental.⁴⁰

3.5.2 *Microscopia Electrónica de Trasmisión*

El haz de electrones incidente atraviesa la muestra observada y la sombra de detalles finos o ultra-estructura es capturada en una pantalla fosforescente con propiedades de emisión de luz, ubicada en la parte inferior de la columna. El tener una adecuada preparación de la muestra da lugar a una excelente definición de imagen.⁴¹

3.5.3 *Espectrofotometría de Absorción Atómica*

La Espectrofotometría de Absorción Atómica, es una técnica para cuantificar elementos metálicos, entre ellos el calcio. Su campo de aplicación es muy variado, y se emplea en análisis de agua, de suelos, bioquímica, toxicología, medicina, industria farmacéutica, alimenticia y petroquímica principalmente.⁴²

Consiste en la medición de la absorción de radiación por parte de los átomos del

elemento a cuantificar a una longitud de onda específica para el elemento para el cual está fabricada la lámpara. La muestra es introducida por el nebulizador y transformada en una fina niebla que se mezcla con el gas oxidante y combustible (aire : acetileno) y llegan a la llama. En la llama el elemento a analizar se transforma en un átomo libre y neutro que absorbe la radiación que viene desde la lámpara de cátodo hueco.¹²

La absorción de la radiación que proviene de la lámpara de cátodo hueco por los átomos libres y neutros dentro de una llama brinda una herramienta analítica poderosa para análisis cuantitativos. La absorción es específica, por lo que cada elemento absorbe a longitudes de onda únicas.⁴³

El instrumento empleado en estos análisis es un Espectrofotómetro de Absorción Atómica, compuesto por una lámpara de cátodo hueco, como fuente de radiación, nebulizador de la muestra, quemador o mechero, y dispositivos de selección de longitudes de onda, transducción, amplificación y lectura de la señal.(fig18)²³

A la temperatura de una flama de aire-acetileno, la cantidad de luz absorbida por los átomos del elemento analizado, es, virtualmente, una medida absoluta del número de átomos que se hallan en la sustancia expuesta a la flama; y, en consecuencia, también lo es de la concentración del elemento contenido en la sustancia bajo estudio. La cantidad de energía absorbida o "Absorbancia" es proporcional al número de átomos capaces de absorber la radiación que proviene de la lámpara de cátodo.⁴¹

Componentes de un espectrofotómetro de absorción atómica:

- Una fuente de radiación que emita una línea específica correspondiente a la necesaria para efectuar una transición en los átomos del elemento analizado.
- Un nebulizador, que por aspiración de la muestra líquida, forme pequeñas gotas para una atomización más eficiente.
- Un Quemador, en el cual por efecto de la temperatura alcanzada en la combustión y por la reacción de combustión misma, se favorezca la formación de átomos a partir de los componentes en solución.

- Un sistema óptico que separe la radiación de longitud de onda de interés, de todas las demás radiaciones que entran a dicho sistema.
- Un detector o transductor, que sea capaz de transformar, en relación proporcional, las señales de intensidad de radiación electromagnética, en señales eléctricas o de intensidad de corriente.
- Un amplificador o sistema electrónico, que como su nombre lo indica amplifica la señal eléctrica producida, para que en el siguiente paso pueda ser procesada con circuitos y sistemas electrónicos comunes.
- Por último, se requiere de un sistema de lectura en el cual la señal de intensidad de corriente, sea convertida a una señal que el operario pueda interpretar (ejemplo: transmitancia o absorbancia). Este sistema de lectura, puede ser una escala de aguja, una escala de dígitos, un graficador, una serie de datos que pueden ser procesados a su vez por una computadora, etc.(fig.19) ⁴¹



Figura 18. Espectrofotómetro de Absorción Atómica. Tomada de fuente directa.

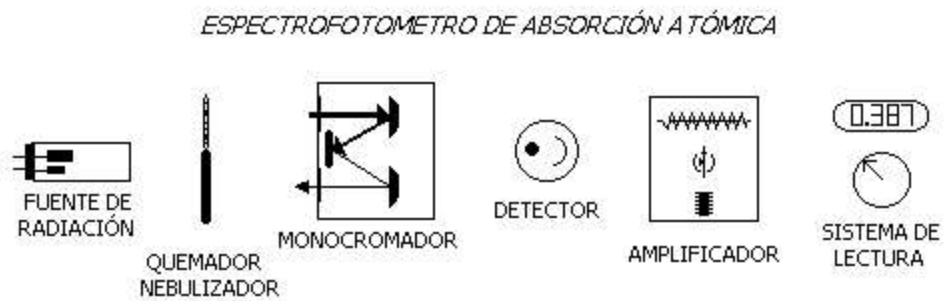


Figura 19. Componentes del Espectrofotómetro de Absorción Atómica. Tomada de fuente directa.

4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La República Mexicana, de acuerdo con la clasificación Internacional de la Organización Mundial de la Salud, se encuentra entre los países de alto rango de frecuencia en enfermedades bucales, dentro de ellas la caries dental, que afecta a más del 90% de la población Mexicana.⁴⁴

La caries en su fase inicial puede ser reversible, la remineralización dental es un proceso complejo que depende de varios factores entre ellos la presencia de Ca en cavidad bucal y que resulta útil como tratamiento alternativo no invasivo. Para ello existen diferentes sustancias remineralizantes que buscan inhibir y revertir una lesión cariosa. Entre ellas el complejo fosfato de calcio amorfo-fosfato de caseína (CPP-ACP).

Actualmente en México existen escasos estudios sobre la progresión y regresión de caries incipientes. Por lo que existe la necesidad de realizar más investigaciones sobre el tema, es así que este trabajo se enfocará en un estudio para conocer **¿Cuál es la concentración de calcio en cortes de esmalte tratados “*in vitro*” con fosfato de calcio amorfo-fosfato de caseína?**

5 HIPÓTESIS

Las muestras tratadas con la sustancia remineralizante presentarán un incremento en su concentración de Ca.

6 OBJETIVOS

6.1 *Objetivo General*

Comparar la concentración “*in vitro*” de Ca en cortes de esmalte de órganos dentarios temporales y permanentes con y sin la aplicación de un remineralizante a través del método de espectrofotometría de absorción atómica.

6.2 *Objetivos Específicos*

- Determinar la concentración de Ca en cortes de esmalte dentario permanentes tratados con complejo fosfato de Ca amorfo-fosfato de caseína (CPP-ACP).
- Determinar la concentración de Ca en cortes de esmalte dentario permanentes que no hayan sido tratados con complejo fosfato de Ca amorfo-fosfato de caseína (CPP-ACP).
- Determinar la concentración de Ca en cortes de esmalte dentario temporales tratados con complejo fosfato de calcio amorfo-fosfato de caseína (CPP-ACP).
- Determinar la concentración de Ca en cortes de esmalte dentario temporales que no hayan sido tratados con complejo fosfato de Ca amorfo-fosfato de caseína (CPP-ACP).
- Comparar la concentración entre ambas denticiones.

7 DISEÑO METODOLÓGICO

7.1 Tipo de Estudio

En el presente trabajo se llevó a cabo un estudio experimental, longitudinal, comparativo e *in vitro*.

7.2 Población de Estudio

El objeto de estudio fueron cortes de esmalte de diez dientes humanos permanentes extraídos y diez dientes temporales humanos temporales extraídos que no presentaban ninguna alteración en su estructura.

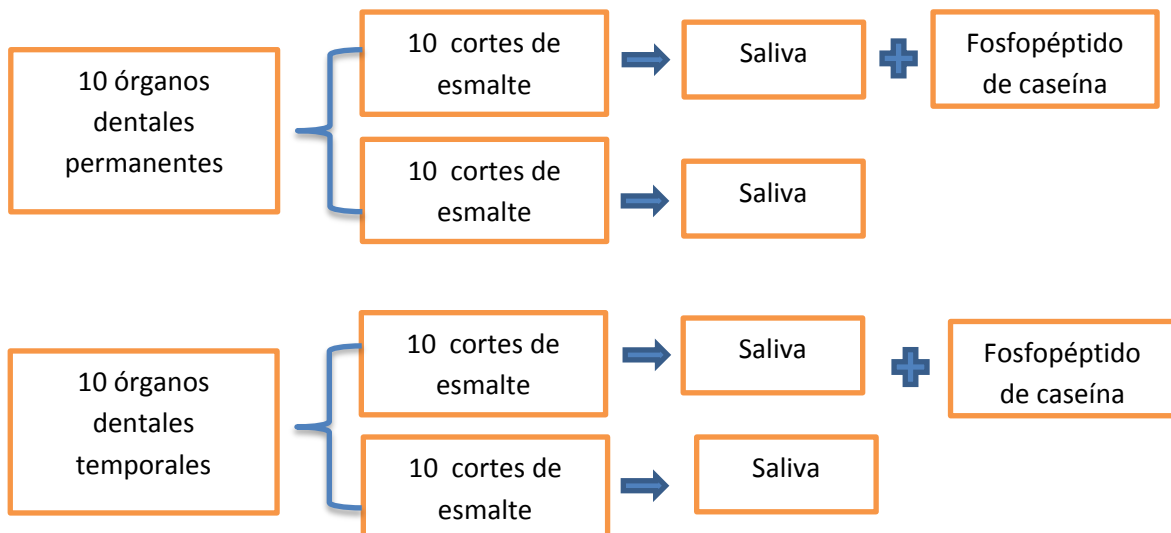
- Selección de la muestra

Las unidades de observación fueron seleccionadas al azar y sin remplazo respetando los criterios de inclusión ya establecidos.

- Criterios de inclusión

1.- Cortes de esmalte de órganos dentarios temporales y permanentes extraídos que no presenten caries.

2.- Cortes de esmalte de órganos dentarios temporales y permanentes extraídos que no presenten fracturas.



- Criterios de eliminación

1.- Láminas de esmalte de órganos dentarios que se fracturen mientras se hacen los cortes.

2.- Láminas de esmalte de órganos dentarios que se contaminen durante el proceso.

7.3 Cuadro 3. *Variables*

VARIABLE	DEFINICIÓN	NIVEL DE MEDICIÓN	OPERACIONALIZACIÓN
Fosfato de calcio amorfo – Fosfopéptido de caseína (CPP-ACP) Recaldent®	Sustancia remineralizante integrada por el complejo fosfato de calcio amorfo – fosfopéptido de caseína.	Cuantitativa Continua	g
Peso de corte de esmalte de órganos permanentes	Peso de corte de esmalte de órgano dentario permanente	Cuantitativa Continua	g
Peso de corte de esmalte de órganos temporales	Peso de corte de esmalte de órgano dentario temporal	Cuantitativa Continua	g
Concentración de Ca	Lectura obtenida mediante espectrofotómetro de absorción atómica	Cuantitativa Continua	µg/ml
Concentración de Ca	Lectura obtenida mediante espectrofotómetro de absorción atómica	Cuantitativa Continua	%

7.4 Técnicas – Proceso

- Se recolectaron 10 dientes permanentes y 10 temporales próximos a extraer que cumplían con los criterios de inclusión.
- Una vez extraídos los órganos dentarios permanentes y temporales, fueron colocados en una solución fijadora de glutaraldehído al 5%, con la finalidad de inhibir el crecimiento de microorganismos.
- Se les realizó una profilaxis con cepillo y pasta profiláctica. (fig. 20)



Figura 20. Profilaxis. Tomada de fuente directa.

- Se realizaron cortes de esmalte tanto de los órganos dentarios permanentes como temporales con un disco de diamante de doble cara usando un micromotor y agua desionizada. De cada diente se obtuvieron dos cortes, uno para la muestra tratada y otro para la muestra testigo. (fig.21, 22)



Figura 21. Corte de esmalte. Tomada de fuente directa.



Figura 22. Micromotor. Tomada de fuente directa.

- Una vez obtenida la muestra para el estudio se colocaron en tubos de plástico eppendorf de 1.7mL ya etiquetados consecutivamente del número 1 al 40, de los cuales del 1 al 20 fueron para las muestras tratadas y del 21 al 40 para las muestras testigo. (fig. 23)



Figura 23. Muestras en tubos eppendorf. Tomada de fuente directa.

- A cada corte de las muestras tratadas se les aplicó fosfato de calcio amorfo – fosfato de caseína (CPP-ACP) con un microbrush y 0.5 mL de saliva artificial por medio de una pipeta graduada. Y fueron colocados en una gradilla. (fig. 24)

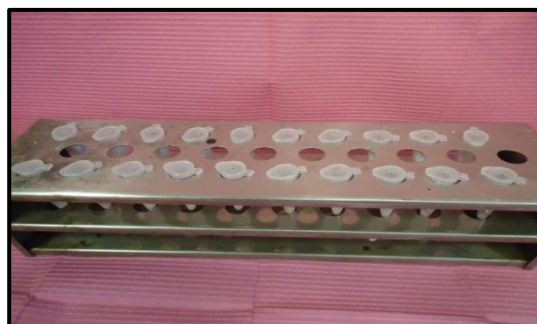


Figura 24. Muestras en gradilla. Tomada de fuente directa.

- A cada corte de las muestras testigo se les aplicó solo 0.5 mL de saliva artificial por medio de una pipeta graduada. Y fueron colocados en una gradilla.
- Cada 24 horas se enjuagaron con agua desionizada y se cambiaron de tubo eppendorf que fue etiquetado respectivamente, a las muestras

tratadas se les aplicó 0.018 g y 0.017 g respectivamente de fosfato de calcio amorfo – fosfato de caseína (CPP-ACP) con un microbrush y 0.5 mL de saliva artificial por medio de una pipeta graduada; a la muestra testigo se le aplicó 0.5 mL de saliva artificial por medio de una pipeta graduada. Y ambas fueron colocadas en una gradilla. (fig. 25 – 27)



Figura 25.

Enjuague con agua desionizada

Tomada de fuente directa.

Figura 26.

CPP-ACP

Tomada de fuente directa.

Figura 27.

Aplicación de la saliva artificial

Tomada de fuente directa.

- Después de 30 días, ambas muestras fueron lavadas con agua desionizada.
- Los cortes de ambas muestras se colocaron en tubos de ensayo de vidrio de 12 x 100 mm previamente lavados, a los que se les adicionaron 0.5mL de ácido nítrico concentrado, se calentaron en una parrilla sin llegar a ebullición hasta que se disolvió la muestra y se dejó enfriar. (fig. 28, 29)



Figura 28. Dilución de muestras

Tomada de fuente directa.



Figura 29. Muestras diluidas

Tomada de fuente directa.

- Posteriormente se pasaron a un matraz aforado de 10mL que contenía 2mL de óxido de lantano al 1% que fue aforado con agua desionizada. Las muestras se guardaron en frascos de polietileno. (fig. 30)



Figura 30. Aforo de muestra. Tomada de fuente directa.

- Se preparó una curva de calibración de Ca de concentración conocida. (fig. 31)
- Se preparó un blanco de reactivos.



Figura 31. Curva de calibración. Tomada de fuente directa.

- Se procedió a obtener la lectura de absorción de la curva de calibración y de las muestras ajustando a cero con el blanco para los reactivos. (fig. 32, 33)



Figura 32. Espectrofotómetro de absorción atómica, "Varian" modelo AA-1475. Tomada de fuente directa

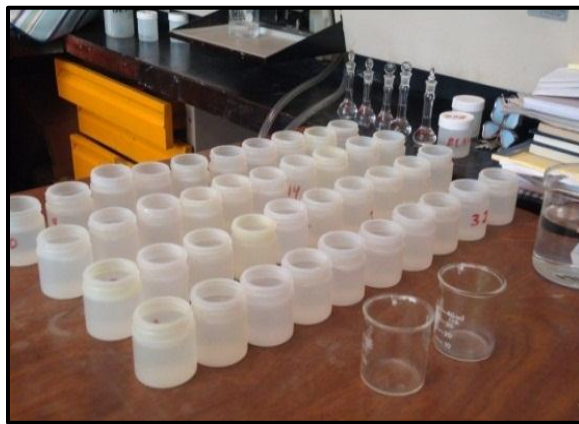


Figura 33. Muestras. Tomada de fuente directa.

- Se obtuvo la concentración de Ca en la muestra por interpolar con los datos obtenidos en la curva de calibración, para la cual se consideró la absorbancia y las ppm.
- Se compararon los niveles de calcio en los dos grupos mediante el programa SPSS.
- Se analizaron resultados.

7.5 Diseño Estadístico

Los resultados obtenidos se analizaron con estadística descriptiva aritmética media y desviación estándar.

7.6 Recursos

7.6.1 Recursos Humanos

- Dos estudiantes de la Carrera de Cirujano Dentista
Alejandra Cuervo Hernández
Bibiana González Osorio
- Directora de Tesis. Profesor Carrera de Cirujano Dentista.
Dra. María Lilia Adriana Juárez López
- Asesor de Tesis. Profesor Carrera de Química Farmacéutico Biológica.
M. en C. Químicas A. Lourdes Castillo Granada

7.6.2 Recursos Físicos

Laboratorio Dental y Laboratorio de Espectrofotometría de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Biblioteca de Posgrado de Odontología, C. U., Biblioteca FES Zaragoza, Biblioteca Digital UNAM, acceso electrónico a asociaciones dentales.

7.6.3 Recursos Materiales y Financieros.

Proporcionados por el proyecto de investigación PAPIIT IN209409, Laboratorio de Espectrofotometría de la Carrera de Q. F. B. de la FES Zaragoza.

Papelería

- 20 Fichas de registro
- Bitácora

Odontológicos y de laboratorio

- 1 paquete de gorros, uniseal
- 2 cajas de guantes, uniseal
- 10 bolsas de desechos, costalitos
- 1 caja de cubrebocas, uniseal

- 1 jabón de manos antibacterial, dial
- 2 paquetes de sanitas, sanitum
- 1 pasta profiláctica, maquirá
- 40 cepillos y copas de profilaxis, dentaflux
- 5 discos de diamante de doble cara con mandril, ministripper
- 1 micromotor de baja velocidad, pelba industria
- 5 jeringas de 3ml, BD-plastipack
- 2 pizetas de 100ml, tecnoempaques
- 2 pipetas graduadas, pyrex
- 1 block de papel cebolla, protorsa
- 2 pinzas de plástico, fervik
- 1200 tubos eppendorf, nichiryo
- 1200 microbrush, microbrush
- 2 paquetes de campos, 3m
- 2 tubos de Recaldent® (CPP-ACP), mi paste
- 1 gradilla para tubos eppendorf, heathrow
- 40 tubos de ensayo de vidrio, pyrex
- 1 matraz aforado, pyrex
- 40 frascos de polietileno, 3m
- 3 frascos de saliva artificial, viarden

Reactivos

- Oxido de lantano al 1%, Aldrich
- Acido Nítrico concentrado, Merck
- Agua desionizada, aquarent
- Solución Fisiológica, Cinfa
- Solución fijadora de glutaraldehido al 5%, Sigma-Aldrich

Instrumentos

- Espectrofotómetro de absorción atómica, marca "Varian" modelo AA-1475
- Balanza analítica, scientech
- Parrilla, cosmos-grill

8 ANÁLISIS DE RESULTADOS

La aplicación de CPP-ACP en el presente estudio tuvo como resultado un incremento de la concentración de Ca en la mayoría de las muestras tratadas. Lo que comprueba la hipótesis planteada.

El promedio de remineralizante aplicado por día a las muestras de cortes de esmalte de órganos dentarios permanentes fue de 0.018 g de CPP-ACP, y de 0.017 g para los cortes derivados de esmalte temporal.

En el cuadro 4 se observa, como las muestras obtenidas de cortes de esmalte de órganos dentarios permanentes sanos, a las que se les aplicó CPP-ACP presentan una concentración mínima en porcentaje de Ca de 27.21 y máxima de 36.20, con una mediana de 34.46 y media de $33.72\% \pm 2.43\%$. Los cortes de esmalte de órganos dentarios permanentes que sirvieron como muestra testigo, obtuvieron una concentración mínima de Ca en porcentaje de 25.93 y máxima de 36.99, una mediana de 32.29, y la media también expresada en porcentaje de 32.29 ± 2.85 .

Se muestran en el cuadro 5 las diferencias de concentración de Ca entre las muestras tratadas y testigo de cortes de esmalte de órganos dentarios permanentes, donde la mayoría de las que fueron expuestas al remineralizante aumentaron su concentración.

Se puede apreciar que la mayoría de las muestras tratadas de cortes de esmalte de órganos dentarios permanentes presentan una tendencia de mayor concentración de Ca que las muestras testigo. (fig. 34 y 35)

Las lecturas de los cortes de esmalte de órganos dentarios temporales tratados con la sustancia remineralizante, mostraron una concentración mínima de 22.22%, la máxima obtenida fue 32.70%, con una mediana de $27.48\% \pm 3.25\%$ y una media de 27.33%. Mientras las lecturas de las muestras testigo de los cortes de esmalte de órganos dentarios temporales, fueron una concentración mínima de 15.26%, máxima de 30.95%, y la media obtenida de $23.49\% \pm 4.45\%$ con una

mediana de 23.82%, como se presenta en el cuadro 6.

En el cuadro 7 se expresa la diferencia que presentaron las muestras tratadas y testigo de cortes de esmalte de órganos dentarios temporales, donde la mayoría de las muestras expuestas al remineralizante aumentaron su concentración.

La mayoría de las muestras de cortes de esmalte de órganos dentarios temporales que fueron tratadas con la sustancia remineralizante CPP - ACP presentaron una mayor concentración de Ca en relación con las muestras no tratadas. (fig. 36 y 37).

La figura 38 muestra la concentración de Ca en las muestras de las dos denticiones, se observa que la concentración de Ca fue mayor en las muestras de cortes de esmalte de los órganos permanentes.

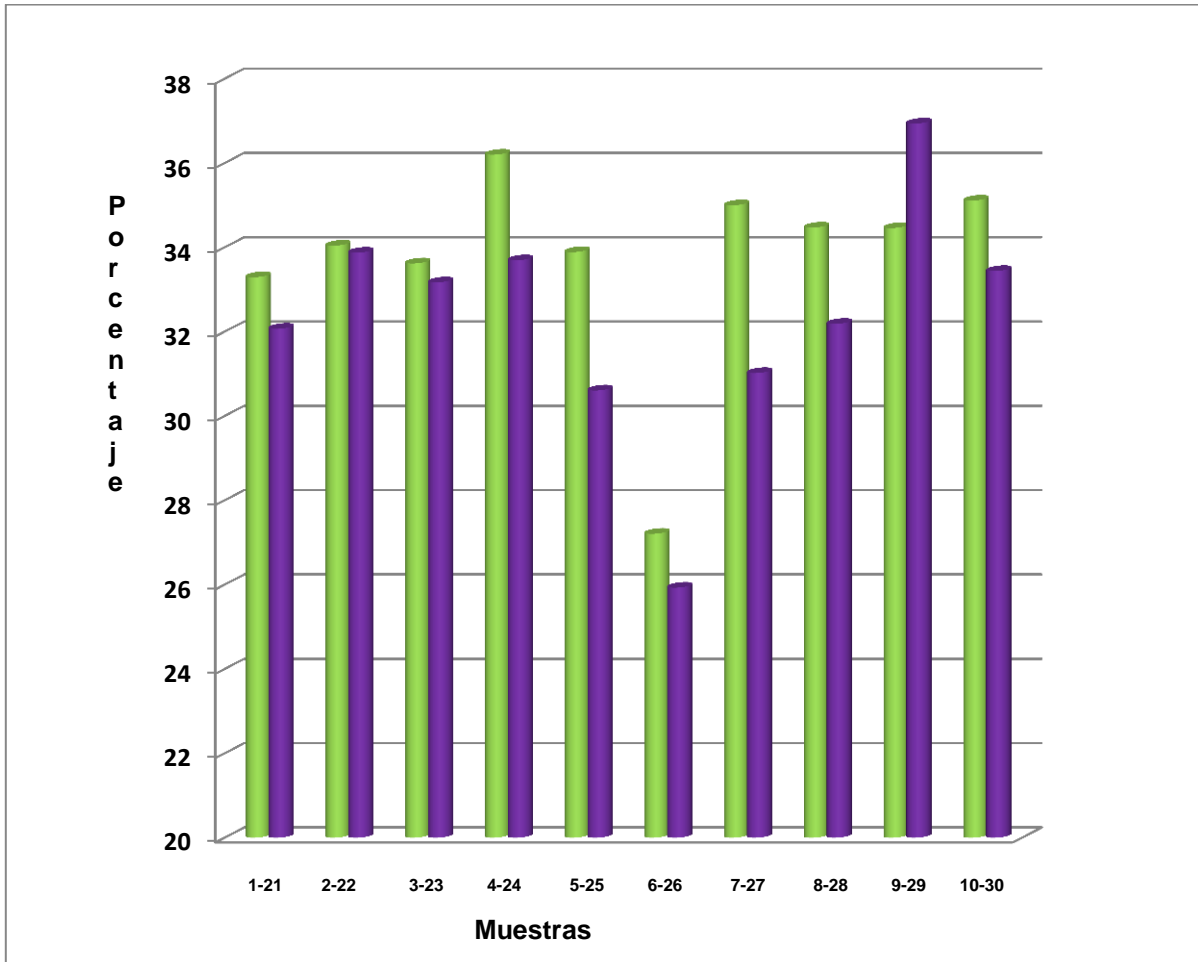
Por otra parte, al analizar las diferencias entre los grupos tratados y testigo se encontró que el incremento de Ca por la aplicación de CCP-ACP fue más evidente en las muestras de cortes de esmalte de órganos dentarios temporales.

9 RESULTADOS

Cuadro 4.

Concentración de Ca en Cortes de Esmalte de Órganos Dentarios Permanentes tratados con CPP-ACP

Muestra Tratada #	Peso (g)	Concentración de Ca(mg/g)	Concentración de Ca(%)	Muestra Testigo #	Peso (g)	Concentración de Ca(mg/g)	Concentración de Ca(%)
1	0.0170	332.941	33.294	21	0.015	320.70	32.07
2	0.0376	340.426	34.043	22	0.032	338.75	33.87
3	0.0461	336.200	33.620	23	0.036	331.70	33.17
4	0.0569	362.000	36.200	24	0.044	336.93	33.69
5	0.0472	338.900	33.890	25	0.037	306.06	30.60
6	0.0555	272.072	27.207	26	0.056	259.30	25.93
7	0.0560	350.000	35.000	27	0.044	310.20	31.02
8	0.0615	344.700	34.470	28	0.040	321.86	32.18
9	0.0177	344.600	34.460	29	0.019	369.38	36.93
10	0.0225	351.100	35.110	30	0.029	334.40	33.44
Promedio	0.03535	344.42	34.44		0.0331	337.14	33.71



■ Muestra tratada ■ Muestra testigo

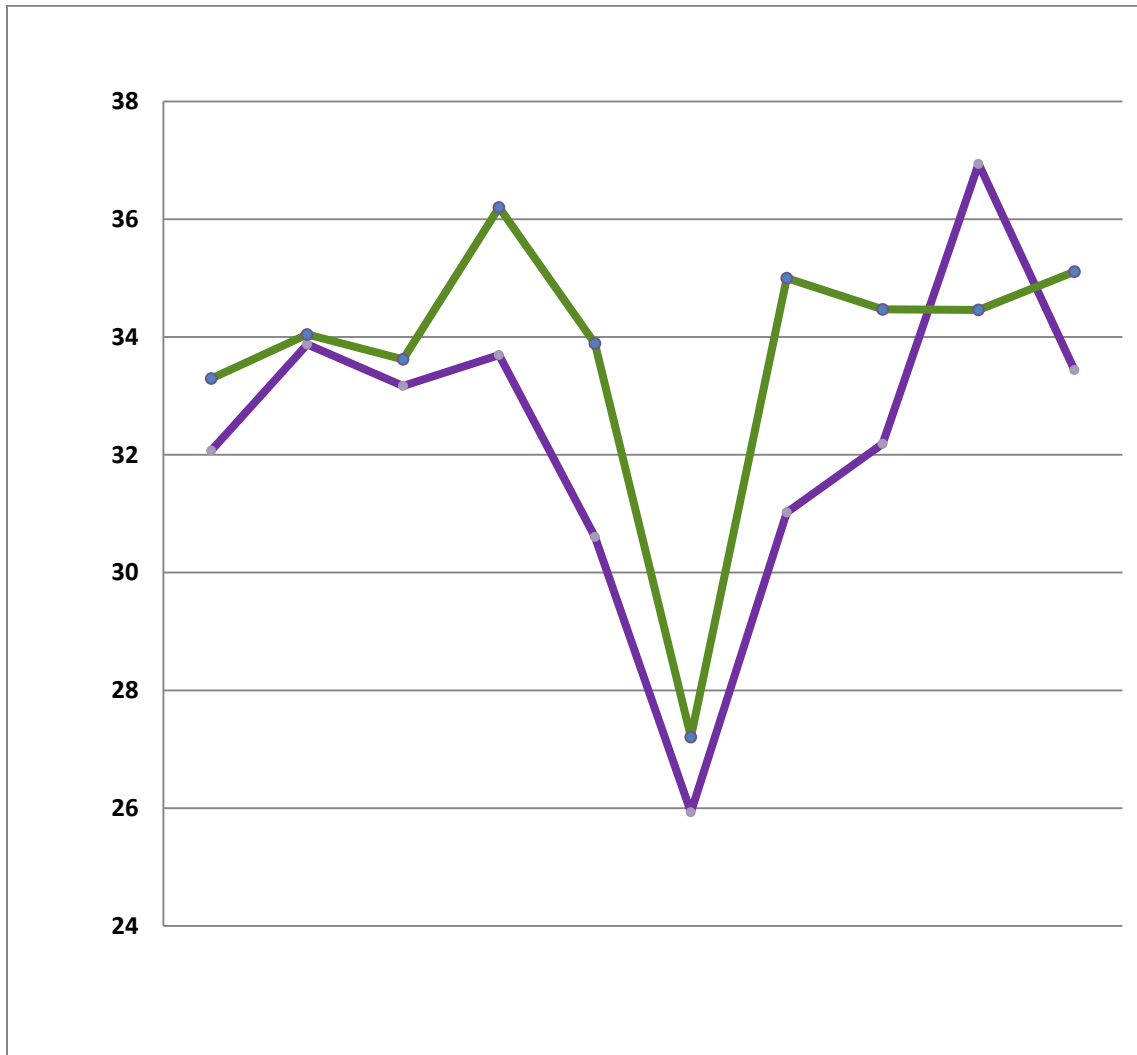
Figura 34. Porcentaje de Ca en cortes de esmalte de órganos dentarios permanentes después del tratamiento a base de CPP-ACP. Fuente Directa

Cuadro 5.

Diferencias en la Concentración de Ca en Porcentaje de Cortes de Esmalte de Órganos Dentarios Permanentes Tratados con CPP-ACP.

Concentración de Ca Muestras Tratadas (1-10)	Concentración de Ca Muestras Testigo (21-30)	Diferencia de Concentración
33.29	32.07	+1.22
34.04	33.87	+0.16
33.62	33.17	+0.45
36.20	33.69	+2.50
33.89	30.60	+3.28
27.20	25.93	+1.27
35.00	31.02	+3.98
34.47	32.18	+2.28
34.46	36.93	-2.47
35.11	33.44	+1.67

Las muestras que se observan en valor negativo son aquellas donde la concentración de Ca fue mayor en las muestras testigo.



■ Muestra tratada ■ Muestra testigo

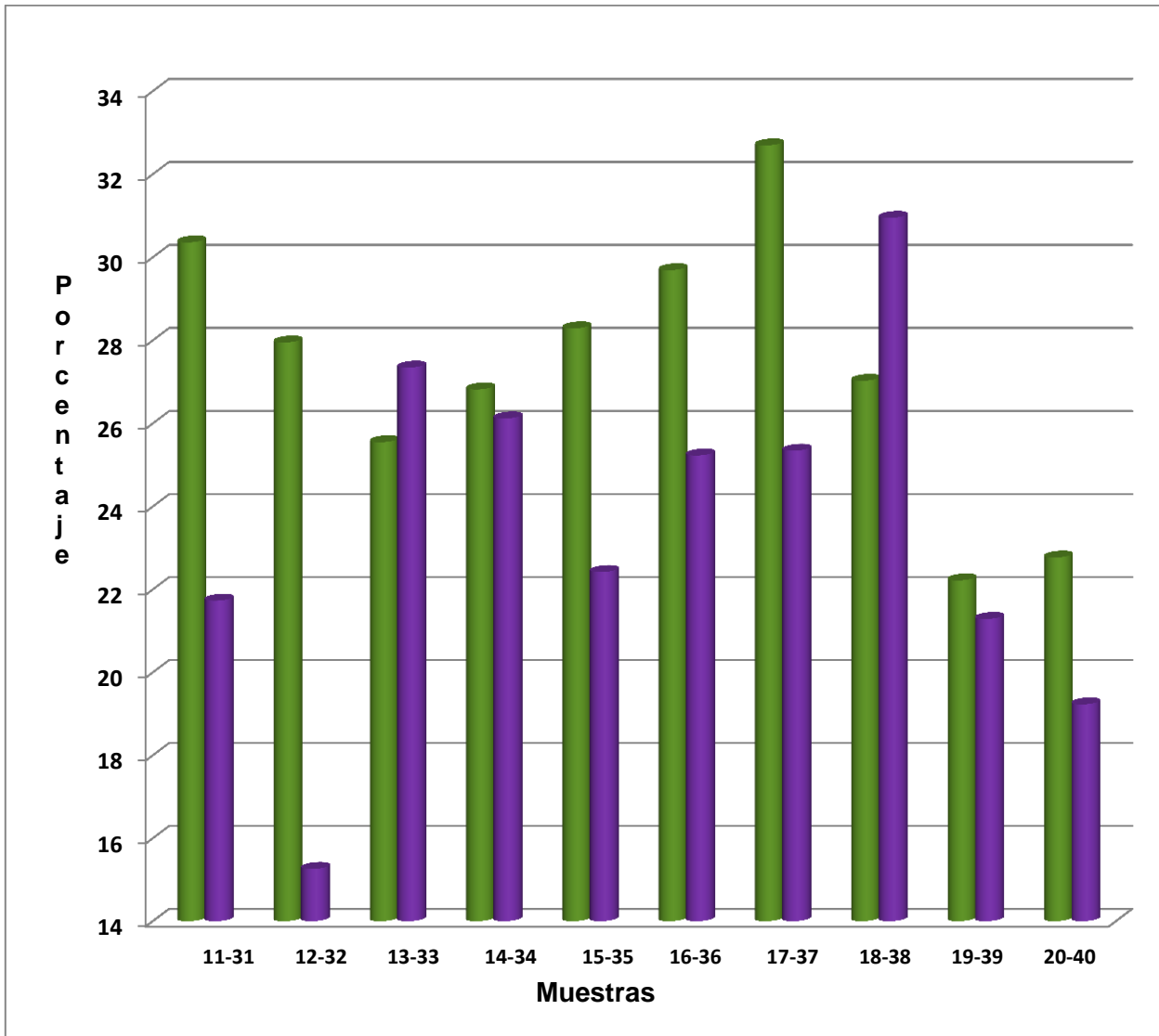
Figura 35. Concentración de Ca en cortes de esmalte de órganos dentarios permanentes con y sin tratamiento de CPP-ACP. Fuente Directa

Las muestras tratadas y testigo de cortes de esmalte de órganos dentarios permanentes expresaron una concentración de Ca similar sin embargo, existe una tendencia de las que se les aplicó el remineralizante a tener un mayor concentración ligeramente mayor.

Cuadro 6.

Concentración de Ca en Cortes de Esmalte de Órganos Dentarios Temporales con y sin Tratamiento de CPP-ACP.

Muestra Tratada #	Peso (g)	Concentración de Ca(mg/g)	Concentración de Ca(%)	Muestra Testigo #	Peso (g)	Concentración de Ca(mg/g)	Concentración de Ca(%)
11	0.021	303.60	30.36	31	0.015	217.30	21.73
12	0.016	279.50	27.95	32	0.016	152.60	15.26
13	0.009	255.50	25.55	33	0.017	273.44	27.34
14	0.012	268.20	26.82	34	0.022	261.20	26.12
15	0.020	282.90	28.29	35	0.015	224.20	22.42
16	0.022	296.90	29.69	36	0.022	252.30	25.23
17	0.016	326.94	32.69	37	0.013	253.43	25.34
18	0.018	270.27	27.02	38	0.013	309.50	30.95
19	0.009	222.20	22.22	39	0.012	212.90	21.29
20	0.009	227.70	22.77	40	0.007	192.30	19.23
Promedio	0.015	273.37	27.33		0.015	234.92	23.49



■ Muestra tratada ■ Muestra testigo

Figura 36. Porcentaje de concentración de Ca en cortes de esmalte de órganos dentarios temporales con y sin tratamiento de CPP-ACP. Fuente Directa

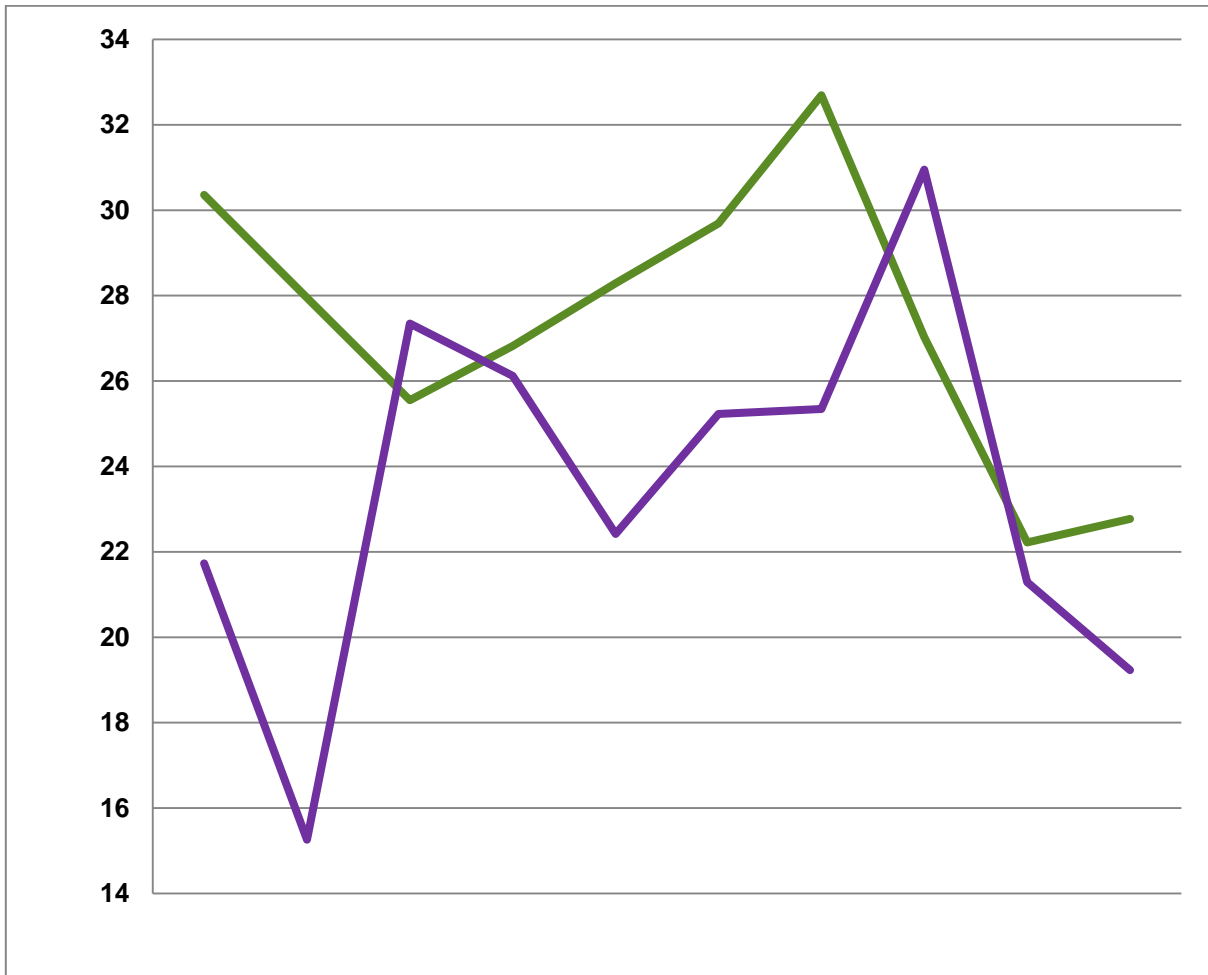
Se presenta una tendencia donde las muestras a las que se les aplicó el remineralizante tuvieron una mayor concentración de Ca.

Cuadro 7.

Diferencias en la Concentración de Ca en Porcentaje de los Cortes de Esmalte de Órganos Dentarios Temporales con y sin Tratamiento de CPP-ACP.

Concentración de Ca Muestras Tratadas (11-20)	Concentración de Ca Muestras Testigo (31-40)	Diferencia de Concentración
30.36	21.73	+8.63
27.95	15.26	+12.69
25.55	27.34	-1.79
26.82	26.12	+0.70
28.29	22.42	+5.87
29.69	25.23	+4.46
32.69	25.34	+7.35
27.02	30.95	-3.92
22.22	21.29	+0.93
22.77	19.23	+3.54

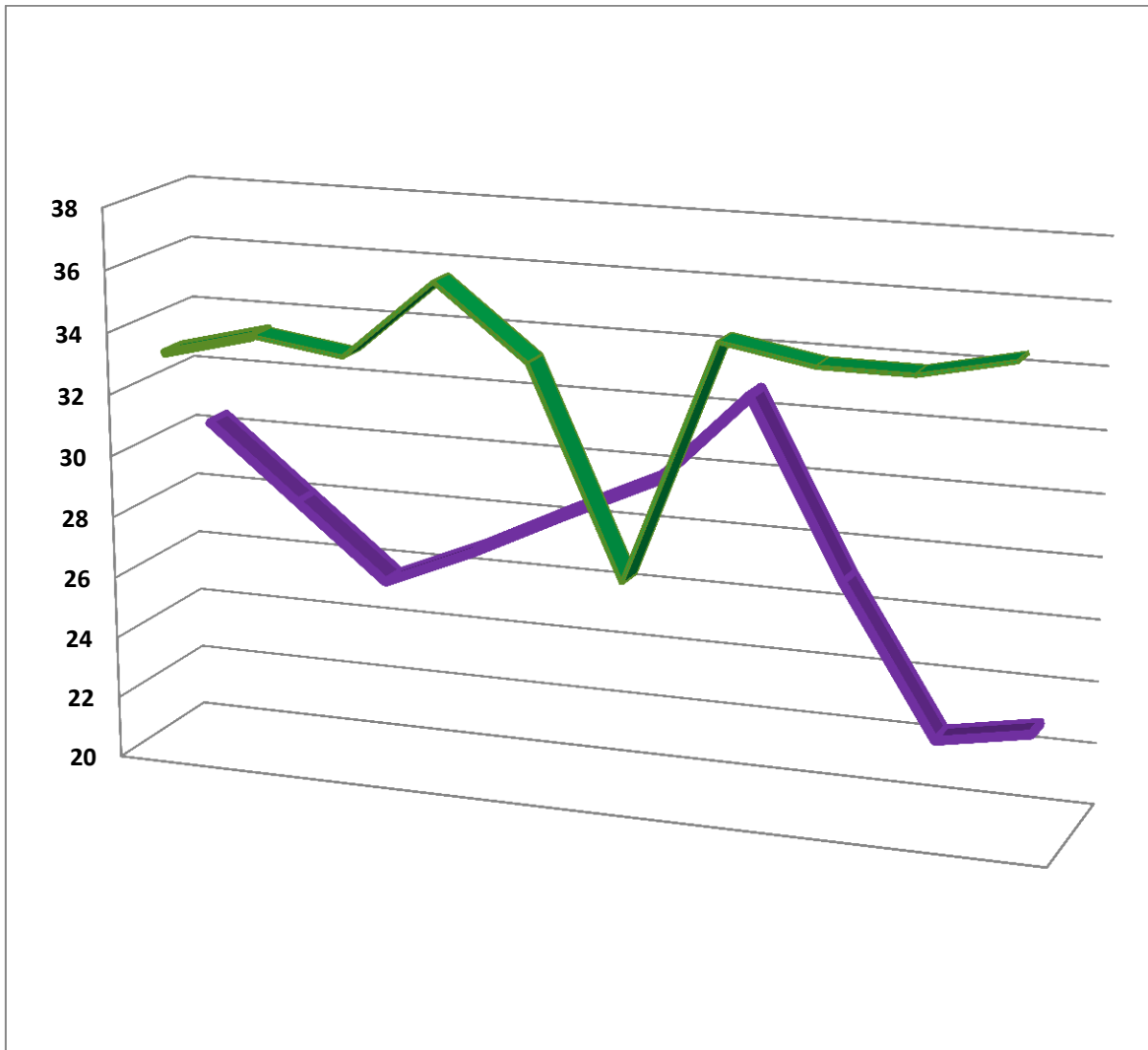
Las diferencias que se observan en valor negativo son aquellas donde la concentración de Ca fue mayor en las muestras testigo.



■ Muestra tratada ■ Muestra testigo

Figura 37. Concentración de Ca en porcentaje en cortes de esmalte de órganos dentarios temporales tratados con CPP-ACP. Fuente Directa

La mayoría de las muestras obtenidas mostraron una concentración de Ca más elevada que las testigos.



■ Cortes de órganos dentarios permanente
■ Cortes de órganos dentarios temporales

Figura 38. Concentración de Ca en porcentaje de las muestras de cortes de esmalte de órganos dentarios permanentes y temporales tratados con CPP – ACP. Fuente Directa.

Las muestras tratadas permanentes presentaron una mayor concentración de Ca que las temporales.

10 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El propósito de este estudio experimental, longitudinal, transversal e *in vitro* fue la evaluación de la aplicación de Fosfato de Calcio Amorfo - Fosfopéptido de Caseína (CPP-ACP) en cortes de esmalte de órganos dentarios temporales y permanentes por medio de la cuantificación de Ca por medio de la técnica de Espectrofotometría de Absorción Atómica (EAA). En este trabajo se encontró que la concentración Ca en muestras tratadas con un remineralizante se incremento.

El CCP-ACP es un remineralizante de uso muy amplio, que suele ser adicionado a varios productos. El mecanismo de anticariogenicidad del Fosfato de Calcio Amorfo - Fosfopéptido de Caseína (CPP-ACP), se explica por su adherencia a la placa dental en áreas donde los dientes tienen cierto grado de desmineralización de esmalte, provocando así, un estado de sobresaturación de Ca.³⁵

En principio inhibe la desmineralización del esmalte y la dentina, además, los derivados de caseína también promueven la remineralización dental y por lo tanto la regresión de lesiones cariosas tempranas.³⁷

La evaluación de los materiales remineralizantes es importante ya que en el proceso carioso, el esmalte dental se encuentra en constante cambio de desmineralización y remineralización; la saliva controla el equilibrio entre el aumento y la pérdida de minerales en el medio bucal.¹⁷

El 99% de la saliva es agua mientras que el 1% restante está constituido por moléculas orgánicas e inorgánicas. Una de las funciones más importantes de la saliva es su capacidad buffer. Dawes estableció un modelo de eliminación de los azúcares basado en el conocimiento de dos factores: el flujo salival no estimulado y el volumen de saliva antes y después de tragar el alimento.⁴⁵

Gispert y Col., observaron que un área desmineralizada o hipomineralizada al contacto con la saliva tiende a desaparecer a medida que transcurre el tiempo. Asimismo Edgar y col., señalaron que la saliva puede fomentar la remineralización

e inhibir la desmineralización. Sus estudios realizados en Inglaterra, mostraron que cuando se mastica chicle para estimular la saliva después del consumo de carbohidratos, se neutraliza la producción de ácido de la placa y se remineralizan las lesiones incipientes en el esmalte.⁴⁶

Por otra parte Reynolds informa que la saliva humana contiene bajos niveles de fosfoproteínas, entre ellas la estaterina cuya función principal es la estabilización del compuesto CPP – ACP. Además, también tiene la propiedad de ser antibacteriana y antifúngica ; por ello los fosfopéptidos derivados de la caseína (CPP) poseen varias de las propiedades bioquímicas de la estaterina, que inhibe tanto la precipitación como el crecimiento de cristales de fosfato de Ca, posee fuerte afinidad al esmalte y a otras superficies de apatita.⁴⁷

En este trabajo se observó que las muestras del grupo testigo también incrementaron la concentración de Ca, lo cual se explica por el hecho de que fueron tratadas diariamente con saliva artificial, la cual es rica en sales minerales.⁴⁸

Así la mayoría de estudios realizados en laboratorios con animales, e in situ de sujetos humanos, se ha demostrado cierta evidencia en la efectividad del uso de CPP-ACP a corto y largo plazo y se asume que el esmalte remineralizado es relativamente más resistente a los ácidos que el esmalte dental normal, lo que ofrece un efecto preventivo de caries.^{34,49}

No obstante otros clínicos como Lata y Col., Señalaron que el CPP-ACP es eficaz, pero en menor medida que el fluoruro en la remineralización de caries de esmalte y que la combinación de fluoruro y CPP-ACP no presenta mayor potencial de remineralización que el fluoruro solo.⁵⁰

La relevancia de este trabajo radica en la evaluación de la concentración de Ca de las muestras *in vitro* con una técnica alterna a la microscopia electrónica de barrido utilizada estudios anteriores, es decir, la espectrofotometría de absorción

atómica, con el objetivo de evaluar la acción remineralizante del CPP-ACP.

Un estudio previo realizado en esta facultad, informó que la técnica de espectrofotometría de absorción atómica, de análisis químico por el método de horno de grafito, es más sensible y tiene mejores límites de detección, por lo mismo se cuantifica mejor la concentración de Ca que pudieran contener las muestras.⁵¹

Los resultados de este trabajo mostraron una tendencia a que las muestras tratadas con el remineralizante (CCP-ACP) incrementaron su lo que concuerda con lo que Simeone S. y Col., reportaron en su investigación sobre los usos y efectos del CCP-ACP para el cuidado bucal.⁵²

La trascendencia del proyecto se basa comprobar en los beneficios que han sido destacados del CPP-ACP, con la finalidad de conocer más sobre su acción en la prevención oral y las ventajas para su implementación a los planes de salud pública de la práctica odontológica.

CONCLUSIONES

- Se observó una mayor concentración de Ca en las muestras tratadas con la sustancia remineralizante CPP – ACP.
- La concentración de Ca es mayor en los cortes de esmalte de órganos dentarios permanentes que en los de temporales.
- Al comparar el grupo tratado con el testigo, se observó que las muestras de cortes de esmalte de órganos dentarios temporales absorben más Ca que las muestras de cortes de esmalte de órganos dentarios permanentes.
- Se observó que el método de espectrofotometría de absorción atómica permite evaluar la eficacia de un remineralizante dental.

PROPUESTAS

- Aumentar el número de muestra en estudios posteriores.
- Realizar Estudios Clínicos
- Utilizar otras variables que sirvan para resolver nuevas preguntas que surgieron a raíz de esta investigación como ¿que tanto influyen las diferencias histológicas de los órganos dentarios? O si ¿los resultados tendrán variación significativa si en lugar de utilizar saliva artificial se utiliza saliva humana?
- Hacer también una comparación del estudio utilizando otras técnicas alternativas.
- Realizar otra investigación donde además de CPP – ACP se comparen distintas sustancias remineralizantes.
- Siguiendo esta misma línea de investigación realizar el estudio *In vivo*

REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS

1. Gutiérrez E., Iglesias P. Técnicas de Ayuda Odontológicas Estomatológicas. EDITEX. Madrid: 2009. p. 86
2. Gutiérrez M. Estudio comparativo de la estructura, composición química y propiedades mecánicas del esmalte dental en sujetos de alto riesgo y sujetos libres de caries [Tesis doctoral] México D. F: Universidad Nacional Autónoma de México; 2002
3. Rivera G, Martínez J, Hernández E. Caries dental e higiene bucal en adolescentes. Rev ADM 2006; 52(6):231-234.
4. Barrancos MJ, Barrancos P, Operatoria dental: Integración Clínica 4ª ed. Buenos Aires, Médica Panamericana 2006 p. 308- 313
5. Whitehouse JA, Odontología mínimamente invasiva-aplicaciones clínicas. Revista de mínima intervención en odontología. 2009. 2(1): 184-192
6. Gómez de Ferraris Ma.E. Histología, Embriología e Ingeniería Tisular Bucodental 3º Edición 2009 Editorial Médica Panamericana. p 274-350.
7. Portilla J, Pinzón ME, Huerta ER, Obregón A, Conceptos actuales e investigaciones futuras en el tratamiento de la caries dental y control de la placa bacteriana. Revista Odontológica Mexicana. 2010; 14(4): 218-225
8. Koenigswald, W. & Clemens, W “Levels of complexity in the microstructure of mammalian enamel, and their application in studies of systematics” Scanning Microscopy 6: 195-218.
9. Koenigswald, W. & Sander, P Glossary of terms used for enamel microstructures en: Tooth enamel microstructure, Koenigswald, W. & Sander, P. (eds.), Ed. Balkema, Rotterdam, p. 267-297.
10. Bhaskar SN, Histología y Embriología Bucal de Orban Buenos Aires, Ed. El Ateneo, 9ª ed .p 49-115
11. Ten Cate, A, Histología oral. Desarrollo, estructura y función. Buenos Aires, Ed. Médica Panamericana 2º ed. p 252-273
12. Abramovich, A Histología y embriología dentaria Buenos Aires. Ed. Médica Panamericana. 2º ed. p 118-152

13. Berkovitz BKB, Holland GR, Moxham BJ. Atlas en color y texto de Anatomía Oral. Histología y Embriología. Madrid, Mosby/Doyma Libros, 2ª ed. p 112-123
14. Gutiérrez E, Iglesias P. Técnicas de Ayuda Odontológicas Estomatológicas. EDITEX. Madrid: 2009. p. 86
15. Negroni M. Microbiología Estomatológica. Medica Panamericana. México: 2009. p. 249
16. López A. Efecto erosivo valorado a través de la microdureza superficial del esmalte dentario, producido por tres bebidas industrializadas de alto consumo en la ciudad de Lima. Estudio in vitro. [base de datos en internet]Lima; 2002, biblioteca.universia.net [actualizada junio 2010; acceso 02 de noviembre 2010.
17. Monterde M, Delgado J, Guzmán C, et al. Desmineralización-remineralización del esmalte dental. ADM 2002; 59 (6): 220-222
18. Adriano K, Caries Dental. Odontología online Septiembre 1, 2009 blogsdelagente.com/odontologiaonline/tag/desmineralización/
19. Clemente A, García JA, Greco M, et al; Análisis Semicuantitativo del calcio y fósforo en el esmalte y la dentina, 2002, Barcelona, España, 10 (2), 2002: 14-19
20. En worldlingo. Esmalte de diente [sede Web] worldlingo.com; 2007-[acceso 25 de noviembre de 2010]. Disponible en: <http://www.worldlingo.com>
21. Valicena M, Escalona LA. Manejo Terapéutico del paciente con Xerostomía. Acta odontológica venezolana.2001. 39(1): 70-79.
22. Franco D. Pérdida de calcio en esmalte de dentición mixta por exposición in vitro a bebida carbonatada ácida [Tesis doctoral] Lima-Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2008
23. Amerise C, Delgado AM, Meheris H, et al. Análisis morfoestructural con microscopía óptica y electrónica de transmisión del esmalte dentario humano en superficies oclusales, Acta odontológica.2002. 40(1) 13-14
24. Duque J, Pérez JA. Técnicas actuales utilizadas en el tratamiento de la caries dental Revista Cubana Estomatología 2006; 43(2):31-33

25. Rainey JT. Air abrasion: an emerging standard of care in conservative operative dentistry. *Dent Clin North Am* 2002; 46: 185-209.
26. California Dental Association – Xylitol Spanish [online]. Disponible en: URL: http://www.cda.org/popup/Xylitol_Spanish.
27. Söderling EM. Xylitol, Mutans Streptococci and dental plaque. *Adv. Dent. Res* 2009; 21: 74-78.
28. Lou YL, Botelho MG. Reacción de fluoruro de plata diamina con hidroxiapatita y proteínas. *Revista de odontología*. 2011; 39: 612-618.
29. Vargas R, Cecilia M, Nivel de conocimiento sobre prevención en salud bucal en gestantes del Hospital Nacional Daniel A. Carrión en el año 2002. http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/tesis/salud/rodriguez_v_m/cap2-1.htm
30. Díez C.C.; Flúor y Caries; Madrid España; Ed. Vision Net 2005: p 23-38
31. Cárdenas D, Fundamentos de odontología. *Odontología Pediátrica*. Tercera edición. Corporación para Investigaciones Biológicas. Medellín 2003: 159.
32. Manton D. CPP-ACP Current Research and Clinical Application. Abstrac for presentation at The 18th Royal Australasian College of Dental Surgeons Convocation 2006.
33. Walsh JL. Tooth Mousse. DPR Asia (GC Asia); 2007. Documentos de trabajo.
34. Lijima Y, Cai F, Shen P, Walker G, Reynolds C, Reynolds EC. Acid Resistance of Enamel Subsurface Lesions Remineralized by sugar Free chewing Gum Containing Casein Phosphopeptide – Amorphous Calcium Phosphate. *Caries Res* 2004; 38 (6): 551-556.
35. Oshiro M, Yamaguchi k, Tazamizawa T, Inage H, Watanabe T, Irowaka A, Ando S, Miyazaki M. Effect of CCP – ACP paste on tooth mineralization. An FE-SEM study. *J Oral Sci* 2007; 49(2): 115-120.
36. Yamaguchi K, Miyazaki M, Tazamizawa T, Inage H, Moore K. Effect of CCP-ACP paste on mechanical properties of bovine enamel as determined by an ultrasonic device. *J Dent* 2006; 34: 230-236.
37. Moule CA, Angelis F, Kim GH, Malipatil S, Foo MS, Burrow MF, Thomas D.

- Resin bonding using an all-etch or self-etch adhesive to enamel after cabamide peroxide and/or CPP-ACP treatment. *Aust Dent J* 2007; 52 (2): 133-137.
38. Aguirre P, Ayala G, Barreda O, Berrocal C, et. al. Uso de los fluoruros y de los derivados de la caseína en los Procedimientos de Remineralización. Universidad Nacional Mayor De San Marcos. Lima 2010
39. Grágeda M, Montesinos S, Aplicaciones De Microscopia Electronica De Barrido (SEM) Facultad de ciencias físicas y matemáticas, Universidad de Chile.
<http://cabierta.uchile.cl/revista/articulos/pdf/edu3.pdf>
40. Anderson R, Mascorro J, Anderson D. Diseño por microscopia en instrumentación analítica. 2002 (10) 6.
41. Havey D. Atomic Absorption sSctroscopy. *Modern Analytical Cehmistry*. Mc. Fraw Hill, 2000. USA. p. 412-418.
42. Quino M, Rodríguez L. Espectroscopia de Absorción Atómica, Instrumento de laboratorio. Perú 2010. p. 14-15
43. González D, Varea R. Apuntes de espectroscopia, Material para Laboratorio. AUXILAB, S. L; p 21-22
44. Diario de la Federación. Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-013-SSA2-1994, Para la prevención y control de enfermedades bucodentales, [online] enero 1995, [acceso octubre 2010] Disponible en: <http://www.issste-cmn20n.gob.mx/datos/Normas/NOM-013-SSA2-1994.pdf>
45. Llena PC. The rôle of saliva in maintaining oral health and as an aid to diagnosis. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2006; 11:E449-55.
46. Walsh LJ. Aspectos clínicos de biología salival para el Clínico Dental. *Int Dent S Afric* 2007; 9:22-41.
47. Reynolds EC, Cai F, Cochrane NJ, Shen P, Walker GD, Morgan MV, Reynolds C. Fluoride and casein Phosphopeptide-amorphos calcium phosphate. *J Dent Res* 2008; 87: 344-8.
48. Reynolds EC. Anticariogenic complexes of amorphous calcium phosphate stabilized by casein phosphopeptides: a review. *Spec Care Dentist* 1998;

18: 8-16.

49. Cai F, Manton DJ, Shen P, Walker GD, Cross KJ, Yuan Y, Reynolds C, Reynolds EC. Effect of addition of citric acid and casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate to a sugar free chewing gum on enamel remineralization in-situ. *Caries Res* 2007; 41:377-83
50. Lata S, Varghese. Remineralization potential of fluoride and amorphous calcium phosphate-casein phosphor peptide on enamel lesions: An *in vitro* comparative evaluation. *J Conserv Dent*. 2010 Jan-Mar; 13(1): 42–46.
51. De la Cruz D, Camacho E, Castillo L, Cervantes A, Sánchez C. Resistencia al ataque ácido en esmalte dental humano antes y después de la aplicación tópica de tres agentes fluorados. *Revista ADM*. 2001; 58(1): 31-35.
52. Simeone S. Usos y efectos del fosfato de calcio amorfo (FCA) en la odontología restauradora y preventiva, *Acta Odontológica Venezolana*. 2010. 48(3). p. 28

GLOSARIO

- ***Absorbancia (A).**- Es la cantidad de intensidad de luz que absorbe una muestra.
- ***Amelogeninas.**- Proteína hidrofóbica producida durante el desarrollo del esmalte. Equivale al 90% de las proteínas del esmalte desarrollado.
- ***Calcio (Ca).**- Es un elemento químico, además de su función en la construcción de huesos y dientes, también tiene funciones metabólicas.
- ***Calcosferitas.**- Son focos de osificación.
- ***Concentración ([]).**- Es la proporción o relación que hay entre la cantidad de soluto y la cantidad de disolvente.
- ***Condrotin.**- Un glucosaminoglucano compuesto por una cadena de disacáridos.
- ***Diazonas.**- Zona oscura que se alterna con la banda blanca o parazona, que se observa cuando se realizan cortes transversales de los prismas de esmalte.
- ***Difusibilidad.**- Es un proceso de movimiento molecular.
- ***Ectomesenquimático.**- Procede de la cresta neutral, implicada en la formación de tejidos duros y blandos de cabeza y cuello.
- ***Glucosaminoglucano(GAG).**- Largas cadenas de polisacáridos no ramificadas.
- ***Glicosilada (Glicolisis).**- Vía metabólica encargada de oxidar la glucosa y transformarla en piruvato.
- ***GPa.**- Gigapascal. El pascal (símbolo Pa) es la unidad de presión del Sistema Internacional de Unidades. Se define como la presión que ejerce una fuerza de 1 newton sobre una superficie de 1 metro cuadrado normal a la misma.
- ***Ion.**- Partícula que se forma cuando un átomo neutro o un grupo de átomos ganan o pierden uno o más electrones.
- ***kDa.**- Unidad de masa atómica, también denominada uma, o Dalton. Equivale a

una doceava parte de la masa del núcleo del isótopo más abundante del carbono: el carbono-12.

***Lactoferrina.**- Proteína con afinidad por los iones hierro, tiene propiedades antimicrobianas, por lo que considerada un componente de la inmunidad innata.

***Mínima intervención (MI).**- Tiene como fin el respeto de la salud, la función y la estética de los tejidos orales preservando la mayor cantidad de la estructura biológica.

***nm.**- Nanómetro es la unidad de longitud que equivale a una milmillonésima parte de un metro. Se utiliza para medir la longitud de onda de la radiación ultravioleta, radiación infrarroja y la luz.

***Nanoclusters.**- Es un término inglés, la traducción es racimo, conjunto, grupo o cúmulo.

***Oxitalan.**- Fibra del tejido conectivo presente en el ligamento periodontal.

***Parazona.**- Aspecto normal del esmalte; es decir, que sus prismas aparecen cortados longitudinalmente cuando se observa un corte paralelo a la superficie exterior del esmalte, sobre todo, a la altura de la cara oclusal de un molar. Contrario a las diazonas.

***Partes por millón (ppm).**- Es una unidad de medida de concentración. Se refiere a la cantidad de unidades de la sustancia que hay por cada millón de unidades del conjunto.

***Periquimatias.** Según Preistrk (1895) no son más que los rodetes que pueden observarse mediante una lupa en el esmalte de la corona de los dientes permanentes. Son más visibles en las proximidades del cuello. Son estructuras que se consideran vinculadas a la presencia y desarrollo de las estrías de Retzius.

***Poison.**-Veneno

***Prolina.**- Uno de los aminoácidos que forman las proteínas de los seres vivos.

***Remineralizante.**- Sustancia que restaura los elementos minerales necesarios para un buen funcionamiento del órgano dentario.

***Tropocolageno.**- Unidad fundamental de las fibrillas de colágeno.