



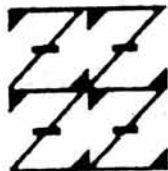
**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA**

**ESTUDIO DE LA ESTRUCTURA Y COMPOSICION QUIMICA
DE LOS TEJIDOS DE CONTACTO DE LA DENTINA Y ESMALTE
EN LA UNION AMELODENTINARIA POR MICROSCOPIA DE
LUZ Y MICROSCOPIA ELECTRONICA DE BARRIDO.**

T E S I S
QUE PRESENTA:
ANTONIO GONZALEZ VAZQUEZ
PARA OBTENER EL TITULO DE:
CIRUJANO DENTISTA

**U N A M
F E S
Z A R A G O Z A**



**LO NUMERO 121
DE NUESTRA COLECCION**

**DIRECTOR DE TESIS: DR. JOSE REYES GASGA
ASESOR DE TESIS: C.D. WILLEBALDO MORENO MENDEZ**

MEXICO, D. F.

FEBRERO 2004



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto de Física de la UNAM por aceptarme como estudiante asociado, por abrirme las puertas a los laboratorios de Microscopía de luz y Microscopía electrónica de Barrido, por todo el apoyo de los recursos materiales y humanos en la realización de este trabajo.

Al Dr. en Física José Reyes Gasga, le agradezco por su puntualidad y certeza en la dirección y supervisión, indispensable para la realización de este trabajo de tesis, además, quiero expresarle mi gratitud por sus enseñanzas sabias, por la guía y apoyo que me ha brindado durante todo este tiempo. Gracias por su atención en incluirme en lista de recursos financieros y darme la oportunidad de haber participado al VI congreso interamericano de Microscopía Electrónica en Veracruz como estudiante asociado.

Al C. Pedro Mexía, probablemente no logre expresar de manera precisa lo agradecido por sus enseñanzas, por su asesoramiento durante las sesiones de aprendizaje en el microscopio, por su paciencia y por sus consejos para la realización de este trabajo, gracias por su ayuda y confianza, eso es todo Pedro, gracias.

Al C. Carlos Flores, gracias por capacitarme, por su paciencia al mostrarme la manera de preparar muestras, sin olvidar su apoyo en el manejo de sustancias químicas y por su experiencia en la fotografía, gracias por todo el apoyo y solidaridad.

A la C. Jackeline Cañetas, por su energía y entusiasmo en la colaboración y realización de imágenes tomadas por el MEB como resultados en este trabajo de tesis.

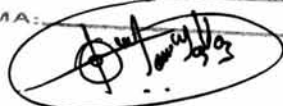
Al C. Ivan Puentes, por su apoyo en el soporte técnico en los laboratorios de Microscopía Electrónica de Barrido en el Instituto de Química por el análisis y "mapeo" químico.

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Antonio González
Vázquez

FECHA: 10 FEBRERO 2004

FIRMA:



Al Ing. Samuel tehuacanero, por su enseñanza en la digitalización de imágenes, sus comentarios y su entusiasmo en la presentación de resultados de este trabajo.

A la Dra. Olga Echeverría, por sus comentarios en la técnica de preparación de muestras utilizada en este trabajo.

Por su apoyo en la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza de la UNAM, Al C.D. Willebaldo Méndes, gracias por su empeño, entusiasmo y colaboración como asesor en la realización de este trabajo de tesis.

A la C.D. Carmen L. González, por encausar y confiar en mí para la realización de este trabajo, gracias.

Al C.D. Oscar Fierro, por ser la persona idónea que contribuyo importantemente en el arreglo gramatical del contenido del trabajo escrito y por sus observaciones, gracias.

Al C.D. Francisco Genís, por su buena vibra en su participación y comprensión en la culminación de este proceso de tesis.

Por el alentarme y preocuparse por bienestar en el desarrollo de este trabajo, a mi esposa Gaby, a mi niño mayor Antonio, a Salmíta y Alexa por ser fuente de amor y cariño.

A mis papás, hermanos y hermanas, gracias por su cooperación y afecto. González P. R, Vázquez F. A.

A la C.D. Ivet M. Gil CH. y C.D. Ana G. Rodríguez H., por colaborar y aportar de sus conocimientos en la preparación de muestras originalmente en sus trabajos de tesis, muchas gracias.

A María Luisa Araujo, secretaria del departamento de Física teórica del IFUNAM, quién hizo posible el que su servidor sea considerado como estudiante asociado del mismo instituto.

Í N D I C E

INTRODUCCIÓN.....	01
JUSTIFICACIÓN	02
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	03
CAPÍTULO I	
COMPONENTES DE LA UNIÓN	
AMELODENTINARIA	
<i>UNIÓN AMELODENTINARIA</i>	<i>04</i>
<i>Desarrollo de la unión amelodentinaria.....</i>	<i>05</i>
<i>EMBRIOLOGÍA DENTARIA</i>	<i>06</i>
<i>Estadio de brote o yema dentaria.....</i>	<i>07</i>
<i>Estadio de casquete</i>	<i>08</i>
<i>Estadio de campana.....</i>	<i>10</i>
<i>Estadio de folículo dentario (apositional).....</i>	<i>13</i>
DENTINA	15
COMPOSICIÓN QUÍMICA.....	15
ESTRUCTURA	16
Contenido de los túbulos dentinarios.....	18

<i>Líneas incrementales o de crecimiento</i>	19
<i>Líneas o bandas dentinarias de Schreger</i>	20
DENTINOGENÉESIS	20
<i>Ciclo vital de los odontoblastos</i>	21
<i>Formación de la dentina de manto</i>	22
<i>Formación de la dentina circumpulpar</i>	22
CLASIFICACIÓN HISTOGENÉTICA	23
<i>Dentina primaria</i>	23
<i>Dentina secundaria</i>	24
<i>Dentina terciaria</i>	24
HISTOFISIOLOGÍA	26
<i>Actividad mecánica</i>	26
<i>Actividad defensiva</i>	26
<i>Dentina translúcida</i>	27
<i>Dentina opaca</i>	27
<i>Actividad sensitiva</i>	27
ESMALTE	28
PROPIEDADES FÍSICAS	29
COMPOSICIÓN QUÍMICA	30
ESTRUCTURA	32
<i>Estrías de Retzius</i>	35
<i>Penachos de Linderer</i>	37

<i>Banda de Hunter-Schreger</i>	38
<i>Periquimatías y líneas de imbricación de Pickeril</i>	40
AMELOGÉNESIS	40
<i>Ciclo vital de los ameloblastos</i>	41
HISTOFISIOLOGÍA.....	46

CAPÍTULO II

TÉCNICAS DE MICROSCOPIA.....	47
MICROSCOPIA LUZ.....	46
<i>Sistema de iluminación</i>	49
<i>Sistema óptico</i>	50
<i>Sistema mecánico</i>	50
TECNICAS PARA MICROSCOPIA DE LUZ.....	51
<i>Campo claro</i>	51
<i>Contraste de fase</i>	52
<i>Campo oscuro</i>	53
MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO (MEB).....	54
<i>Interacción haz electrónico-muestra</i>	58
RAYOS X CARACTERÍSTICOS	61
OBJETIVOS.....	64
HIPÓTESIS.....	64

CAPÍTULO III

	pag.
METODOLOGÍA.....	65
POBLACIÓN DE ESTUDIO.....	65
CRITERIOS DE SELECCIÓN (inclusión, exclusión y eliminación).....	65
VARIABLES.....	65
<i>ESPECÍMENES PARA LA OBTENCIÓN DE LAS MUESTRAS.....</i>	
<i>PROCEDIMIENTO.....</i>	<i>65</i>
<i>Fijación</i>	<i>67</i>
<i>Corte del espécimen.....</i>	<i>67</i>
<i>Pulido a espejo.....</i>	<i>68</i>
<i>"Ataque" químico.....</i>	<i>68</i>
<i>Observación al microscopio.....</i>	<i>68</i>
<i>Análisis y "mapeo" químico.....</i>	<i>69</i>
<i>Proceso fotográfico</i>	<i>70</i>
RECURSOS.....	71

CAPÍTULO IV

R E S U L T A D O S	73
<i>MICROSCOPIA DE LUZ</i>	73
<i>MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO</i>	87
<i>ANÁLISIS QUÍMICO POR EDS</i>	111

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN.....	121
C O N C L U S I O N E S	126
PERSPECTIVAS	126
BIBLIOGRAFÍA	127

INTRODUCCIÓN

Actualmente el microscopio electrónico es familiar a la mayoría de los investigadores dedicados a las ciencias físicas y biológicas puesto que se ha convertido en una herramienta fundamental dentro de la investigación, principalmente en el estudio de las estructuras de materiales inorgánicos y tejidos orgánicos (1).

El comprender cómo la carga es transferida del esmalte a la dentina durante el proceso masticatorio y cómo estos dos tejidos funcionan como una sola unidad mecánica durante la masticación, requiere de estudios de microestructuras relacionadas con la unión amelodentinaria (2). El presente trabajo de tesis representa la continuidad en la investigación que sobre la estructura, propiedades y composición química de la unión amelodentinaria en los órganos dentales humanos se refiere, ya que de tiempo atrás se han realizado en el Instituto de Física de la UNAM estudios de los materiales que conforman la estructura unión esmalte-dentina (3,4).

El estudio de la unión amelodentinaria por microscopía de luz y microscopía electrónica de barrido ha dado como resultado un mayor conocimiento de la distribución de las estructuras que forman esta interfase amelodentinaria.

La unión amelodentinaria está compuesta por una variedad de fibras y espacios por donde se transportan líquidos de los tejidos orgánicos (5). Este arreglo es responsable de las propiedades estructurales que se observan en el esmalte: "penachos, husos, laminillas", entre otras. dentro de las más conocidas (6,7). El estudio de la mecánica del esmalte en función con la dentina es uno de los objetivos de este trabajo de tesis.

Se sabe que la unión amelodentinaria es la superficie que conjunta la dureza con la vitalidad de un órgano dental, y su comportamiento a lo largo de toda su extensión no ha sido completamente definido. Considerando que la estructura y composición química de un cuerpo

influyen directamente en las propiedades que presenta, en este trabajo nos enfocamos al estudio de estos aspectos. En un intento por conocer el mayor número de elementos que permitan la descripción completa de los componentes orgánicos e inorgánicos se encontró la necesidad de hacer un estudio detallado de la estructura, composición química y propiedades de la unión esmalte-dentina. Antes de iniciar la presentación de este trabajo describiremos los motivos principales que le dieron origen así como su justificación, objetivos a alcanzar y las hipótesis a comprobar. La presentación escrita de este trabajo de tesis se ha dividido en cinco capítulos. En el primer capítulo abordamos los componentes principales que conforman la unión amelodentinaria, en el segundo capítulo se habla de las técnicas de estudio utilizadas en la metodología que es el capítulo tres, continuando con los resultados en el capítulo cuatro, discusión y conclusiones en el capítulo cinco. Además de explicar la ubicación del mismo dentro del proceso de aprendizaje de las propiedades de la unión esmalte-dentina por medio del planteamiento del problema y la justificación del mismo, éstos son los temas que inician la presentación.

JUSTIFICACIÓN

La unión amelodentinaria es la estructura que se ubica entre el esmalte y la dentina en el interior del órgano dental. Los odontólogos de cualquier especialidad tratamos necesariamente con estos tejidos duros diariamente, por lo que es necesario lograr un conocimiento exhaustivo de su estructura y composición química para así poder comprender el funcionamiento y determinar cuál puede ser su comportamiento ante los diferentes factores de riesgo a los que se expone diariamente.

La unión amelodentinaria representa la frontera entre dos materiales que, aunque están compuestos por los mismos elementos, presentan propiedades diferentes. El esmalte es el tejido inorgánico más duro del cuerpo humano y la dentina le aporta la vitalidad junto con el tejido pulpar.

Por lo tanto, el estudio de la unión amelodentinaria es de crucial importancia ya que representa la forma natural en que dos tejidos (materiales) con diferentes propiedades se unen para dar consistencia y funcionalidad al sistema masticatorio. De aquí que cualquier tipo de análisis sobre la unión amelodentinaria o cualquier otro componente del órgano dental, se justifique por sí solo.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Tanto la dentina como el esmalte se han descrito en la literatura, y, aunque la unión amelodentinaria y el arreglo estructural de estos tejidos en su unión también han sido descritos, su información no es tan vasta como la de las dos estructuras antes mencionadas.

El análisis estructural de la unión amelodentinaria requiere de un estudio completo. En estudios anteriores sobre este tema se observó que la estructura de la unión amelodentinaria en el ámbito del microscopio se presenta como una zona lisa y festoneada entre el esmalte y la dentina. Se observó que la estructura proveniente de la dentina es más densa y fibrosa mientras que la región cercana al esmalte presenta gran número de huecos y, al mismo tiempo, lo compacto de su estructura inorgánica, es decir menos denso y fibroso.

Entonces surgen una serie de preguntas como: 1 ¿Qué tan denso o fibroso es el material orgánico que muestra la estructura de la dentina?; 2 ¿Lo compacto en la estructura física que describe el esmalte es por la función y composición química que posee?, 3: ¿La estructura y composición química de los tejidos de contacto del esmalte y la dentina en su unión son diferentes? y 4 ¿La estructura de la unión amelodentinaria cómo contribuye en el proceso de crecimiento y desarrollo de ambos tejidos?

Con este trabajo intentaremos responder a las preguntas y los resultados obtenidos permitirán lograr en un futuro cercano la descripción completa

de la estructura, composición química y propiedades mecánicas de la unión amelodentinaria.

Al mencionar a las estructuras de éstos tejidos, esmalte y dentina, en su unión se refiere que las estructuras las observamos a nivel micrométrico.

CAPÍTULO I

COMPONENTES DE LA UNIÓN AMELODENTINARIA

UNIÓN AMELODENTINARIA

Sólo mediante la observación ordenada de su crecimiento y desarrollo puede conocerse la historia de cualquier estructura u órgano. Muchas fases del desarrollo de los órganos o estructuras son transitorias y, a no ser que se haga una cuidadosa observación o, muchas veces, un estudio experimental, pueden pasar inadvertidas esas fases transitorias (8).

En el ser humano, además de la masticación, los dientes desempeñan otras funciones. Los dientes también afectan las dimensiones y expresión de la cara, cuya apariencia puede ser modificada de forma desagradable por la pérdida de una pieza dentaria o por cualquier irregularidad en su crecimiento y coloración.

Los dientes están formados por una parte interna inmersa en el maxilar. La capa más externa de la corona está compuesta por un tejido calcificado que recibe el nombre de esmalte, el componente más duro del organismo. Por dentro del esmalte se halla la dentina, un tejido de tipo óseo que se extiende desde la superficie más interna del esmalte y penetra en el maxilar para formar la raíz. La dentina de la raíz está cubierta por una capa delgada de un tejido duro denominado cemento (9).

En la consulta diaria, el odontólogo trabaja necesariamente con los tejidos del esmalte y la dentina, siendo ésta la razón por la cual es necesario ampliar el conocimiento de su estructura y composición química de forma completa (3,10).

De acuerdo con algunos estudios estructurales y químicos de la unión amelodentinaria se llegó a la conclusión de que esta estructura forma parte de la comunicación entre el tejido inorgánico y el orgánico (11,12). Esto representa interés en la investigación odontológica debido a que una de las labores del odontólogo es restaurar los órganos dentales deteriorados y, en muchos tratamientos protésicos y de saneamiento es necesario desgastar el grosor del esmalte, aproximándonos a la unión con la dentina. Entonces si existe una diferencia entre la estructura y la composición química del esmalte respecto a la dentina en la unión, es importante y útil determinar cuál es esa diferencia y qué problemas nos puede presentar. Además de existir esta diferencia los materiales de restauración que funcionan muy bien para ambas superficies, pudieran no ser adecuados para las zonas cercanas a la unión amelodentinaria (13).

En el presente capítulo detallaremos las estructuras presentes tanto en el esmalte como en la dentina, poniendo mayor interés en aquellos procesos que dan lugar a la zona de contacto entre éstos, llamada unión amelodentinaria.

Desarrollo de la unión amelodentinaria

La membrana basal interpuesta entre la superficie interna del órgano del esmalte y la zona externa de la papila dentaria, es decir, entre los ameloblastos y los odontoblastos, es la que determina la futura unión amelodentinaria. Debido a que los tejidos adyacentes que se forman son altamente mineralizados, la relación entre ambos es inmodificable. En algunos sitios dicha membrana basal puede presentar soluciones de continuidad por donde se ubican las prolongaciones de los odontoblastos, y que en el esmalte se conocen como procesos odontoblásticos remanentes (5, 7, 8 y 10).

Es importante destacar que la primera laminilla de dentina precede a la formación de la primera laminilla del esmalte, y se forma cuando el folículo dental ha alcanzado el estado de campana como un espesamiento de la membrana basal, llamada también membrana preformativa.

Hasta ese momento la futura unión amelodentinaria se presenta continua y bastante regular en lo referente a su espesor. Después de la primera laminilla de dentina que se ha formado, ya no resulta posible un contacto directo entre odontoblastos y ameloblastos.

La unión amelodentinaria, al ser observada por microscopía de luz, es lisa y presenta ondulaciones festoneadas. Estas características están determinadas por la membrana basal en los estadios tempranos de desarrollo. Las irregularidades microscópicas de la unión participan en la interdigitación del esmalte con la dentina. Las fibras recién formadas en la periferia de la papila dentaria estarán formando parte de la dentina, por lo que no existe estructura alguna entre dentina y esmalte mineralizado (10).

La unión amelodentinaria constituye un nivel estructural decisivo para asegurar la retención firme del esmalte con la dentina. La nitidez de esta línea oscura festoneada en los cortes por desgaste se debe a la diferente naturaleza embrionaria del esmalte y dentina.

El origen de la unión amelodentinaria se establece en los primeros estadios de la morfogénesis dentaria y señala la ubicación de la membrana basal, existente entre odontoblastos y ameloblastos antes de que comiencen los respectivos mecanismos de mineralización (7,10).

EMBRIOLOGÍA DENTARIA (ODONTOGÉNESIS)

Los dientes se desarrollan a partir de brotes epiteliales que, normalmente, empiezan a formarse en la porción anterior de los maxilares y luego avanzan en dirección posterior. Las dos capas germinativas que participan en la formación de los dientes son: el epitelio ectodérmico, que

origina el esmalte, y el ectomesénquima que forma los tejidos restantes (dentina, pulpa, cemento, ligamento periodontal y hueso alveolar). Son numerosos los mecanismos que guían y controlan el desarrollo dental, pero es el fenómeno inductor el esencial para el comienzo de la organogénesis dentaria (13).

La primera manifestación consiste en la diferenciación de la lámina o listón dentario, a partir del ectodermo que tapiza la cavidad bucal. El epitelio ectodérmico bucal en este momento está constituido por dos capas: una superficial de células aplanadas y otra basal de células altas, conectadas al tejido conectivo embrionario o mesénquima por medio de la membrana basal (MB). Se postula hoy que la MB constituye un factor importante para la diferenciación celular y organogénesis dental. Estadio de brote macizo (o yema), estadio de casquete, estadio de campana y estadio de folículo dentario, terminal o maduro.

Estadio de brote o yema dentaria

La estructura de los brotes es simple, en la periferia se identifican células cilíndricas y en el interior son de aspecto poligonal con espacios intercelulares muy estrechos. Las células del ectomesénquima subyacente se encuentran condensadas por debajo del epitelio de revestimiento y alrededor del brote epitelial (futura papila dentaria) (figura I 1). Éstos serán los futuros órganos del esmalte que darán lugar al único tejido de naturaleza ectodérmica del diente, el esmalte.

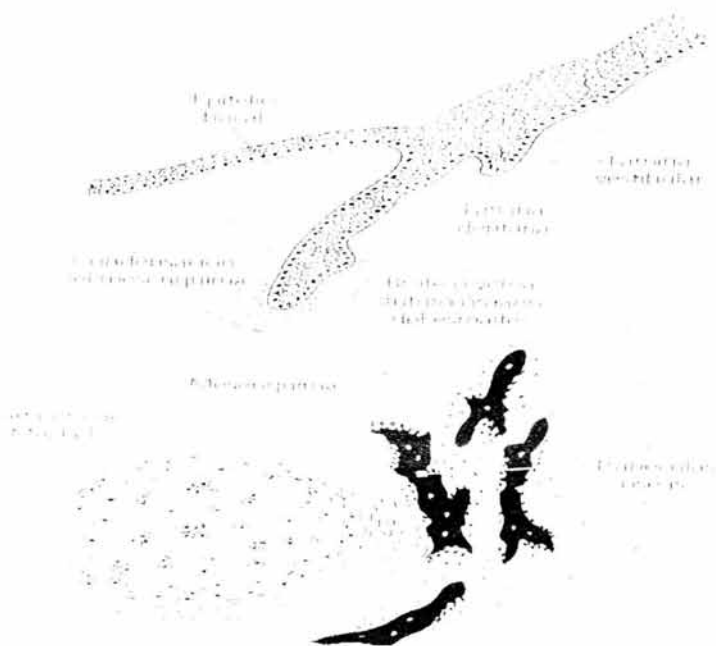


Figura I 1 Esquematación del Brote o Yema.

Estadio de casquete

La proliferación desigual del brote (alrededor de la novena semana) a expensas de sus caras laterales o bordes, determina una concavidad en su cara profunda por lo que adquiere el aspecto de un verdadero casquete. Su concavidad central encierra una pequeña porción del ectomesénquima que lo rodea; es la futura papila dentaria, que dará origen al complejo dentino-pulpar (fig. I 2).

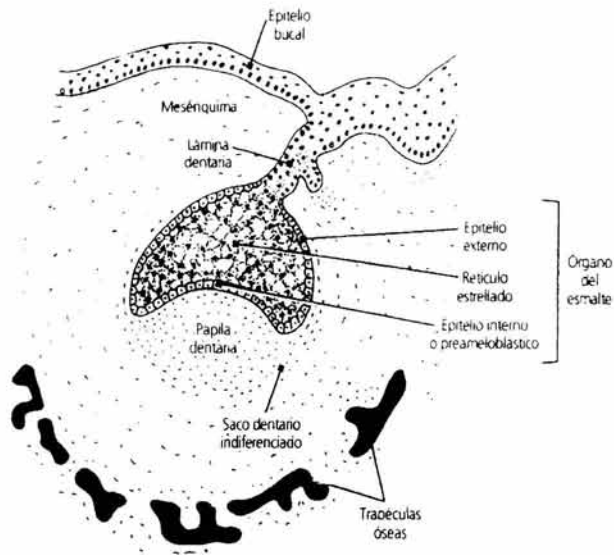


Figura I 2 Esquematación del estadio de casquete inicial.

El epitelio externo del órgano del esmalte está constituido por una sola capa de células cuboideas bajas, dispuestas en la convexidad que están unidas a la lámina dental por una porción del epitelio, llamada pedículo epitelial.

El epitelio interno del órgano del esmalte se encuentra en la concavidad y está compuesto por un epitelio simple de células más o menos cilíndricas bajas. Se diferencian en ameloblastos, de ahí que se denomine epitelio interno, preameloblástico o epitelio dental interno.

La papila se encuentra separada del epitelio interno del órgano del esmalte por una membrana basal, que representa la localización de la futura unión amelodentinaria.

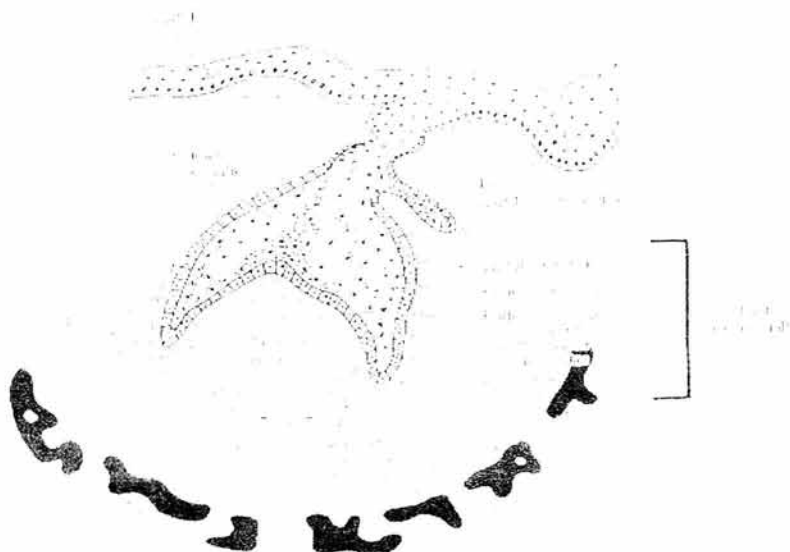


Figura I 3 Esquemización de la etapa terminal de casquete.

Al finalizar esta etapa comienza a insinuarse, en el epitelio interno del órgano del esmalte, un acúmulo de células (nudo) de donde parte una prolongación celular llamada cuerda del esmalte, que termina en una muesca en el epitelio externo, conocida como el ombligo del esmalte.

En resumen, tenemos en esta etapa tres estructuras embrionarias fundamentales para el desarrollo dentario: órgano del esmalte, esbozo de papila dentaria y esbozo de saco dentario (I.3).

Estadio de campana

Ocurre sobre las catorce o dieciocho semanas de vida intrauterina. En este estadio es posible observar modificaciones estructurales e histoquímicas en el órgano del esmalte, papila y saco dentario respectivamente (I 4). El desarrollo del proceso permite considerar en estadio de campana una etapa inicial y otra más avanzada (I 5).



Figura I 4 Esquematación de la campana inicial

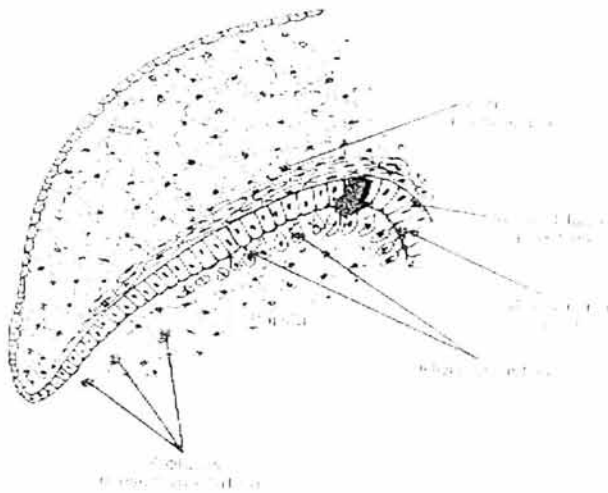


Figura I 5 Diferenciación odontoblástica (la flecha indica el sentido de la inducción).

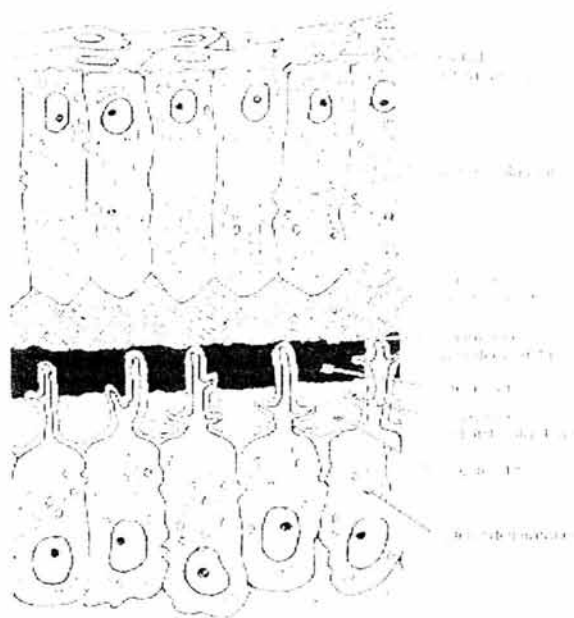


Figura I 6 Disposición de ameloblastos y odontoblastos secretorios.

La diferenciación de los odontoblastos se realiza a partir de las células ectomesenquimáticas, que evolucionan transformándose primero en preameloblastos, luego en odontoblastos jóvenes y por último en odontoblastos maduros o secretorios. En su extremo proximal presentan una prolongación citoplasmática única que queda localizada en plena matriz dentinaria, llamada prolongación principal, proceso odontoblástico o prolongación odontoblástica (fig. I 6).

Los odontoblastos presentan características ultraestructurales de una célula secretora de proteínas para exportación, sintetizan las fibrillas colágeno tipo I (con pequeñas cantidades de colágeno tipo III).

Estadio de folículo dentario (apositional)

Comienza cuando se identifica en las zonas de las futuras cúspides o borde incisal, la presencia del depósito de la matriz del esmalte sobre la dentina (fig. I 7). El crecimiento aposicional del esmalte y dentina se realizan por depósito de capas sucesivas de una matriz extracelular en forma regular y rítmica. La elaboración de la matriz orgánica a cargo de los odontoblastos para la dentina y de los ameloblastos para el esmalte, es inmediatamente seguida por las fases iniciales de su mineralización. El mecanismo de formación de la corona se realiza de la siguiente manera: primero se depositan unas laminillas de dentina y luego se forma una de esmalte. La membrana basal (MB) o unión amelodentinaria puede ser lisa o presentar ondulaciones festoneadas, en algunos sitios la MB presenta soluciones de continuidad por donde se extienden algunas prolongaciones de los odontoblastos, que en el esmalte forman los usos adamantinos o los conductillos o túbulos dentinarios remanentes. Si bien la unión amelodentinaria al microscopio de luz en dientes preparados por desgaste es bien nítida (como se observa más adelante en este estudio), a nivel ultraestructural existe una íntima yuxtaposición de cristales, que resulta difícil de deslindar si pertenecen a uno u otro tejido. Este entremezclamiento de cristales de esmalte y dentina podrían explicar parcialmente la estructura de la interfase amelodentinaria (5,13 y 14).

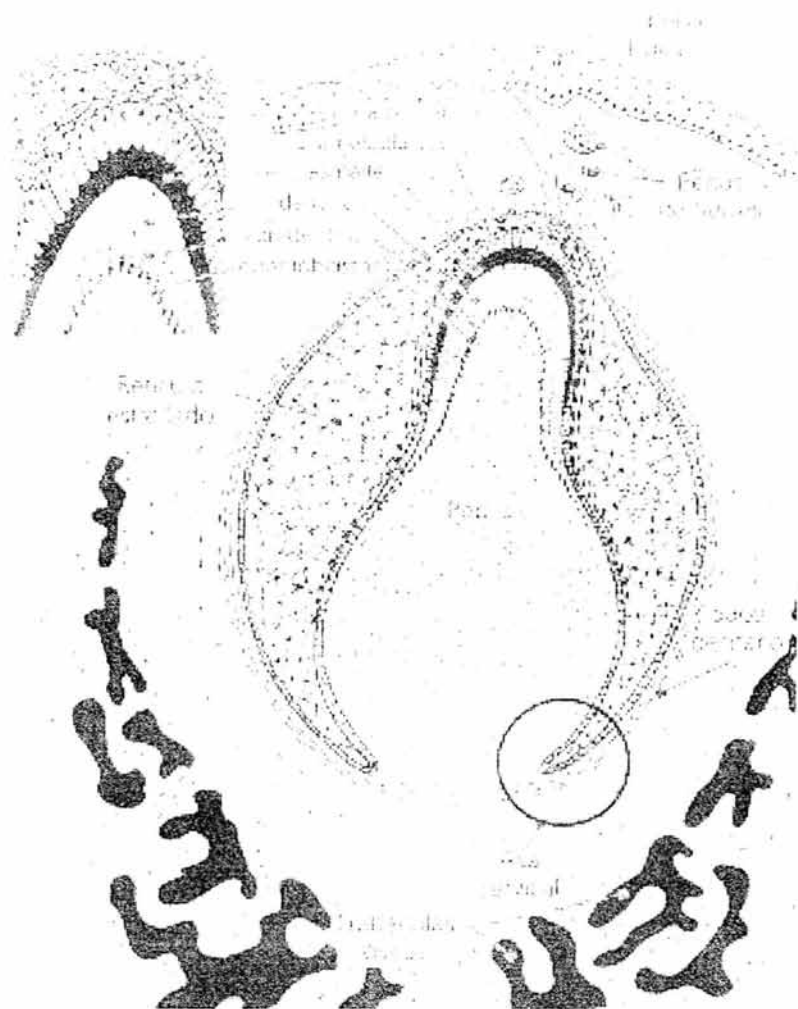


Figura I 7 Esquematzación del estadio de folículo dentario aposicional.

DENTINA

La dentina, llamada también sustancia ebúrnea o marfil, es el eje estructural del diente y constituye el tejido mineralizado que conforma el mayor volumen de la pieza dentaria. La dentina es un tejido conectivo especializado mineralizado, que constituye la mayor parte del diente, de color amarillo claro, capaz de deformarse ligeramente ante fuerzas compresivas. Es de consistencia dura, siendo mayor que la del hueso, pero menor que la del esmalte (15). Es importante recordar que, debido al tipo de crecimiento que presenta la dentina, el espesor es mayor en dientes viejos que en dientes jóvenes (5).

En la estructura de la dentina podemos distinguir 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. Dichos procesos odontoblásticos son largas prolongaciones citoplasmáticas de las células especializadas llamadas odontoblastos, cuyos cuerpos se ubican en la región más periférica de la pulpa. 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 mantenimiento de la dentina. Los cuerpos celulares de los odontoblastos están separados de la dentina mineralizada por una zona de matriz orgánica no mineralizada denominada predentina (7,13).

COMPOSICIÓN QUÍMICA

El 70% de la dentina es material inorgánico (principalmente cristales de hidroxiapatita), 18% de materia orgánica (principalmente fibras colágenas) y 12% de agua (20). Los colágenos tipo III, V y VI se han descrito en pequeñas proporciones y en diferentes circunstancias. En la fracción mineral, además de los cristales de hidroxiapatita hay cierta cantidad de fosfatos amorfos, carbonatos, sulfatos y oligoelementos como flúor, cobre, zinc, hierro, magnesio, entre otros. (16).

ESTRUCTURA

La estructura histológica de la dentina está constituida por unidades estructurales básicas y por unidades estructurales secundarias. Las unidades estructurales básicas que constituyen la dentina son dos: el túbulo dentinario y la matriz intertubular.

Los túbulos dentinarios son estructuras cilíndricas delgadas que se extienden por todo el espesor de la dentina desde la pulpa hasta la **unión amelodentinaria** o cementodentinaria. La pared del túbulo está formada por la dentina peritubular que está constituida por una matriz mineralizada que ofrece una estructura y una composición química característica. En su interior el contenido tubular está formado por líquido tisular (licor dentinario) y por la prolongación odontoblástica principal (proceso odontoblástico o fibrilla de Tomes). En los cortes por desgaste sólo puede estudiarse la pared y el trayecto de los túbulos, pero no su contenido.

Los conductos o túbulos de la dentina coronaria siguen un trayecto doblemente curvo, en forma de "S" itálica, la curvatura más externa de dicha S es de convexidad coronaria y la más interna de convexidad apical. En las zonas cúspideas o incisales el trayecto es prácticamente rectilíneo (fig.I 8).

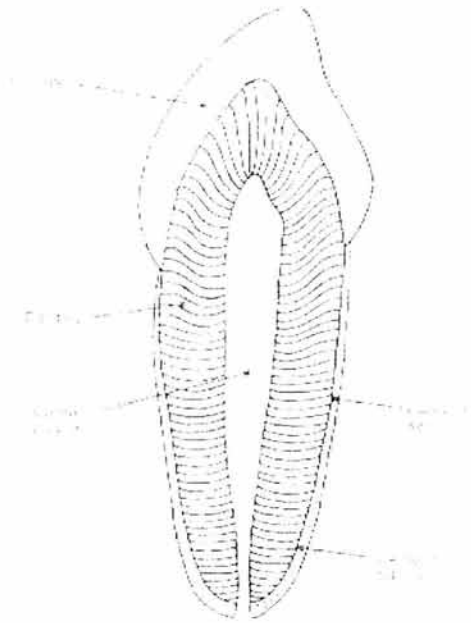


Figura I 8 Recorrido de los túbulos dentinarios.

Como resultado de este apiñamiento, hay muchos más túbulos dentinarios por unidad de superficie en las capas de dentina próximas a la pulpa (hay aproximadamente 45.000 por mm cuadrado), que en las regiones más externas de la dentina (de 15.000 a 20.000 por mm cuadrado). Los túbulos en su trayecto final presentan ramificaciones terminales. En la zona más periférica de la dentina coronaria son arboriformes y finalizan en la **unión amelodentinaria (UAD)**, aunque algunas "ramas" o prolongaciones pueden penetrar en el esmalte "husos adamantinos".

Se ha demostrado que en una dentina joven, el espesor de una dentina peritubular es de 400 nm en la proximidad pulpar, mientras que en la vecindad de la UAD es de 750 nm. Por ello el diámetro interno de los túbulos es superior a 2.5 μm en la parte profunda de la dentina, comparado con el diámetro de 0,9 μm que exhiben en la zona superficial. Las diferencias regionales en la permeabilidad de los túbulos, pueden deberse a irregularidades en la luz de los túbulos,

producidos por depósitos minerales o de colágeno intratubular. A nivel de la **UAD** el túbulo puede estar total o casi totalmente ocupado por dentina peritubular (13).

Contenido de los túbulos dentinarios

El interior de los túbulos está ocupado por la prolongación odontoblástica (proceso odontoblástico o fibrilla de Tomes), aunque entre dicha prolongación y la pared del túbulo existe un espacio estrecho (espacio periprocesal) ocupado por el líquido tisular (linfa o licor dentinario).

Los procesos odontoblásticos son las prolongaciones citoplasmáticas que dejan los odontoblastos a medida que forman la dentina; ellos determinan la morfología de los túbulos.

El fluido tisular de la dentina, que se comunica con el de la pulpa, circula por el espacio periprocesal y puede ocupar zonas dejadas libres por los odontoblastos. El volumen del líquido tisular se ha calculado en un 10% del volumen de la dentina. Cuando se talla la cavidad (operatoria dental) y se exponen los túbulos, se produce un movimiento no sólo en superficie, sino también en profundidad, que presiona las fibras nerviosas dentales e inicia el dolor.

La existencia de los túbulos dentinarios determina que la dentina sea muy permeable. Los túbulos pueden estar ocupados a veces por restos de prolongaciones de odontoblastos en degeneración.

La matriz intertubular se distribuye entre las paredes de los túbulos dentinarios y su componente fundamental son las fibras de colágeno que constituyen una malla fibrilar entre la cual y sobre la cual se depositan los cristales de hidroxiapatita. Aquí pueden detectarse todos los componentes que constituyen la materia orgánica de la dentina. (I 9).

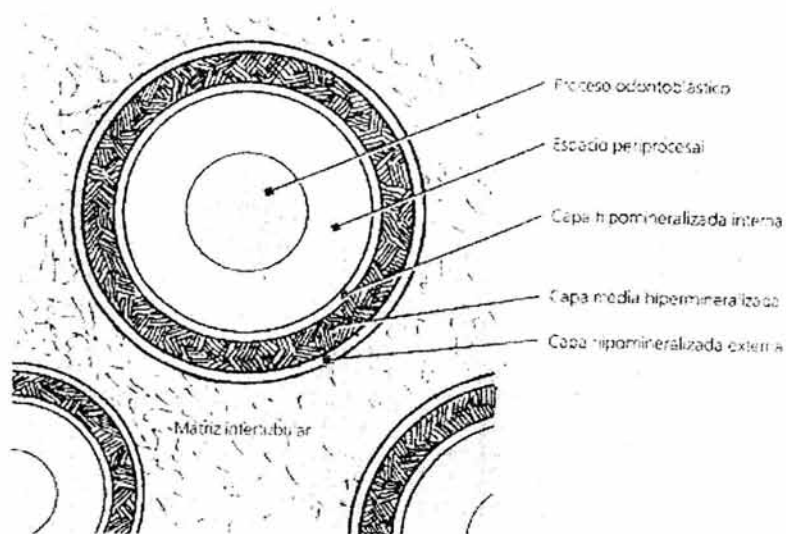


Figura I 9 Diagrama del túbulo dentinario (corte Transversal).

Líneas incrementales o de crecimiento

Al igual que el hueso, la dentina crece continuamente por aposición. Este tipo de crecimiento determina la formación de líneas incrementales del esmalte, pero pueden ponerse en evidencia mediante microscopía de fluorescencia (fig. I 10).

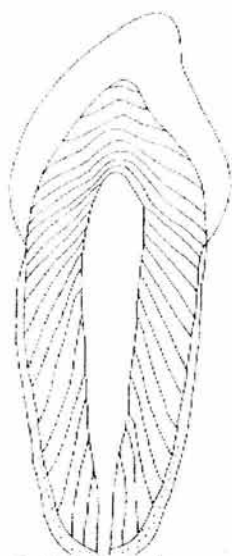


Figura I 10 Líneas incrementales
(líneas de Von Ebner).

Líneas o bandas dentinarias de Schreger

Estas formaciones son homologables a las bandas de Hunter-Schreger del esmalte. Pueden identificarse fácilmente por microscopía de luz en cortes logitudinales (por desgaste). Representan el cambio de rumbo más o menos brusco de los túbulos dentinarios al realizar la curvatura primaria en su desarrollo y maduración de los odontoblastos.

Cuanto más marcadas sean las dobles curvaturas de las S en la porción coronaria o la curva simple en la región radicular, tanto más nítida aparecerá la banda de Schreger.

DENTINOGENESIS

La dentinogénesis es el conjunto de mecanismos mediante los cuales la papila dental elabora, por medio de sus células especializadas, los odontoblastos, una matriz orgánica que más tarde se calcifica para formar la dentina.

En la dentinogénesis se pueden considerar tres etapas:

- 1ra.- Elaboración de la matriz orgánica, compuesta por una trama fibrilar y un componente fundamental amorfo.
- 2da.- Maduración de la matriz.
- 3ra.- Precipitación de sales minerales (calcificación o mineralización).

Ciclo vital de los odontoblastos

Los odontoblastos se diferencian a partir de las células ectomesenquimáticas de la papila dental, bajo la influencia inductora del epitelio interno del órgano del esmalte (fig. I 11). En su ciclo vital podemos considerar las siguientes etapas:

- a) Células mesenquimáticas indiferenciadas.
- b) Preodontoblastos
- c) Odontoblastos jóvenes.
- d) Odontoblastos secretores.

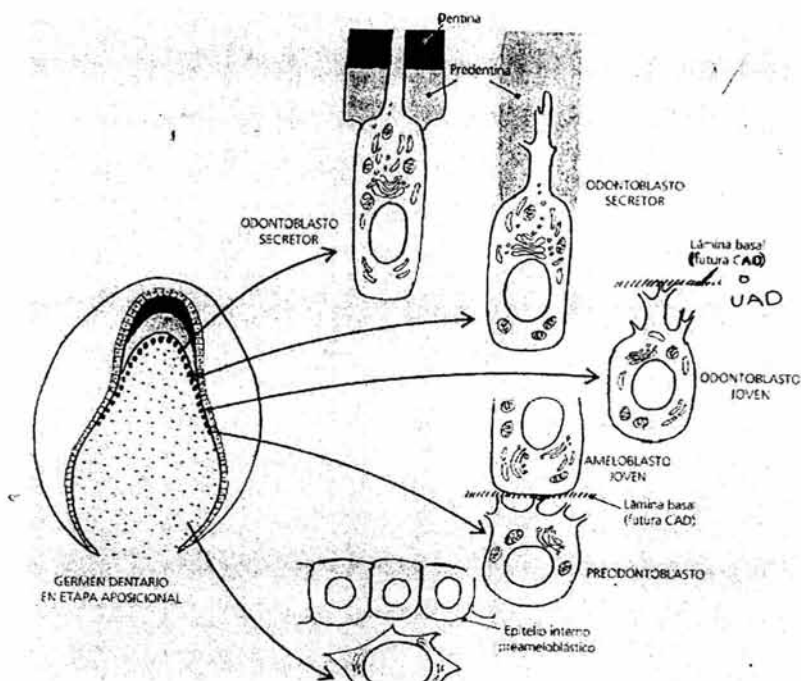


Figura I 11 Esquematación de los estadios de diferenciación de los odontoblastos.

Formación de la dentina de manto

La primera predentina (matriz orgánica) que se forma corresponde a la dentina del manto. Clásicamente se describía como el primer indicio de dentinogénesis la aparición de fibras reticulares entre los cuerpos de los odontoblastos, las que a nivel de su extremo apical se abren en abanico formando la matriz fibrosa de la primera dentina. Estas fibras, denominadas fibras de Von Korff, parecen originarse a partir de la región subodontoblástica. La matriz extracelular de la dentina del manto consta de gruesas fibras colágenas incluidas en abundante sustancia fundamental amorfa, que se disponen paralelamente entre sí y perpendiculares a la membrana basal (**futura UAD**). Cuando la predentina de la dentina del manto alcanza un espesor de 6µm comienza la mineralización.

Formación de la dentina circumpulpar

A medida que se calcifica la dentina del manto, los odontoblastos (que ya son odontoblastos maduros) continúan produciendo matriz orgánica para formar el resto de la dentina primaria, es decir, la dentina circumpulpar. La matriz extracelular de la dentina circumpulpar difiere de la anterior, pues las fibras colágenas son más finas y se disponen irregularmente, formando una red de orientación perpendicular a los túbulos dentinarios. La sustancia amorfa es producida exclusivamente por los odontoblastos. La secuencia de formación de la dentina circumpulpar consiste en la secreción por el odontoblasto de colágeno y de proteoglicanos en la zona próxima a su cuerpo celular. El colágeno en la región de la predentina configura una red fibrilar y los proteoglicanos desarrollan aquí su actividad metabólica. La dentina circumpulpar está más calcificada que la del manto, pero su estructura histológica es similar, ambas tienen matriz calcificada que constituye la dentina intertubular, atravesada por túbulos dentinarios.

En el interior de esos túbulos, la actividad secretora de los odontoblastos lleva progresivamente a la formación de la dentina

peritubular, que va reduciendo el diámetro de los mismos. La dentina circumpulpar ocupa gran volumen en el diente. La aposición rítmica de la matriz y las distintas etapas de la calcificación queda registrada en las líneas incrementales de la dentina. Siempre persiste una capa de dentina no mineralizada (predentina) entre los odontoblastos y con un frente de mineralización cuyo espesor oscila entre 10 y 40 μm de ancho. En ciertas patologías, la predentina puede estar ausente y en esos casos el espesor de la dentina se encuentra en gran parte disminuido, como ocurre en dentinogénesis imperfecta asociada a la osteogénesis imperfecta letal.

CLASIFICACIÓN HISTOGÉNÉTICA DE LA DENTINA

En los dientes humanos se conocen desde el punto de vista de su formación tres tipos de dentina: la dentina primaria, la dentina secundaria, que se forma fisiológicamente en todas las piezas dentarias, y la dentina terciaria, que se produce como respuesta ante una agresión o noxa.

Dentina primaria

La dentina primaria es la que se forma primero y representa la mayor parte de ésta, delimitando la cámara pulpar de los dientes ya formados. Comprende la dentina del manto y la circumpulpar anteriormente descritas. Cuando el volumen de la pulpa disminuye como consecuencia de la formación de la dentina primaria, los odontoblastos modifican su distribución y se organizan en varios estratos en la zona coronaria.

Dentina secundaria

Es la dentina producida después de que se ha completado la formación de la raíz del diente. Esta dentina se deposita mucho más lentamente que la primaria, pero su producción continúa durante

toda la vida del diente. Los anatomopatólogos la denominan dentina adventicia regular o fisiológica (fig. I 12).

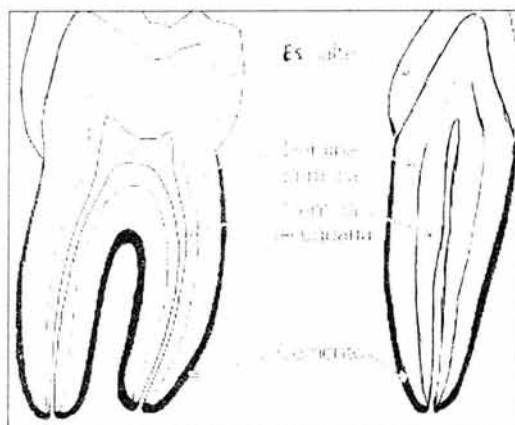


Figura I 12 Distribución topográfica de las dentinas primaria y secundaria.

Dentina terciaria

Esta dentina es conocida por los anatomopatólogos como dentina reparativa, reaccional, irregular o patológica. Algunos autores hacen una distinción entre la dentina reaccional o reactiva, que es la dentina terciaria segregada ante un estímulo nocivo por los odontoblastos terminales postmitóticos (que se han diferenciado durante el desarrollo del diente) y la dentina reparativa, que es la dentina terciaria elaborada por una nueva generación de odontoblastos originados a partir de células precursoras de la pulpa, tras la muerte de éstos como consecuencia del estímulo nocivo (fig. I 13).

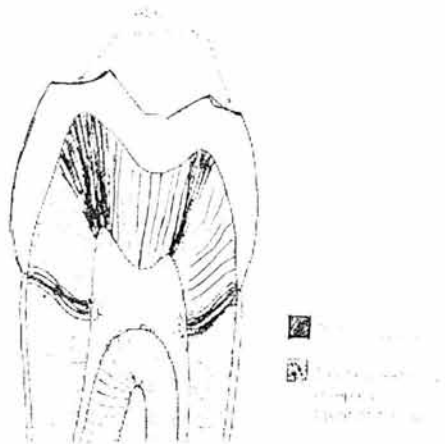


Figura I 13 Posibles localizaciones de la dentina terciaria y dentina opaca (corte por desgaste).

La cantidad y calidad de la dentina terciaria que se produce se halla relacionada con la duración e intensidad del estímulo; cuanto más acentuados sean esos factores, más rápida e irregular será la aposición de dentina reparativa. Si bien la dentina terciaria ofrece una protección pulpar de acuerdo con su espesor, la pulpa subyacente a la dentina terciaria puede inflamarse y su normalización dependerá de la intensidad y la duración del irritante, la extensión del tejido pulpar dañado y el estado previo de la pulpa (13).

HISTOFISIOLOGÍA

Por tener incluida en su seno las prolongaciones citoplásmicas de los odontoblastos funcionales y por el licor dentinario que la nutre, la dentina se considera un tejido vivo. El depósito de los distintos tipos de dentina fisiológica o por estímulos patológicos se producirá durante toda la vida del diente, es decir, mientras dure la vitalidad de la pulpa. Esta última decrece con la edad y los túbulos dentinarios disminuyen progresivamente su calibre.

La actividad funcional más significativa, sin embargo, del tejido dentinario consiste en 1ro. actuar como soporte mecánico en la normal actividad masticatoria de las piezas dentarias y 2do. en participar también, por sus caracteres estructurales y biológicos, en la defensa y en la sensibilidad del complejo dentino-pulpar.

Actividad mecánica

Como consecuencia de su composición química y de su estructura histológica, la dentina posee dos propiedades físicas esenciales. La dureza y la elasticidad resultan imprescindibles para ejercer su función mecánica en la fisiología de las piezas dentarias. La dentina constituye, en este sentido, el eje estructural del diente sobre el que se articula el resto de los tejidos duros del mismo, el esmalte y el cemento. La dentina, además, facilita con su grado de elasticidad que el esmalte, duro y rígido, pero quebradizo, quede protegido de los distintos impactos masticatorios. Ello se debe a la pequeña depresibilidad que le otorgan la existencia en su seno de fibras colágena aun cuando la dentina sea un tejido también mineralizado.

Actividad defensiva

La dentina responde defendiéndose ante las distintas agresiones que actúan sobre ella, formando además de la dentina terciaria, las denominadas dentina translúcida y dentina opaca.

Dentina translúcida o esclerótica

Los estímulos nocivos, además de provocar el depósito de dentina terciaria, pueden inducir a cambios en la morfología de los túbulos de las propias dentinas primaria y secundaria. La dentina translúcida suele formarse debajo del esmalte con laminillas y fisuras, o bien con caries de evolución lenta. En las personas de edad se produce la denominada dentina esclerótica fisiológica, por obliteración y mineralización de los túbulos en la dentina radicular, en especial en la zona apical.

Dentina opaca o tractos desvitalizados

La dentina translúcida y la dentina opaca son consideradas "dentina de remineralización". Si bien ambas dentinas son menos permeables y más resistentes que la normal, otorgándole mayor protección en casos de filtración o invasión bacteriana. No obstante, en dientes desvitalizados la filtración es mayor por la ausencia del licor dentinario.

Actividad sensitiva

El profesional odontólogo conoce que la dentina es un tejido sumamente sensible a todos los estímulos externos (calor, frío, etc.). Las fibras nerviosas que penetran en la pulpa dentinaria son mielínicas y amielínicas, rodeadas por una vaina de tejido conectivo. Los axones que llevan la sensibilidad a la pulpa dentaria son preferentemente fibras aferentes sensoriales del trigémino. Junto a ellos llegan a la pulpa, ramas simpáticas del ganglio cervical superior que alcanzan los vasos sanguíneos y generan vasoconstricción. Los axones que llevan la (5,13). sensibilidad son mielínicos y amielínicos. Conocer los tipos de fibras nerviosas nos puede ser de utilidad para comprender la sintomatología dolorosa. Algunas de estas fibras nerviosas terminan en la predentina o dentina (tercio interno)

La determinación de la estructura que sirve de base al mecanismo de sensibilidad dentinaria ha sido objeto de numerosísimos estudios.

ESMALTE

El esmalte, llamado también tejido adamantino, cubre a manera de casquete a la dentina en su porción coronaria. Es el tejido más duro del organismo debido a que estructuralmente está constituido por prismas altamente mineralizados que lo recorren en todo su espesor, desde la **unión amelodentinaria (UAD)** a la superficie externa.

La dureza del esmalte se debe a que posee un porcentaje muy elevado (95%) de matriz inorgánica y muy bajo (1-2 %) de matriz orgánica. Los cristales de hidroxapatita (fosfato de calcio) representan el componente inorgánico del esmalte. Existen una serie de características que hacen del esmalte un tejido único. Dichas características son las siguientes:

- 1°. Deriva embriológicamente del ectodermo y se origina de una proliferación localizada del epitelio bucal.
- 2°. La matriz orgánica del esmalte es de naturaleza proteica con agregado de polisacáridos, y en su composición no participa el colágeno.
- 3°. Los cristales de hidroxapatita del esmalte se hallan densamente empaquetados y son de mayor tamaño que los de otros tejidos mineralizados. Dichos cristales son susceptibles a la acción de los ácidos lo que da origen a la caries dental.
- 4°. Las células secretoras del tejido adamantino, los ameloblastos, tras completar la formación del esmalte, desaparecen durante la erupción dentinaria. Esto implica que no hay crecimiento ni nueva aposición de esmalte después de la erupción.
- 5°. El esmalte maduro no contiene células ni prolongaciones celulares. Las células que le dan origen, no quedan incorporadas a él y por ello el esmalte es un tejido acelular, avascular y sin inervación.
- 6°. El esmalte frente a una noxa reacciona con pérdida de sustancia siendo incapaz de repararse, aunque puede haber remineralización.

Por la superficie interna se relaciona con la dentina por medio de la **UAD** (fig. I 14). En el cuello dentario, el esmalte se relaciona con la encía por medio de la unión dentogingival. El espesor del esmalte, no es constante, varía en las distintas piezas dentarias y en el seno de un mismo diente (18,19).

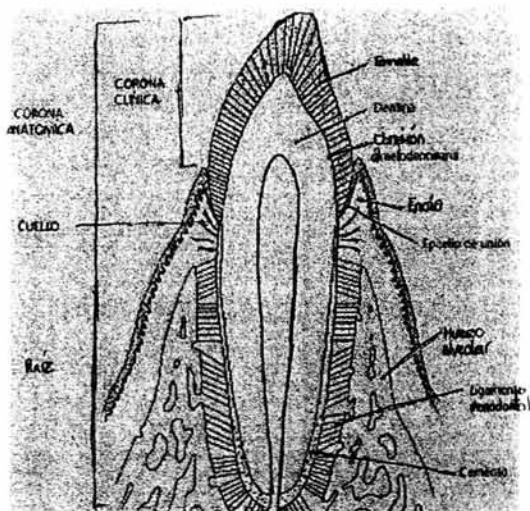


Figura I 14 Relaciones del esmalte

PROPIEDADES FÍSICAS

Dureza: La dureza adamantina decrece desde la superficie libre de la **unión amelodentinaria**, está en relación directa con el grado de mineralización (13).

Elasticidad: Es muy escasa pues depende de la cantidad de agua y de sustancia orgánica que posee. Por ello es un tejido frágil cuando no tiene un apoyo dentinario elástico. Es importante tenerlo presente al tallar las paredes cavitarias: que no queden sin el soporte dentinario correspondiente.

Color y transparencia: el esmalte es translúcido, el color varía entre un blanco amarillento a un blancogrisáceo, pero este color no es propio del esmalte, sino que depende de la dentina. En las zonas de mayor

espesor, tiene tonalidad grisácea (cúspides) y donde es más delgado (cervical) presenta un color blanco-amarillento.

Permeabilidad: Es extremadamente escasa y se ha visto mediante marcadores radioactivos o radioisótopos que el esmalte puede actuar como una membrana semipermeable, permitiendo la difusión de agua y de algunos iones presentes en el medio bucal. La propiedad de semipermeabilidad es muy reducida en los dientes viejos.

Radioopacidad: (oposición al paso de los rayos X). Es muy alta en el esmalte, ya que es un tejido muy mineralizado.

COMPOSICIÓN QUÍMICA

El esmalte está constituido químicamente por una matriz orgánica (1-2 %), una matriz inorgánica (95 %) y agua (3-5 %). Entre las proteínas presentes en la matriz orgánica del esmalte, en las distintas fases de su formación, se destacan:

1.-Las amelogeninas, moléculas hidrofóbicas, fosforiladas disminuyen a medida que aumenta la madurez del esmalte. Se localizan entre los cristales de las sales minerales.

2.-Las enamelinas, moléculas que se localizan en la periferia de los cristales formando las proteínas de cubierta, pueden encontrarse en el seno de las estructuras cristalinas.

3.-Las ameloblastinas o amelinas que inmunohistoquímicamente se localizan en las capas más superficiales del esmalte y en la periferia de los cristales.

4.-La tuftelina (proteína de los flecos) de 50 a 70 kDa, que se localiza en la zona de **unión amelodentinaria** al comienzo del proceso de formación del esmalte.

Existen también sales minerales de calcio como carbonatos y sulfatos, y oligoelementos como potasio, magnesio, hierro, flúor, manganeso, cobre, entre otros. Los iones flúor pueden sustituir a los grupos hidróxilos en el cristal de hidroxiapatita y convertirlo en un cristal de fluorhidroxiapatita que lo vuelve resistente a la acción de los ácidos y, por ende, más resistente a la caries.

Los cristales de sales minerales en el esmalte son más voluminosos que los existentes en la dentina y el tejido óseo. Éstos alcanzan una longitud de 100-1.000 nm. (fig. I 15). Los mismos están constituidos por la agregación de las llamadas células o celdillas unitarias (no son células biológicas), que son unidades básicas de asociación iónica de las sales minerales en el seno del cristal. Estas celdillas unitarias que asociadas conforman el cristal, poseen, en una síntesis muy esquemática, una configuración química y cristalográfica hexagonal, en cuyos vértices existen iones calcio y en cuyo centro se localiza un ión OH^- . Los iones fosfatos se colocan entre los iones de calcio que ocupan los vértices del hexágono externo. En la figura I 16 se esquematiza la proyección tridimensional de los iones sobre una superficie plana.

El tercer componente de la composición química del esmalte es el agua. Se localiza en la periferia del cristal constituyendo la denominada capa de hidratación, o capa de agua adsorbida. El porcentaje de agua en el esmalte disminuye progresivamente con la edad.

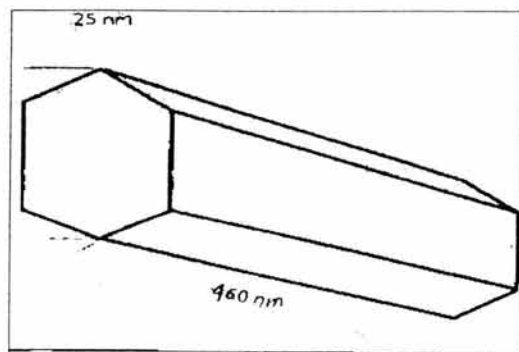


Figura I 15 Diagrama de cristal de hidroxiapatita.

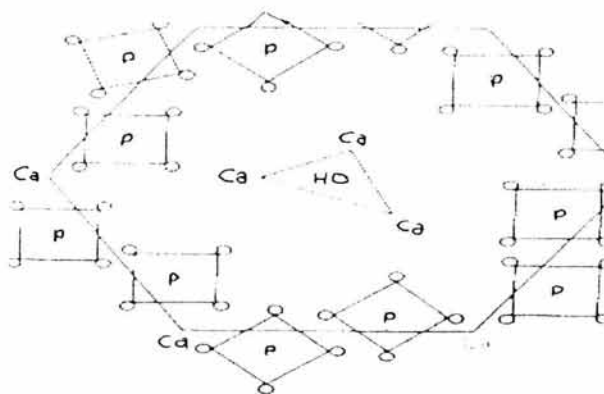


Figura I 16 Proyección en una superficie plana de los iones que configuran la estructura cristalina de la hidroxiapatita.

ESTRUCTURA

La estructura histológica del esmalte está constituida por la denominada **unidad estructural básica** (el prisma del esmalte), estructuras compuestas por cristales de hidroxiapatita. El conjunto de prismas del esmalte forma el **esmalte prismático** que constituye la mayor parte de este tejido dentario. En la periferia de la corona y en la unión amelodentinaria (**UAD**) existe el denominado **esmalte aprismático** en el que la sustancia adamantina mineralizada no constituye ni configura prismas.

Al estudiar la morfología de los prismas con el microscopio de luz y dependiendo de la incidencia de los cortes, éstos se observan como bandas delgadas irregularmente paralelas en cortes longitudinales (fig. I 17). En los cortes transversales los prismas se presentan como secciones irregularmente hexagonales, ovoides o en escamas de pescado. La aplicación del microscopio electrónico de barrido (MEB) al estudio de la morfología de los prismas, han permitido resolver muchos interrogantes acerca de la forma de los mismos. Con dicha técnica y en cortes longitudinales se observan como bastones irregularmente paralelos (fig. I 18) y en cortes transversales con una morfología en ojo de cerradura de llave antigua (fig. I 19). Ello permite distinguir en los prismas dos regiones: la cabeza o cuerpo y la cola. La cabeza

corresponde a la región más ancha y se halla limitada por superficies cóncavas; el diámetro de la misma es de 5 μm ; la región de la cola es la más delgada encontrándose debajo de la cabeza. Los prismas del esmalte son estructuras que se encuentran estrechamente asociadas unas con otras y en este sentido hay que indicar que las cabezas de los prismas se encuentran siempre ubicadas entre las colas de los prismas suprayacentes y las colas de cada prisma ubicadas entre las cabezas de los prismas subyacentes (fig. I 17). Este sistema de engranaje entre los prismas confiere mayor resistencia al esmalte, pues la cabeza soporta los choques de las fuerzas masticatorias y las colas las distribuyen y las disipan.

El material orgánico es muy escaso y se distribuye básicamente en la periferia de los prismas rodeando la estructura en ojo de cerradura - cabeza y cola- anteriormente descrita.

Los prismas, unidades estructurales del esmalte, están constituidos por un conjunto de cristales de hidroxiapatita. Los cristales de hidroxiapatita se disponen paralelamente al eje longitudinal del prisma en la región de la cabeza. En la zona de unión de la cabeza con la cola se van inclinando progresivamente respecto al eje longitudinal del prisma hasta adquirir, el cristal, una posición perpendicular (respecto del eje longitudinal del prisma) en la región de la cola. Esta disposición es fruto de la síntesis y formación del esmalte por parte de los ameloblastos.

En los anillos circunferenciales de prismas que configuran el esmalte, cada uno de los prismas ofrece un transcurso ondulante hacia la derecha y hacia la izquierda en el plano transversal del diente y hacia arriba y hacia abajo del plano longitudinal del mismo.

La importancia de conocer la exacta dirección de los prismas del esmalte tiene por objeto respetar, al tallar las cavidades, el siguiente axioma terapéutico: toda pared de esmalte debe tener su correspondiente apoyo dentinario.

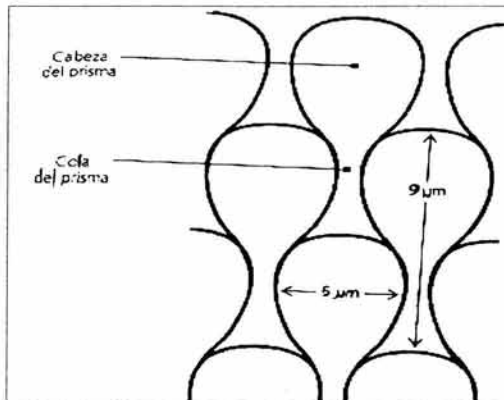


Figura I 17 Corte transversal de los prismas.

Microscopio electrónico de transmisión.

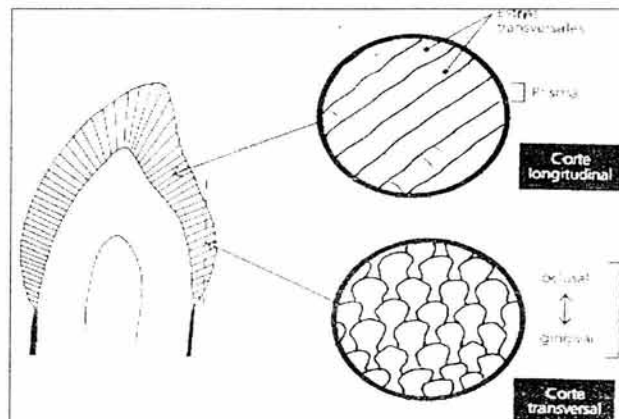


Figura I 18 Aspecto de los prismas al microscopio de luz (cortes por desgaste).

La compleja disposición de los prismas en hileras o planos circunferenciales, como se ha indicado más arriba, y la diferente orientación de los mismos en el espesor del esmalte permite al mismo resistir, de forma eficaz, las fuerzas de la masticación.

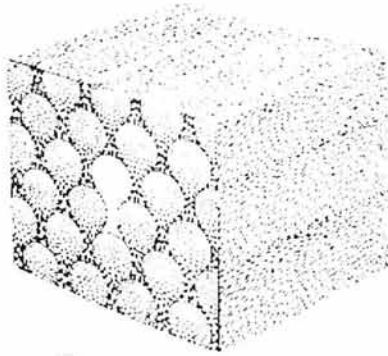


Figura I 19 Orientación de los cristales en el interior de los prismas en las tres caras de un bloque de esmalte.

El esmalte aprismático representa un serio inconveniente desde el punto de vista clínico cuando se utiliza el grabado ácido, pues no se logran la microrretenciones (al no existir los prismas) y por ello se aumenta el tiempo de grabado o se elimina el esmalte periférico. También en el primer depósito de esmalte adyacente a la UAD los cristales también se disponen perpendicularmente a la dentina como consecuencia de que los ameloblastos aún no han desarrollado los procesos de Tomes.

Las unidades estructurales secundarias se definen como aquellas estructuras o variaciones estructurales que se originan a partir de las unidades estructurales primarias, como resultado del diferente grado de mineralización o del cambio del recorrido de los prismas y de la interrelación del esmalte con la dentina subyacente y la periferia medioambiental. Entre las primeras encontramos *las estrias de Retzius, las laminillas o fisuras del esmalte y los penachos de Linderer*; entre las segundas *las bandas de Hunter-Schreger y el esmalte nudoso* y entre las terceras, *los husos adamantinos y las periquimatias y líneas de imbricación de Pickerill*.

Estrías de Retzius

Son estructuras que aparecen en los preparados por desgaste en forma de bandas color parduzcas o castañas con luz transmitida y claras con

luz reflejada. Dicha estría se denomina línea neonatal. La disposición de las estrías es diferente en las distintas regiones del diente: en las cúspides y bordes incisales se extienden de UAD a UAD del lado opuesto, describiendo una curva (fig. I 20). Es decir, que las estrías de Retzius se observan siempre, ya sea en cortes longitudinales o transversales siendo más frecuentes en la zona cervical de la corona.

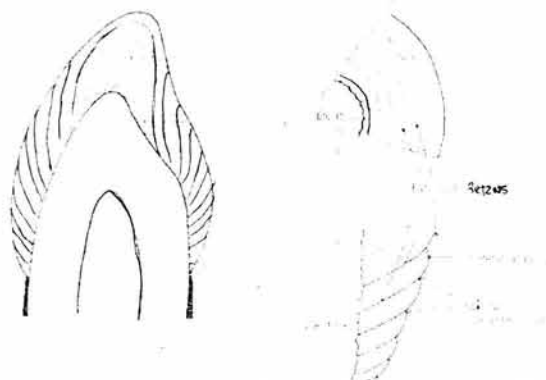


Figura I 20 A; disposición de estrías de Retzius en las distintas zonas del esmalte, vistas en el corte longitudinal. B; disposición de las estrías de Retzius en el corte transversal. C; Periquimatías y línea de imbricación determinadas por las estrías de Retzius en la superficie del esmalte.

Las estrías de Retzius marcan la sucesiva aposición de capas de tejido durante la formación de la corona, por ello también reciben la denominación de líneas incrementales. Dichas líneas se relacionan con períodos de reposo en la mineralización y por lo tanto indicarían zonas menos mineralizadas.

Las laminillas o fisuras del esmalte son formaciones comparables a fallas geológicas, finas y delgadas, que se extienden de forma rectilínea desde la superficie del esmalte hasta la dentina e incluso pueden penetrar en ella. Se observan, tanto en cortes transversales mediante técnicas de desgaste con microscopía de luz y están constituidas básicamente por tejido poco o nada mineralizado. Las laminillas o fisuras se organizan, en general, en distintos planos de

tensión de la estructura del esmalte. Teniendo en cuenta estos conceptos las laminillas pueden también clasificarse en tres tipos distintos denominados: tipo A, Tipo B y tipo C (figs. I 20, 21, 22). Tipo A: son las zonas hipomineralizadas, determinadas por segmentos de prismas poco mineralizados.

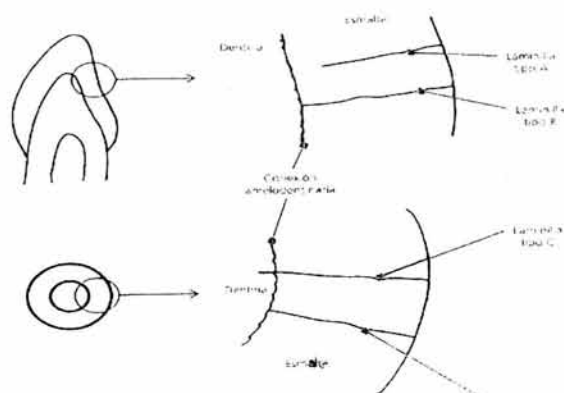


Figura I 21 Distintos tipos de laminillas, en cortes longitudinales y transversales del esmalte.

Tipo B: se forman antes de la erupción, pero son zonas sin esmalte ocupadas por células degeneradas. Pueden llegar a atravesar la UAD y suelen ser más profundas que las de primer orden. Sus paredes están determinadas por esmalte de mineralización normal o levemente hipomineralizado. Tipo C: se forman después de la erupción dentaria, pueden atravesar la dentina. Son zonas sin esmalte ocupadas por restos orgánicos provenientes de la saliva. Con frecuencia se hallan bifurcadas y presentan finas conexiones de entrecruzamiento.

Penachos de Linderer

Los penachos de Linderer son estructuras muy semejantes a las fisuras del esmalte y también comparables a fallas geológicas. Se extienden en el tercio interno del esmalte y se despliegan desde el límite **amelodentinario** en forma de arbustos fácilmente observables en

cortes transversales mediante técnicas de desgaste con microscopía de luz. (figs. I 21 y I 22).

Se cree que los penachos de Linderer se forman en el desarrollo debido a cambios bruscos en la dirección, en grupos de prismas debido a la orientación de algunos ameloblastos en la amelogénesis, ya que los penachos están formados básicamente por tejido poco mineralizado ricos en proteínas del esmalte.

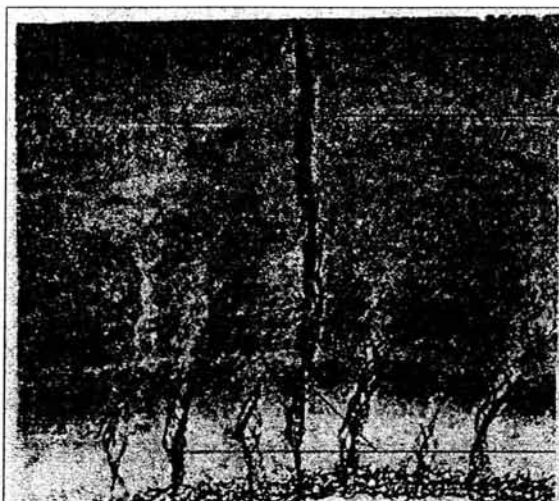


Figura I 22 Sector de los penachos adamantinos o de Linderer.

Se visualiza una laminilla del esmalte.

Corte transversal.

Técnica por desgaste, 100X.

Bandas de Hunter-Schreger

Son unas bandas claras y oscuras denominadas respectivamente parazonas y diazonas, de anchura variable y límites imprecisos, que se observan en el esmalte ocupando las cuatro quintas partes más internas del mismo. Se observan en cortes longitudinales por desgaste y con luz incidente polarizada. (fig. I 23).

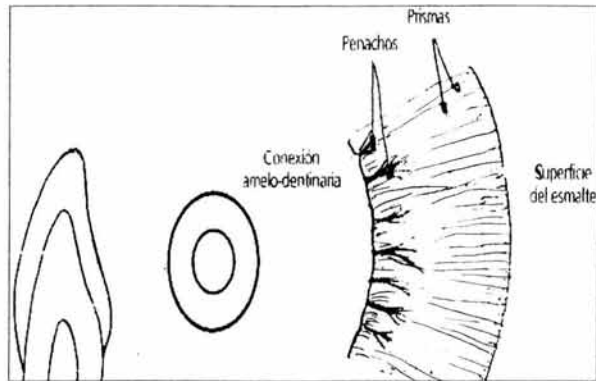


Figura I 23 Penachos de Linderer en un corte transversal del esmalte.

Este hecho pone en evidencia con el MEB, comprobándose a nivel de dichas bandas, la distinta orientación de los prismas en las parazonas y diazonas (figs. I 24).

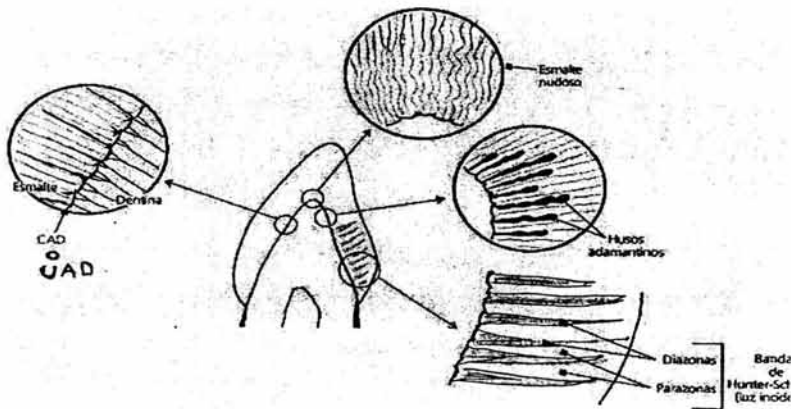


Figura I 24 Diagrama que representa estructuras determinadas por variaciones en la dirección de los prismas (esmalte nudoso y bandas de Hunter y Schreger); Estructuras sin esmalte (usos adamantinos) y el aspecto de la unión amelodentinaria (UAD).

El esmalte nudoso radica en que los planos circunferenciales de los prismas con sus ondulaciones se interrelacionan íntima y estrechamente entre sí. El entrecruzamiento de los prismas es un

factor que aumentaría la resistencia del esmalte, pues está ubicado precisamente en las zonas más expuestas a la acción de la masticación. (fig. I 24).

Los husos adamantinos son estructuras con aspecto de clavos irregulares que se encuentran a nivel de la UAD (fig. I 24). La penetración de dichas prolongaciones en el esmalte se realiza previamente a la mineralización del mismo, ubicándose entre los ameloblastos y persistiendo en el interior del esmalte cuando éste se mineraliza. Su orientación es similar a la del proceso odontoblástico del que provienen y no guardan relación con los prismas vecinos, son perpendiculares a la UAD y oblicuos respecto a los prismas. Los procesos odontoblásticos que en general terminan en extremo afilado y que se encuentran en cualquier sitio de la UAD, son llamados procesos odontoblásticos remanentes, mal llamados antiguamente "conductos o túbulos dentinarios penetrantes", pues no pueden penetrar en el esmalte una vez que éste se ha mineralizado.

Periquimatías y líneas de imbricación de Pickerill

Las líneas de imbricación son surcos poco profundos existentes en la superficie del esmalte, generalmente en la porción cervical de la corona; dichos surcos no son más que las estrías de Retzius observadas desde la superficie del esmalte. Entre los surcos, la superficie del esmalte forma unos rodetes, crestas bajas o rebordes transversales denominadas periquimatías (fig. I 20).

Las periquimatías son más marcadas en los dientes permanentes recién erupcionados y tienen tendencia a desaparecer con la edad como consecuencia del desgaste fisiológico; es por ello que las personas de edad presentan un esmalte de superficie lisa.

AMELOGÉNESIS

La amelogénesis es el proceso de formación que comprende 1º) la elaboración de una matriz orgánica extracelular; y 2º) la mineralización casi inmediata de la misma. Los ameloblastos que son las células

formadoras del esmalte. Estructural y ultraestructuralmente, el ameloblasto constituye la unidad funcional, dado que es la única célula responsable de la secreción de la matriz orgánica del esmalte.

Ciclo vital de los ameloblastos

Durante el desarrollo del germen dentario los ameloblastos atraviesan una serie sucesiva de etapas; tras diferenciarse y madurar, desaparecen por completo. Cada una de las etapas se caracteriza por presentar cambios estructurales citoquímicos y ultraestructurales que dependen del estado funcional, que poseen las células en relación con los procesos de formación o maduración del esmalte (fig. I 25). Como ya se mencionó con anterioridad, el desarrollo de los ameloblastos progresa desde los bordes incisales o cuspídeos hacia el asa cervical, por lo cual en un solo corte histológico de la etapa aposicional pueden observarse la mayoría de las características histológicas del ciclo vital de los ameloblastos.

Etapas morfogénicas: las células del epitelio interno del órgano del esmalte interactúan con las células ectomesenquimáticas de la papila determinando la forma de la UAD y de la corona.

Etapas de organización (ameloblasto joven): En esta etapa que coincide con el período de campana, las células del epitelio interno del esmalte, inducen a las células mesenquimáticas del tejido conectivo adyacente a diferenciarse en odontoblastos. Cuando esto ocurre se desarrolla una inversión de la corriente nutricia, al quedar separados los ameloblastos de la papila dentaria, su fuente primitiva de nutrición. Ahora su nutrición procede de los capilares del saco dentario que rodean al órgano del esmalte y que penetran con el epitelio externo por invaginación hacia el estrato intermedio. El cambio de polaridad que sufre el ameloblasto joven en esta etapa, está relacionado con una reprogramación de los mecanismos celulares que controlan el tráfico vesicular, dado que a partir de esta fase se va a desarrollar una intensa síntesis y secreción de proteínas del esmalte. En los ameloblastos

jóvenes que todavía conservan la capacidad de dividirse puede ya detectarse la presencia de amelogenina.

Etapa formativa o de secreción: El ameloblasto secretor es una célula diferenciada, muy especializada, que ha perdido ya la capacidad de dividirse por la mitosis. La población de preameloblastos constituye por ello una fuente constante de provisión de ameloblastos. Los ameloblastos secretores son células cilíndricas y delgadas de unos 60 μm de altura. Entre sus caras laterales existen sistemas de unión semejantes a los descritos en la etapa anterior, observándose pequeños espacios interameloblásticos hacia los que las células proyectan pequeñas microbellosidades. El núcleo del ameloblasto se encuentra ahora en el polo basal, o sea en el polo opuesto a la futura UAD. (fig. I 25).

La secreción de proteínas del esmalte y la aparición de cristales inorgánicos dentro de ellas, es casi simultánea. Los cristales del esmalte que se forman primero se interdigitan con los cristales de la dentina. A medida que se forma esta primera capa amorfa de esmalte (esmalte aprismático), los ameloblastos se alejan de la superficie de la dentina y cada uno desarrolla una proyección cónica denominada proceso de Tomes. Los sistemas de unión más próximos al polo proximal, marcan con claridad el límite entre el cuerpo celular del ameloblasto y el proceso de Tomes. Es decir, el ameloblasto secretor en esta etapa del ciclo se caracteriza desde el punto de vista morfológico por la presencia del proceso de Tomes, estructura responsable de la formación de los prismas y la disposición de los cristales dentro del mismo.

En el proceso de Tomes la membrana ofrece dos patrones de superficie: uno de ellos presenta invaginaciones, mientras que el otro ofrece una superficie más lisa. La presencia del proceso de Tomes supone la ruptura de la membrana basal, que se produce por la acción lítica de enzimas lisosómicas procedentes de los ameloblastos o por enzimas derivadas del odontoblasto.

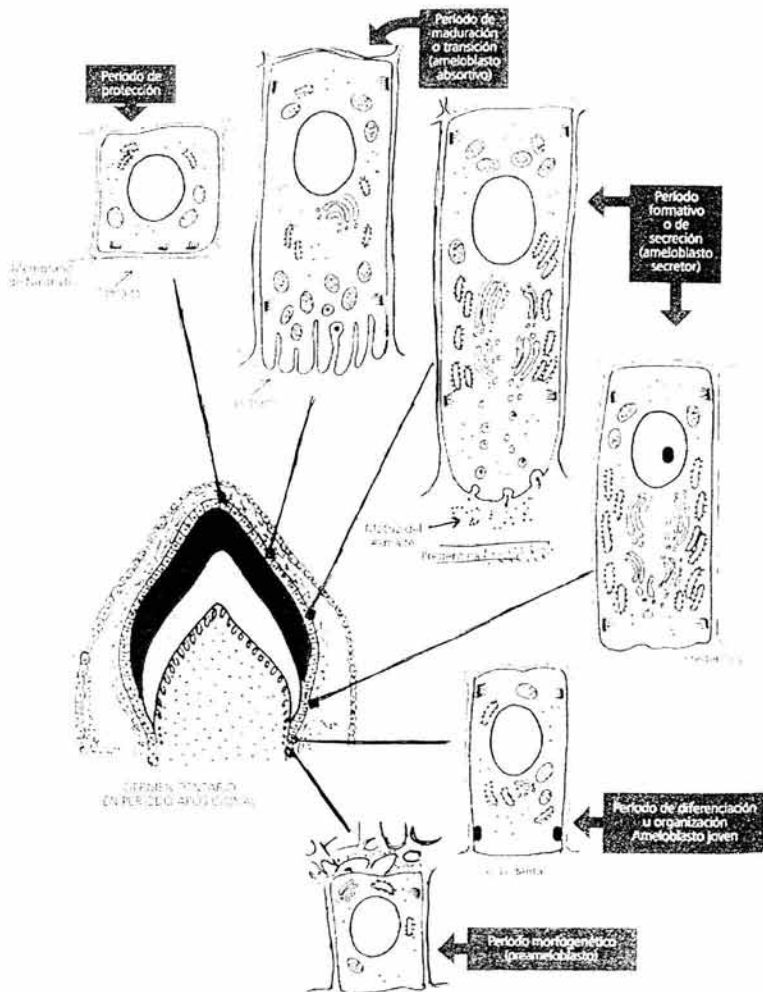


Figura I 25 Ciclo vital de los ameloblastos

Ambas secreciones y su posterior mineralización darán lugar a la organización de los prismas y a la orientación de los cristales en el seno de los mismos. La secreción de la cola de un prisma precede a la cabeza del siguiente, lo que configura una fosita ocupada por el resto del proceso de Tomes. Esta fosita se llena más tarde con la secreción elaborada por el polo secretor de la cabeza. Se desconoce si existen mecanismos selectivos de polaridad en la elaboración, tránsito y

secreción, en el ameloblasto, hacia cada una de las vertientes del proceso de Tomes (Fig. I 26).

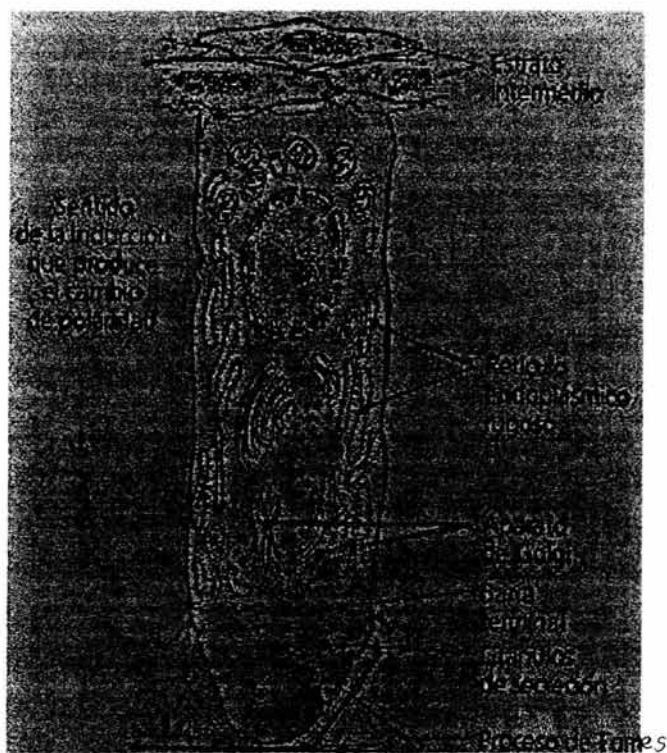


Figura I 26 Ameloblasto secretor

Se admite que en la formación de cada prisma intervienen cuatro ameloblastos y que cada ameloblasto contribuye a formar cuatro prismas (fig. I 27). La presencia y desarrollo del proceso de Tomes, están asociados principalmente con la formación del esmalte prismático. Esto explica que el esmalte que se deposita inicialmente sea aprismático.

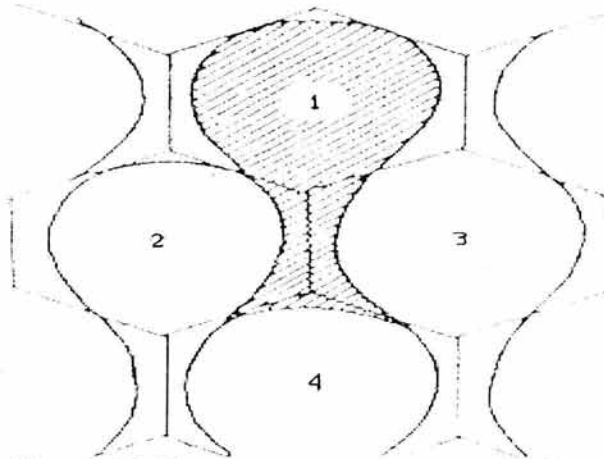


Figura I 27 Diagrama que muestra que cada prisma (rayado) está formado por cuatro ameloblastos (numerados).

Etapa de maduración: la maduración se produce después de haberse formado la mayor parte del espesor de la matriz del esmalte en el área oclusal o incisal (en las partes cervicales de la corona, la formación de la matriz del esmalte todavía continúa). La presencia de estas estructuras demuestra que en esta etapa las células tienen capacidad absorbente lo que les permite participar eliminando agua y matriz orgánica del esmalte. El resto de las células (50 %) debe ocupar el espacio previo existente y de ahí el carácter más aplanado que presenta la morfología de los ameloblastos.

Período de protección: cuando el esmalte depositado se ha mineralizado en su totalidad, el ameloblasto entra en un estado de regresión. Los ameloblastos dejan de estar organizados en una capa definida, ya no pueden distinguirse de las células del estrato intermedio y, en consecuencia, se fusionan con el resto de las capas del órgano del esmalte. En los ameloblastos las organelas disminuyen de volumen y

el complejo de Golgi vuelve a su posición inicial en el polo basal, junto a las células del estrato intermedio. Estos estratos celulares no distinguibles constituirán, finalmente, una capa estratificada denominada epitelio reducido del esmalte o epitelio dentario reducido, cuya función es la de proteger al esmalte maduro, separándolo del tejido conectivo hasta la erupción del elemento dentario. El último producto de secreción de los ameloblastos es la llamada cutícula primaria o membrana de Nasmyth.

Etapa desmólitica: el epitelio reducido del esmalte prolifera e induce la atrofia del tejido conectivo que lo separa del epitelio bucal, de este modo pueden fusionarse ambos epitelios. Las células del epitelio dentario elaboran enzimas que destruyen el tejido conectivo por desmólisis.

Si se produce una degeneración prematura del epitelio reducido puede no haber erupción.

HISTOFISIOLOGÍA

El esmalte presenta características histofisiológicas que lo distinguen de los demás tejidos dentarios. El conocimiento de estas características estructurales, físicas y químicas es indispensable para poder comprender su comportamiento biológico. Teniéndolo en cuenta es posible realizar una correcta reparación de los tejidos perdidos, prevenir la caries y evitar que el mecanismo destructor de la caries se repita. En relación con las fuerzas masticatorias es importante saber que el esmalte, que es el tejido más duro del organismo, es también, por su alto grado de mineralización, el más frágil, presentando, por ello, una gran tendencia a las macro y microfracturas. El soporte dentinario subyacente es el que permite, además de su sostén, una cierta elasticidad.

CAPÍTULO II

TÉCNICAS DE MICROSCOPIA

En esta sección mencionaremos de forma breve los diferentes tipos de la técnica que más se utilizó en el análisis realizado en este trabajo de tesis: la microscopía. La microscopía nos representa un dato incuestionable en los resultados presentados: la visión directa del objeto bajo análisis. Es por esta razón, si se cuenta con los métodos de preparación de muestras adecuadas, que la microscopía permite obtener la información que se requiere para dilucidar cómo es la estructura y el origen de la unión amelodentinaria.

MICROSCOPIA DE LUZ

La microscopía de luz es una herramienta importante para el estudio microestructural de los materiales. Este estudio debe hacerse en muestras cuidadosamente cortadas, desgastadas y pulidas. Además de pulir las muestras, se hace un ataque preferencial químico para revelar la estructura de la interfase esmalte-dentina y las fases presentes. Las características principales de un microscopio que determinan la imagen son: la amplificación, la resolución, la profundidad de campo y el tipo de aberraciones que introduzcan las lentes. Los detalles más pequeños que pueden distinguirse con un microscopio de luz son del orden de 200 nm. Para un microscopio de luz monocromática verde 400 nm y una apertura del lente de 1.7, la resolución es de 175 nm (20). Su profundidad de campo es deficiente comparada con la que se puede alcanzar con el Microscopio Electrónico de Barrido (MEB), pero su capacidad de muestreo es mayor que cualquier otra de las técnicas descritas en este capítulo.

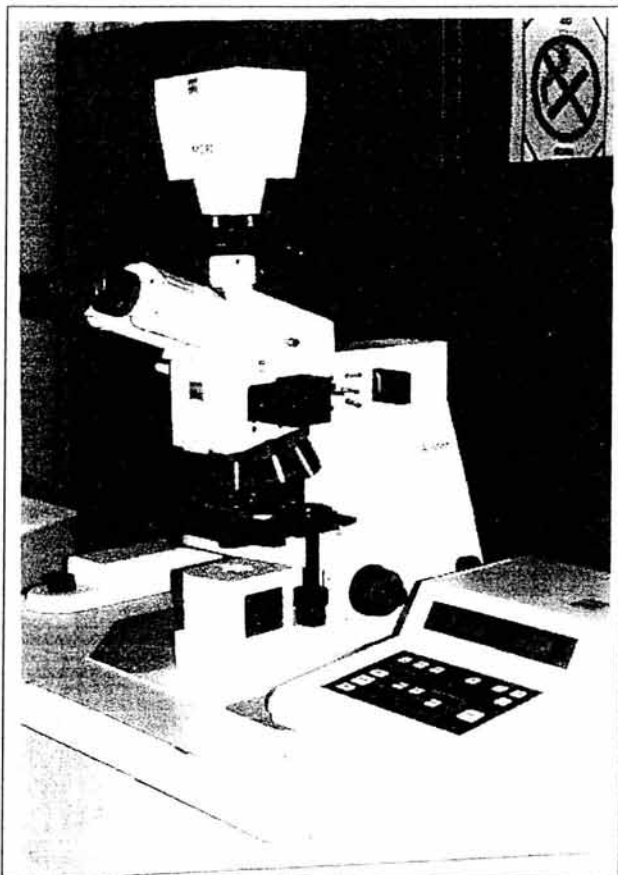


Figura II 1 Microscopio de luz Zeiss modelo Axiotech utilizado en este trabajo de tesis.

No podemos hablar de técnicas de microscopía de luz, sin antes recordar cómo es un microscopio de luz o fotónico y sus componentes.

Estos componentes son: 1.- Sistema de iluminación

2.- Sistema óptico

3.- Sistema mecánico.

1.- El sistema de iluminación

Lámpara: El sistema de iluminación proviene de una lámpara incorporada de bajo voltaje, la cual genera luz que pasa a través de la lente colectora y le permite seguir un camino vertical ascendente pasando por el diafragma de campo hacia el condensador, y finalmente hacia la muestra y el ocular.

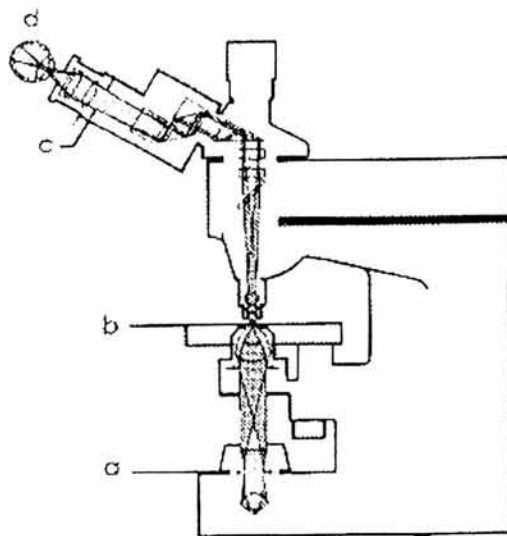


Figura II 2 Trayectoria del haz luminoso.

Diafragma de campo: éste se encuentra situado en la base del microscopio y cuya función es la de regular el diámetro de la emisión de luz a fin de que se ilumine sólo el área de campo visual (fig. II 2).

2.- Sistema óptico

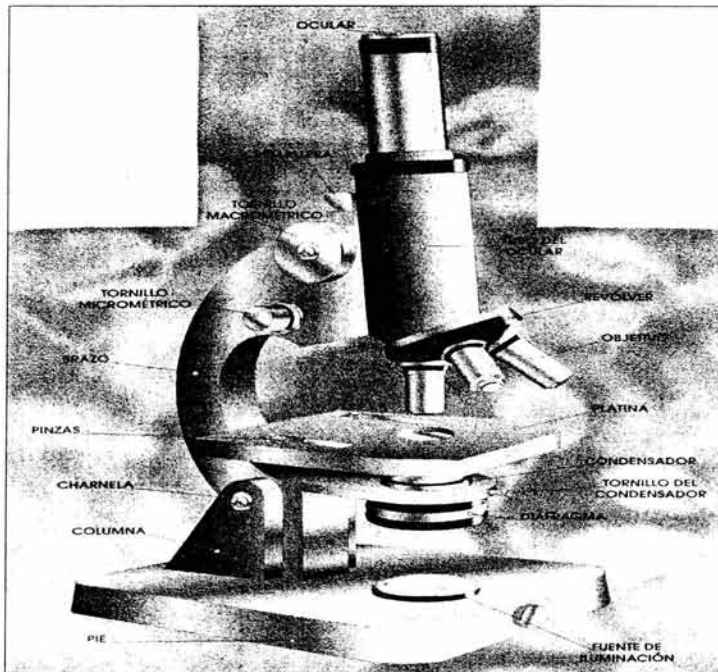
Condensador: este sistema de lentes es capaz de agrupar todos los rayos de luz que inciden en él, y los dirige hacia el plano focal del objetivo. El condensador más utilizado es el condensador de Abbe.

Objetivo: parte óptica esencial en un microscopio, la cual permite obtener el aumento inicial del objeto. Éstos van desde el 5X, 10X, 20X, 50X y 100X, pueden además utilizarse objetivos de inmersión ó secos.

Ocular: es la parte óptica final externa, situados en el tubo a través de los cuales se obtiene la imagen final. Los oculares tienen aumento propio y éstos pueden ser de 4x, 5x, 6.3x, 8x, 10x, 12.5x, 16x, 20x, ó 25x. Mejorando la imagen del objeto en observación junto con los objetivos que permiten la imagen inicial.

3.- El sistema mecánico

Está formado por: Base: mandos coaxiales de enfoque, platina y revolver (20).



TÉCNICAS PARA MICROSCOPIA DE LUZ

Campo claro

En esencia el microscopio en su uso de imagen de campo claro consiste en una fuente luminosa, un condensador que enfoca los rayos de luz sobre la muestra, una platina sobre la cual se coloca la muestra, un objetivo y un ocular a través del cual se puede observar directamente el espécimen.

La muestra que se va a observar con el microscopio de luz debe ser bastante delgada para que la luz pueda atravesarla. Al pasar por la muestra, parte de la luz es absorbida y la diferencia de absorción produce contrastes que revelan detalles de su estructura (fig. II 3).



Figura II 3 Imagen de campo claro de una muestra en corte transversal del espécimen dental, 10X.

La utilidad del microscopio de luz reside en su capacidad de ampliación y, lo que es más importante, su capacidad para resolver detalles estructurales. El poder de resolución es la capacidad de una lente o sistema óptico de producir imágenes separadas de objetos que se encuentran muy próximos. El grado de resolución depende no sólo del sistema óptico sino también de la longitud de onda de la fuente luminosa y de otros factores como el grosor del espécimen (20).

Contraste de fase

El índice de refracción de un medio se correlaciona en forma inversa con la velocidad de propagación de la luz. Cuanto mayor sea el índice de refracción, menor será dicha velocidad. Esta propiedad se aprovecha en la técnica que a continuación se describe que de otra manera serían poco visibles los elementos de las estructuras de una muestra.

Cuando un haz de luz incide sobre dos estructuras transparentes A y B, que poseen índices de refracción distintos y espesores iguales, la onda que atraviesa la capa B se retrasa, en relación con la onda que atraviesa la capa A. El ojo no percibe este retraso y los dos medios parecen igualmente transparentes (fig. II 4).

En la técnica de contraste de fase se introducen elementos ópticos para aprovechar la diferencia de este retraso. Para ello, se separa la radiación directa de la difractada y se produce en esta última un retraso de fase respecto a la primera para formar una imagen con la suma de las dos. Los pequeños cambios de fase que se producen en el objeto se amplían y se traducen en cambios de intensidad en la imagen, viéndose estas partes más o menos oscuras (20).



Figura II 4 Imagen de contraste de fase en una muestra obtenida de un corte transversal. Unión amelodentinaria. 10X.

Campo oscuro

La microscopía de la técnica de imagen de campo oscuro emplea dos tipos especiales de condensadores: uno parabólico y uno carboide. La muestra se ilumina con un haz de luz, suficientemente fino, bajo un ángulo agudo de forma que no inciden la lente frontal del objetivo. La apertura numérica del objetivo tiene que ser suficientemente baja para excluir la luz directa del condensador. El campo aparecerá uniformemente oscuro y cada partícula se verá como punto luminoso por efecto de difusión de la luz que incide sobre ella. (fig. II 5)



Figura II 5 Imagen de campo oscuro de una muestra obtenida del tercio medio de la corona dental (desgastada y pulida). 10X.

MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO (MEB)

El microscopio electrónico de barrido proporciona imágenes y datos físico-químicos de la superficie de cuerpos, por medio de un delgadísimo haz de electrones que barre dicha superficie y de detectores que recolectan las señales que de ella emanan, transformándolas en corrientes eléctricas que se emplean para formar una imagen en un monitor de televisión.

Para realizar estas funciones los MEB cuentan con las siguientes partes: a) óptica electrónica, b) cámara del espécimen, c) circuitos de alimentación de la óptica electrónica, generación de alto voltaje y de producción del barrido, d) detectores de electrones secundarios emitidos por la muestra, de electrones retrodispersos

y otros tipos de detectores, e) dispositivos para observación y registro de las imágenes (fig. II 6 a).

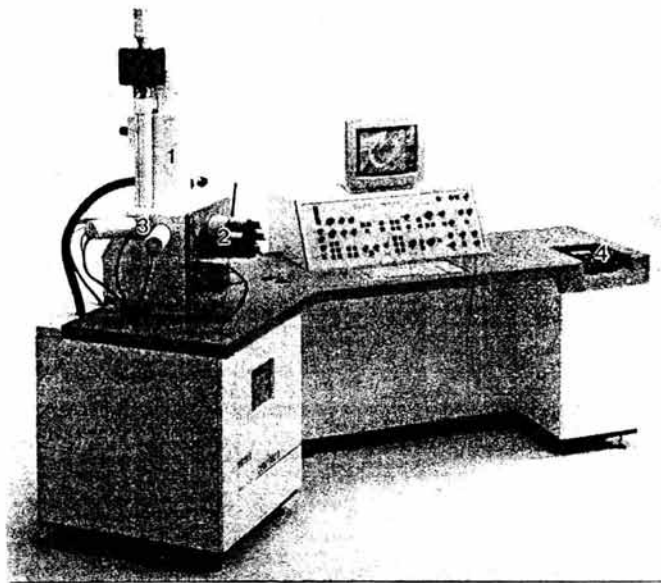


Figura II 6a Microscopio electrónico de barrido.

Las aportaciones del MEB al conocimiento de la Odontología, así como a muchas otras ciencias, han sido muy grandes. Con esta técnica se han podido conocer mucho mejor las superficies de tejidos, las relaciones intercelulares e infinidad de detalles finos de las superficies de los dientes.

La obtención de imágenes de alta calidad de voltajes de aceleración muy bajos mediante el empleo de lentes electromagnéticas y electrostáticas, ha capacitado a los investigadores para observar materiales orgánicos e inorgánicos muy sensibles, con haces de electrones acelerados a muy bajo voltaje que no causan mayores daños de radiación. La altísima resolución lograda por los MEB provistos de cañón de emisión de campo, ha facultado la localización de características químicas de las superficies mediante la inmunolocalización con

anticuerpos marcados con esferas de oro de menos de 10 nm de diámetro. La espectroscopía de rayos X ha producido muchos avances en el conocimiento de la localización ultraestructural de sustancias inorgánicas, de sustancias orgánicas en la composición general de las células y los contaminantes (21). Utilizando los electrones retrodispersados y secundarios, los cuales, como ya se indicó anteriormente, nos dan información sobre la superficie de la muestra, nos permiten de este modo obtener una imagen topográfica de ella, la cual con un detector localizado a un lado de la muestra recolectará información para la Microscopía Electrónica de Barrido (MEB)

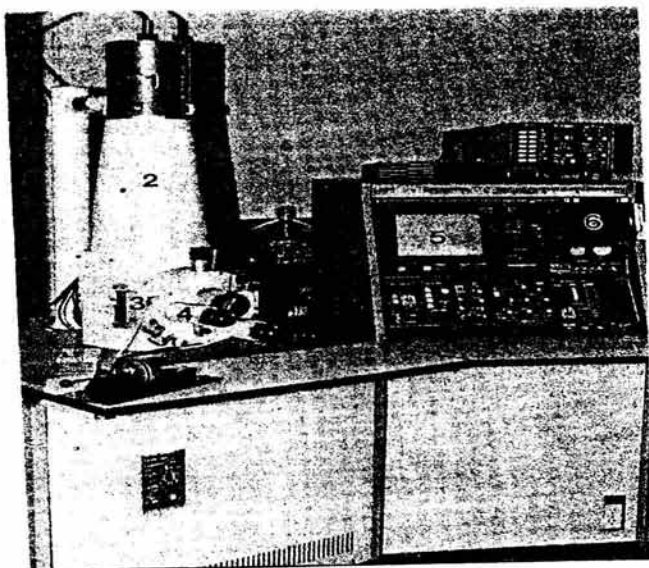


Figura II 6b Se observa el cañón (1); la columna (2) con las lentes electromagnéticas, que es más pequeña que la de un instrumento de transmisión; la amplia cámara del objeto (3) con los controles para mover la muestra en todos los sentidos (octagonales en el plano perpendicular al haz, de subida y bajada), de giro y de inclinación (4), el panel de controles con el monitor de observación (5), y la cámara de fotografía (6).

Este instrumento está diseñado para estudiar en alta resolución la superficie de los sólidos. En este aspecto el MEB pudiera ser comparado con el microscopio de luz, aunque el MEB posee una profundidad de foco y resolución mayores (fig. II 7), razón por la cual esta técnica da una impresión más real de la tridimensionalidad.

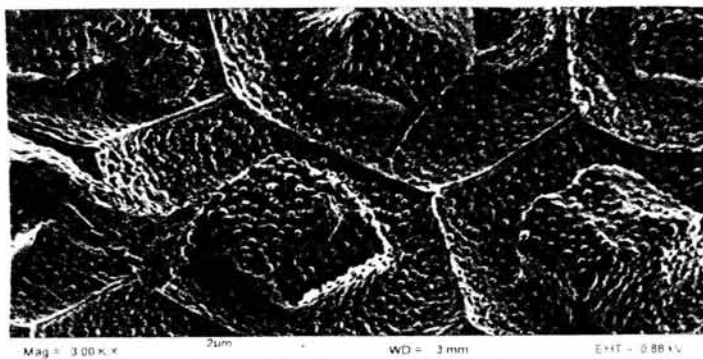


Figura II 7 Superficie de polen. Note el excelente detalle de la superficie y contraste.

Con los microscopios electrónicos de barrido modernos, los aumentos posibles sólo son ligeramente inferiores a los logrados con un microscopio electrónico de transmisión. Sin embargo la resolución de este tipo dependerá directamente del tamaño del haz de electrones que se emplee para barrer. En la práctica, ese tamaño es bastante pequeño, pero no podemos esperar resoluciones mayores de los 5 nm.

El MEB tiene un tipo de funcionamiento diferente respecto al MET. Está basado en el hecho de barrer la muestra con un haz electrónico de sección transversal pequeña y de alta energía y generar una imagen punto a punto de ella. Para ejemplificar esto, supóngase que tenemos una superficie a la cual bombardeamos con electrones emitidos en un punto, los que son recolectados por medio de detectores apropiados y utilizados

para modular la polarización de la rejilla de un tubo de rayos catódicos (monitor de TV.). De esta manera se establece una correspondencia uno a uno entre la cantidad de electrones detectada y la intensidad del punto correspondiente en la pantalla del tubo. Si repetimos la operación varias veces y empezamos a barrer la muestra, esa imagen punto a punto representará las características topográficas de la muestra (fig. II 8).

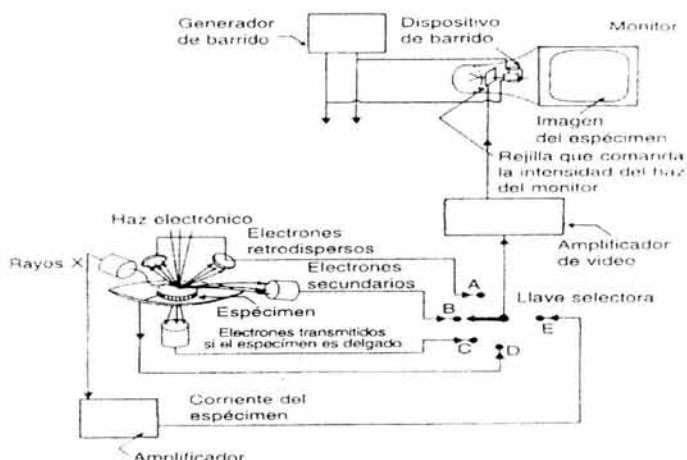


Figura II 8 Detectores de señales emitidas por la muestra al recibir el haz.

Por lo tanto, la imagen en la pantalla de televisión del microscopio electrónico de barrido es un mapa de las intensidades de los electrones emitidos por la superficie de la muestra en observación (22).

Interacción haz electrónico-muestra

Cuando el haz de electrones interactúa con la muestra se producen varios tipos de señales, las cuales nos permiten hacer la caracterización estructural y química de ella. Estas señales son: electrones retrodispersados, secundarios, absorbidos, Auger,

transmitidos y Rayos X característicos. (fig. II 9). Todas las señales que nos envía el sólido pueden ser detectadas y amplificadas por medio de dispositivos adecuados a cada caso.

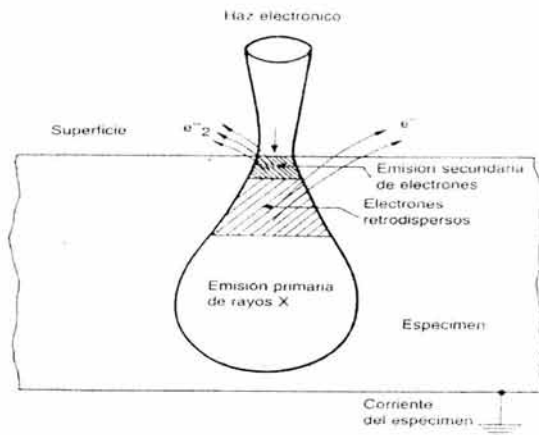


Figura II 9 El tamaño de la región de la cual procede cada tipo de señal que se produce cuando el haz electrónico interacciona con la muestra.

1.-Electrones retrodispersados. Son aquellos que se desvían debido a distorsión elástica por los átomos de la red; por lo tanto, su energía está muy cercana al haz incidente. Estos eventos se llevan muy cerca de la superficie de incidencia. La intensidad del haz retrodispersado aumenta cuando se incrementa el número atómico de los elementos que forman al sólido. Esto nos permite detectar zonas de diferente composición en el material.

2.- Electrones secundarios. Son emitidos como el resultado de excitación atómica producida por el haz y se caracteriza por tener un espectro de energías comparativamente bajo en relación al haz inicial. La emisión de secundarios depende tanto de la densidad como topografía del sólido, por lo que podemos formar con ellos imágenes de la superficie de la muestra.

3.- Electrones absorbidos. Son electrones que pierden tal cantidad de energía que no pueden salir del sólido, podrán ser detectados si ponemos electrodos en la muestra. Esta técnica puede ser utilizada para examinar variaciones en la resistividad de la muestra.

4.- Rayos X característicos. Es de esperarse que se emitan rayos X característicos debido a las transiciones de los electrones excitados por el haz, por lo que si utilizamos algún espectrómetro apropiado podemos construir un perfil de intensidades y conocer los elementos que componen a la muestra así como su concentración; es decir, podemos efectuar un análisis químico.

Estos son los electrones del haz inicial que atraviesan la muestra estudiada y llevan información sobre la estructura interna de la misma. Los Electrones Retrodispersados, por ejemplo, provienen de una región que se encuentra a 0.5 micrómetros por debajo de la superficie y los electrones secundarios sólo logran penetrar de 5 a 10 nm. La resolución que se logra con electrones secundarios es mucho mayor; por lo tanto, si queremos estudiar la superficie de la muestra, utilizaremos electrones secundarios para formar su imagen. (fig. II10). (22).

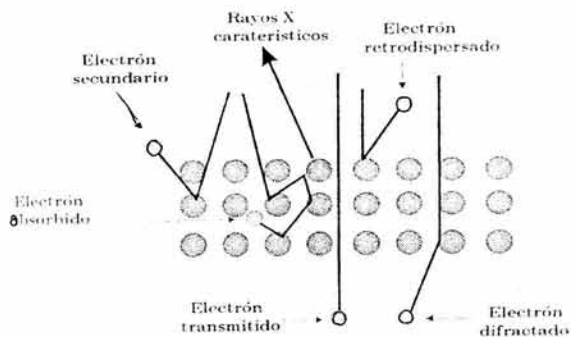


Figura II10 Electrones del haz que colisionan con los átomos de la muestra y las señales que generan.

RAYOS X CARACTERÍSTICOS

Los rayos X son un tipo de radiación electromagnética, cuya región en el espectro electromagnético está entre 0.05 a 125 KV y se producen, como se mencionó anteriormente, por el bombardeo de la muestra por electrones. Sabemos que el átomo está formado de electrones que se mueven en diferentes niveles o capas de energía alrededor de él. Estos niveles son llamados "K", el nivel más próximo al átomo y que puede acomodar 2 electrones; el siguiente nivel es "L", el cual puede acomodar 8 electrones; el tercero es llamado "M", con 18 electrones. Los otros niveles llamados "N" y "O", estarán también ocupados en los átomos de los elementos más pesados. La energía de estos niveles decrece conforme aumenta la distancia al núcleo (fig. II11).

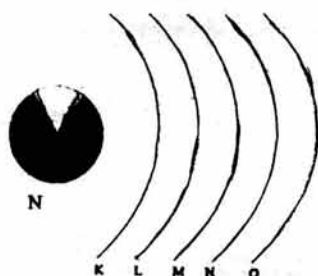


Figura II 11 Esquema del átomo mostrando los niveles subatómicos.

Se dice que un átomo está en su "estado base" cuando su energía total es mínima. Cuando los electrones son movidos a niveles de energía superiores o sacados del átomo, dejando un hueco en un nivel inferior, se dice que el átomo está "excitado". De esta manera, si el haz electrónico tiene la suficiente energía para excitar los electrones K de un átomo es capaz de excitar

los electrones L y M. Por lo tanto las energías de los rayos X característicos son clasificadas de acuerdo con el tipo de transmisión que las provoca. Al interaccionar la muestra con los rayos (fig. II13); éstas se reflejan en los planos atómicos de la muestra de acuerdo a la ley de Bragg produciendo una interferencia constructiva de acuerdo con la relación:

$$2 d \sin \theta = n \lambda$$

Donde "d" es la distancia interplanar, "λ" es la longitud de onda del rayo X que se utiliza, θ es la posición angular del pico de intensidad que se registra, y "n" es un número entero. Conociendo el número de picos y su intensidad, puede medirse la energía de los rayos X y la composición química de la muestra.

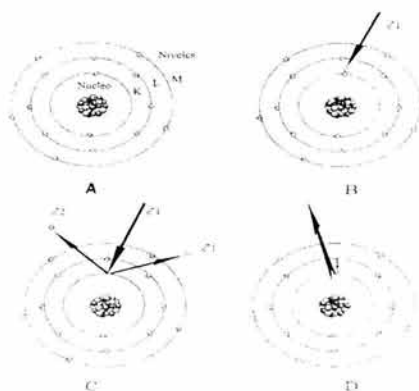


Figura II 13 Emisión de rayos X característicos A) átomo en un estado de mínima energía, B) el átomo es bombardeado con un haz de electrones, C) un electrón es expulsado fuera del átomo, creando una vacancia y dejando excitado al átomo, D) un electrón del nivel L ocupa la vacancia, y genera La radiación X.

Los rayos X en microscopía electrónica permiten realizar un análisis químico del material. Después de bombardear una muestra con electrones, teniendo colisiones múltiples que sufren los electrones de los átomos de la muestra mientras pierden energía, la distribución de los electrones puede ser que sea sacado por un electrón de alta energía del haz y puede que regrese a su estado base o a otro estado de baja energía, por dos caminos distintos: que un electrón de la capa ocupe un nivel inferior emitiendo un fotón o emitiendo otro electrón de la capa superior. Si se emite un fotón se produce un espectro característico de rayos X, registrando la distribución de electrones en una gráfica donde se van formando los picos; pero si los electrones son emitidos se conocen como electrones de Auger, ambos son efectos importantes de microanálisis químico de materiales (fig. II14) (22).

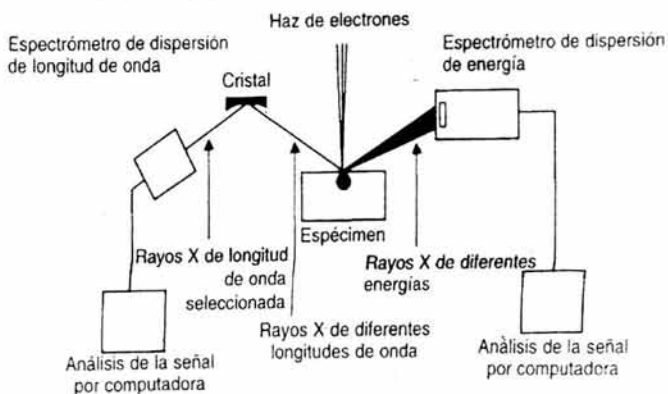


Figura II 14 Los rayos X emitidos por la muestra en el MEB se pueden caracterizar analizando sus energías o sus longitudes de ondas. El espectrómetro más empleado es el de dispersión de energía (EDS).

OBJETIVOS

Objetivo General

Identificar las características estructurales y químicas de la unión amelodentinaria por medio de microscopía de luz y microscopía electrónica de barrido.

Objetivos específicos

- 1.- Observar el arreglo estructural de la unión amelodentinaria.
- 2.- Analizar tanto estructural como químicamente a nivel micrométrico la unión amelodentinaria.
- 3.- Localizar las estructuras físicas de los tejidos: esmalte y dentina propiamente en su unión.
- 4.- Caracterizar las propiedades mecánicas entre el esmalte y la dentina para definir el comportamiento de la unión amelodentinaria.

HIPÓTESIS

- 1.- Las características microestructurales y químicas de la unión amelodentinaria es la combinación de ambos tejidos encontrados.
- 2.- En la unión amelodentinaria el esmalte y la dentina presentan las propiedades estructurales adecuadas a su función.
- 3.- La superficie de la unión amelodentinaria presenta la misma estructura en todo su recorrido.
- 4.- Las propiedades mecánicas de la unión amelodentinaria y las correspondientes al esmalte y la dentina son diferentes para darle una alta eficiencia a ésta en el papel que desarrolla dentro de la constitución estructural del diente.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

El tipo de estudio realizado en este trabajo es exploratorio, longitudinal, confirmatorio, prolectivo y descriptivo. La metodología empleada para el análisis de la unión amelodentinaria que nos permitirá su estudio estructural y químico será, como se mencionó anteriormente, por microscopía de luz, microscopía electrónica de barrido (MEB); "mapeo" y análisis químico por difracción de rayos X. Para esto se utilizaron sustancias químicas en las muestras obtenidas de los especímenes, de acuerdo a la técnica de estudio que se vaya a utilizar para su observación.

POBLACIÓN DE ESTUDIO

Premolares primeros o segundos, izquierdos o derechos, superiores o inferiores extraídos por tratamiento de ortodoncia de pacientes aparentemente sanos entre 14 y 22 años de edad de sexo femenino o masculino.

CRITERIOS DE SELECCIÓN

INCLUSIÓN: Que hayan sido recientemente extraídos y guardados en agua destilada.

EXCLUSIÓN: Los que tengan caries de cualquier grado y que estén obturados.

ELIMINACIÓN: Mal formación en su constitución física y fracturados de la corona clínica.

VARIABLES

Dependiente: Unión Amelodentinaria.

Independiente: Glutaraldeído al 2.5 % y Ácido nítrico al 5 %.

ESPECÍMENES PARA LA OBTENCIÓN DE MUESTRAS

Las muestras obtenidas de los especímenes recolectados (20 especímenes) y puestos inmediatamente en agua destilada, de pacientes aparentemente sanos de entre los 14 y 22 años de edad y sexo femenino o masculino, remitidos a consulta particular por extracción indicada de los premolares para tratamiento de ortodoncia (fig. III 1).

Los especímenes fueron seccionados transversal y longitudinalmente en su porción coronaria, de tal forma se obtuvo una rebanada por cada espécimen, en las que se observó la unión amelodentinaria completamente. Se sumaron en total 20 muestras: 10 muestras seccionadas transversalmente y 10 muestras longitudinalmente con un grosor de 2 mm. aproximadamente. Los equipos aquí utilizados se encuentran en los laboratorios de microscopía electrónica del Instituto de Física de la UNAM, lugar donde se desarrollaron las técnicas de estudio y los procedimientos de preparación de las muestras obtenidas.

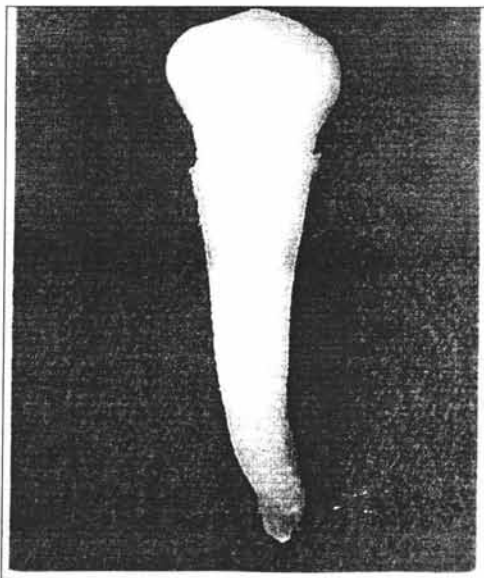


Figura III 1 Premolar humano sano utilizado para la obtención muestras.

PROCEDIMIENTO

Para la realización de este estudio se analizaron las muestras en el microscopio de luz y el microscopio electrónico de barrido con la modalidad de análisis y mapeo químico. La preparación de muestras difiere relativamente para ambos microscopios, por lo que a continuación se describe el método de preparación de las muestras desde el corte y pulido, además de mencionar el material y sustancias utilizadas para la fijación y ataque químico preferencial en 7 pasos.

1°.- Fijación

Para la observación y estudio de la unión amelodentinaria, se le dio un tratamiento especial a los especímenes con glutaraldehído al 2.5% como fijador del material orgánico, durante 48 horas, antes de cortar, desgastar y pulir la muestra, este tratamiento es importante sólo en las muestras observadas en microscopía electrónica de barrido, ya que no es necesario este paso para la microscopía de luz.

2°.- Corte del espécimen (muestras)

Para obtener una muestra de corte transversal o longitudinal del espécimen de su porción coronaria y tercio medio, es necesario incluirlo en acrílico autocurable en un cubo del tamaño total del espécimen y de ese modo se pueda sujetar mejor el espécimen durante el proceso del corte.

El microtomo es el aparato para hacer cortes con disco de diamante (fig. III 2). Se ajusta el espécimen incluido en un cubo de acrílico, seccionando por cortes, espesores de un grosor de hasta 2 mm. Hechos los cortes y obtenidas las muestras quedan burdas y rayadas, por lo que se pega con resina, por una de las superficies de la muestra, en un porta muestras de aluminio para el siguiente paso que es desgastar y pulir la muestra por la otra superficie hasta dejarla como espejo.

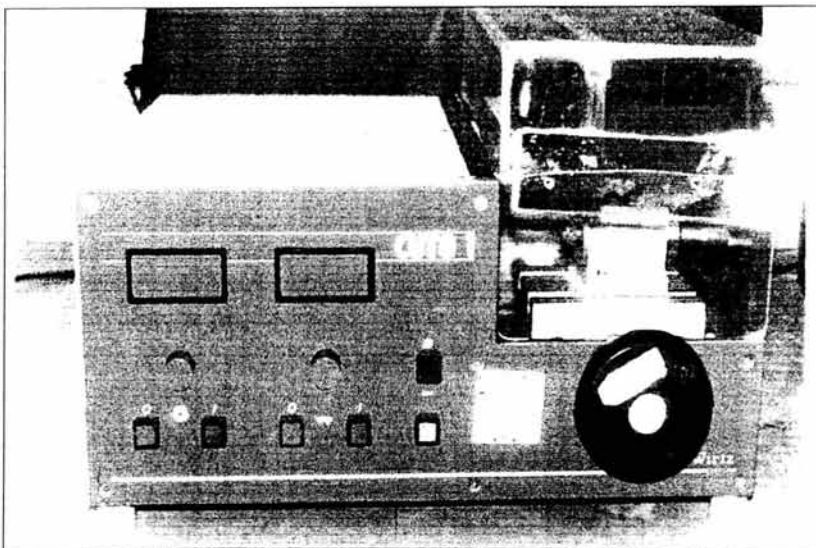


Figura III 2 Cortadora con disco de diamante de marca Wirtz, modelo Cuto 1 del IFUNAM, utilizado para los cortes de los especímenes.

3°.- Pulido a espejo

El siguiente paso es colocar al portamuestra en la pulidora orbital "Bueler", modelo Minimet, que nos ayuda a desgastar y pulir las muestras (Fig. III 3). primero desgastamos con lija de grano no. 320, cambiando a lija no. 600, posteriormente lija de no.1200, y por último con la lija de no. 4000 que es la más fina. Realizado el desgaste con ayuda de agua destilada, se pule posteriormente con un paño y solución de alúmina hasta lograr en la superficie un brillo de espejo. Entonces se despegua la muestra del porta muestras de aluminio y se pasa a otro porta muestras (barril de aluminio) lista para el ataque preferencial con ácido nítrico al 5% a intervalos diferentes de tiempo.



Figura III 3 Pulidora del IFUNAM de la marca Minimet, modelo FUSE que se utilizó para la preparación de muestras estudiadas en el microscopio de luz y microscopio electrónico de barrido (MEB).

4°.- Ataque químico

Fijado el material orgánico por el glutaraldehido al 2.5% en las muestras, desgastadas y pulidas al alto brillo, fueron sumergidas o "atacadas" en ácido nítrico al 5% en intervalos de tiempo de 2, 5, 10, 15 y 25 minutos. Esto se realizó con el objetivo de revelar las estructuras inorgánicas, sin perder el material orgánico logrando mayor nitidez y definición en las imágenes obtenidas. Seleccionando las muestras que lograban una mejor fijación y un trato mejor con el ácido en el intervalo de tiempo de 2 a 5 minutos. Lo que se logró con esto fue captar imágenes de estructuras de ambos materiales orgánicos e inorgánicos

en su unión en diferentes aspectos o etapas del "ataque", por la variación de tiempo del "ataque" químico con ácido nítrico al 5%.

5°.- Observación al microscopio

Para la observación de 10 muestras en el microscopio de luz fue suficiente desgastarlas, pulirlas al alto brillo y tratarlas sólo con ácido nítrico durante 1 minuto. Para la observación de 10 muestras en el microscopio electrónico de barrido fue necesario primero tratar al espécimen con glutaraldehído "fijador" por 48 horas y una vez tratadas con ácido nítrico al 5 % en diferentes intervalos de tiempo, las muestras obtenidas, se pegan por la superficie de la muestra que no fue trabajada con plata líquida en porta muestras de aluminio, aplicando una película conductora de oro en la evaporadora de alto vacío (Fig. III 4). De esta manera comenzamos su observación y estudio por ambos microscopios a través de las imágenes tomadas.

6°.- Análisis y "mapeo" químico

La otra modalidad que nos brinda el microscopio electrónico de barrido es el análisis y "mapeo" químico de las estructuras de la unión amelodentinaria de las muestras fijadas con glutaraldehído al 2.5 %, tratadas con ácido nítrico al 5 % y cubiertas por una capa conductora de oro en la cámara de vacío, seleccionando dos muestras, para conocer porcentaje de los elementos químicos de material orgánico e inorgánico, así como, "mapas" de las estructuras físicas que conforman los tejidos del esmalte y dentina en su zona de unión.

7°.- Proceso fotográfico

Cada una de las técnicas de microscopía cuenta con un sistema fotográfico, de esta forma se da a conocer el trabajo de investigación. El proceso de las películas fotográficas obtenidas requiere de conocimientos precisos para revelar y el equipo necesario, complementado con exactitud y calidad en el material con la técnica de

fotografía para obtener lo mismo que observamos en la pantalla de los microscopios. Con esto me refiero a las actividades en el cuarto oscuro donde se procesa desde el revelado del negativo, impresión en papel y ampliación de las fotos.

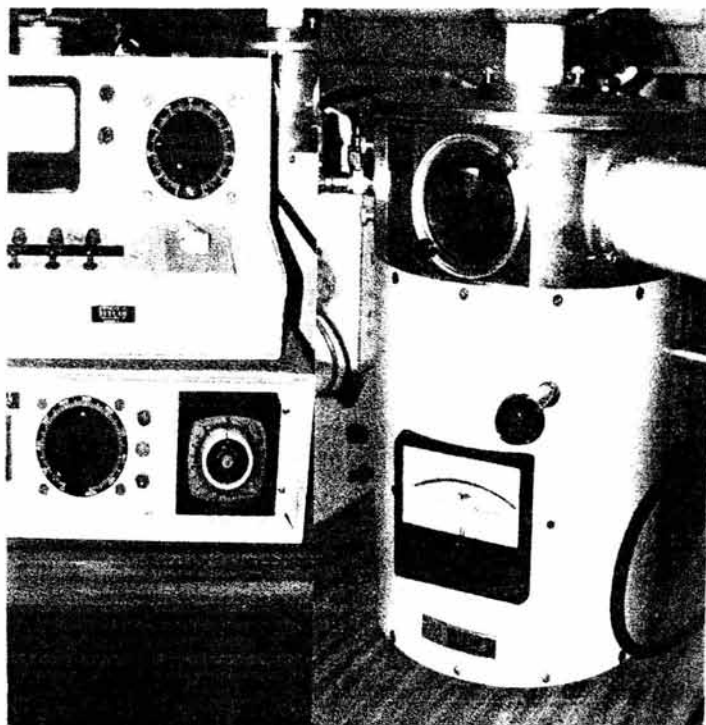


Figura III 4 Evaporadora de plasma del Instituto de Física de la UNAM que se utilizó para recubrir las muestras con una película nanométrica de oro para su mejor observación por MEB.

RECURSOS

RECURSOS FÍSICOS

1. Laboratorio de microscopía de luz (microscopios de luz con cámara fotográfica)
2. Laboratorio de microscopía electrónica de barrido.
3. Laboratorio de microscopía de barrido para análisis y mapeo químico.
4. Laboratorio de fotografía (cuarto oscuro).

RECURSOS MATERIALES

1. 100 ml. De glutaraldehído al 2.5%
2. 20 especímenes.
3. 100ml. De ácido nítrico al 5%.
4. 1 microscopio de luz "axiotech" con cámara fotográfica integrada.
5. Polvo y líquido de acrílico autocurable.
6. 50 hojas de papel fotográfico tamaño carta.
7. Lijas # 320, 600, 1200 y 4000.
8. 1 L. de agua destilada.
9. Cortadora Wirtz, modelo Cuto 1.
10. 2 millares de hojas blancas p/ impresora.
11. Pulidora Minimet, modelo FUSE.
12. Cámara de vacío para película de oro.
13. Computadora; impresora, escáner y 6 cartuchos de tinta.
14. 10 hojas de registro.
15. Papel térmico p/ MEB.
16. 40 películas (negativos) p/ MEB.

RECURSOS HUMANOS

- (1) Pasante de la carrera de odontología.
- (1) Director de tesis. (1) Asesor de tesis.
- (2) Técnicos en laboratorio de microscopía de luz.
- (2) Técnicos en laboratorio de MEB.
- (2) Técnicos en digitalización de imágenes.

RECURSOS FINANCIEROS

- 1.- Pasante: Antonio González Vázquez.
- 2.- IFUNAM.

CAPÍTULO IV

R E S U L T A D O S

En esta sección vamos a mostrar los resultados obtenidos después de haber preparado las muestras, tal y como se mencionó en el capítulo de la metodología. Este capítulo de resultados lo vamos a dividir en diferentes secciones como son: microscopía de luz; mostrando la ubicación de la UAD entre dos tejidos diferentes esmalte y dentina. Microscopía electrónica de barrido; obtuvimos imágenes de las estructuras del esmalte y dentina respecto a su unión y microscopía electrónica de barrido por mapeo y análisis químico (difracción de RX); En la UAD se encontraron datos de los elementos mayoritarios de material orgánico, puntualizando por medio de un mapa a los elementos que se distribuyen entre el esmalte y dentina partiendo que la unión como una estructura que sistemáticamente trabaja distribuyendo y mediando las fuerzas en la combinación de ambos materiales, para lograr esa dureza y sensibilidad como mecánica y funcionalidad en el sistema masticatorio.

MICROSCOPIA DE LUZ

La Unión Amelodentinaria (UAD) es muy fácil de observar en el microscopio óptico. Los ejemplos son muy conocidos y se encuentran en varias publicaciones entre las que podemos mencionar los atlas, alguna que otra revista de odontología, pero principalmente en libros de histología dental. Todos tienen una imagen de la UAD observada por microscopía de luz. En este caso veremos las estructuras que se observan cuando tenemos una muestra preparada adecuadamente para observar a la UAD por medio de microscopía de luz, principalmente sus dos materiales o tejidos (orgánico e inorgánico) el esmalte y la dentina.

En la figura IV 1 observamos entre la dentina y el esmalte a la UAD que separa a estos dos materiales. En esta figura tenemos dos imágenes A y B que muestran la misma zona con la diferencia del tipo de iluminación usada. Estas son imágenes de una muestra obtenida por un corte transversal, desgastada y pulida al alto brillo, además de ser "atacada" con ácido nítrico al 5% durante 2 minutos, lista para su observación en el microscopio de luz. La imagen A corresponde a un campo claro, que es el modo normal de operación del microscopio de luz, y la imagen B corresponde a un campo oscuro. En esta figura y en lo que resta del capítulo vamos a utilizar la letra "D" para dentina y la letra "E" para indicar el esmalte.

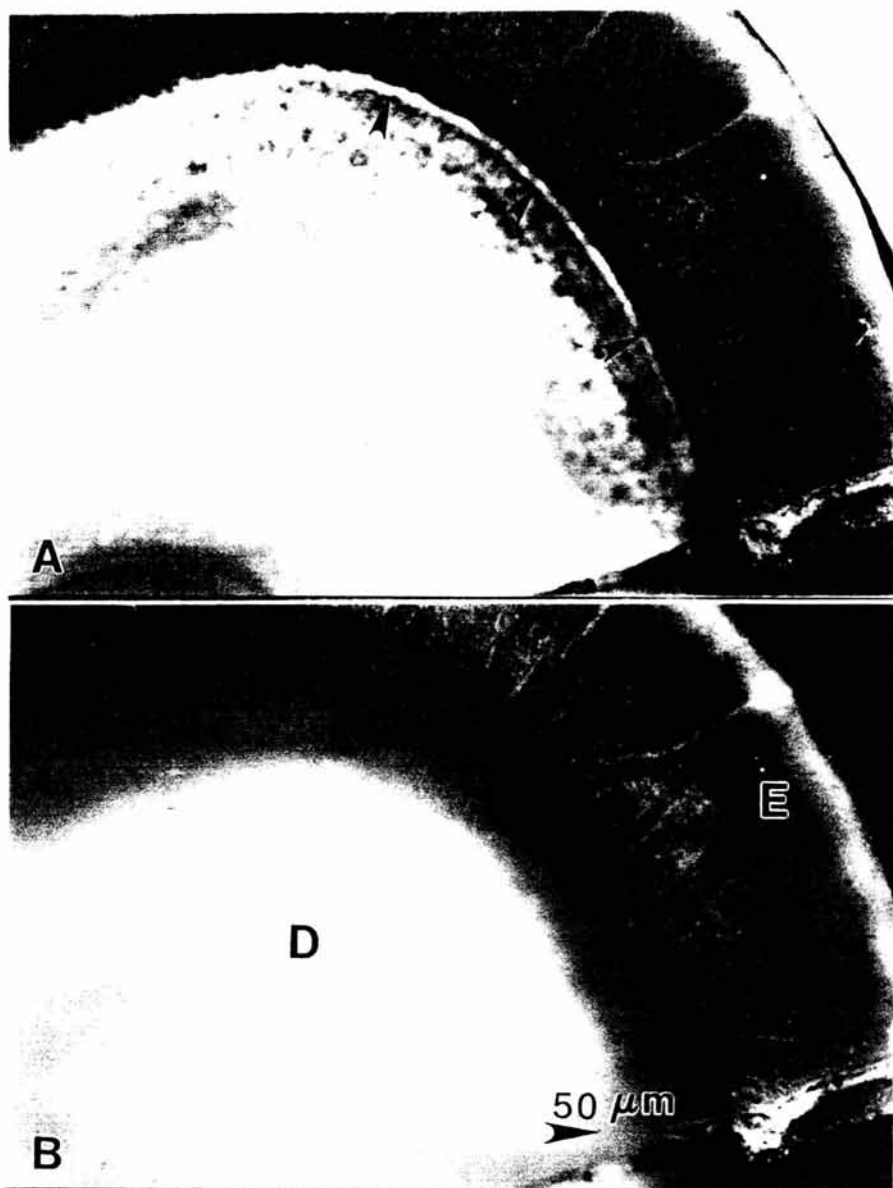


Figura IV 1 A) Muestra "atacada" con ácido nítrico al 5 % en un Corte transversal. Campo claro de los materiales del esmalte y dentina. B) Las mismas estructuras, sólo que en oscuro.

Se puede distinguir en el ángulo superior derecho cómo la resina se ve blanca en la imagen IV 1A y oscura en la imagen B. También vemos que el contraste de la dentina en la imagen A es un tipo moteado, que no se observa en el caso de la imagen B. Sin embargo, hay que notar las microfracturas que corresponden a los penachos que se distribuyen a todo lo largo de la UAD.

Es importante notar en esta figura un contraste interesante: el hecho de que aparece una franja que contrasta bastante bien y que aparece con diferente color en la imagen A. Esta franja, indicada por flechas, aumenta conforme se va alejando y tiene diferente espesor a lo largo de la UAD. Esta franja no corresponde a un hueco o separación existente, sino a la proyección del espesor del esmalte con respecto a la dentina. Entonces, esta franja es la proyección del espesor del esmalte que vemos a través de la dentina. Esto quiere decir, el espesor que tiene el esmalte es curvo y cubre a la dentina y alcanzamos a ver su sobreposición con la dentina, la cual se va curvando a través de la superficie de la dentina. Este contraste es la sombra del espesor del esmalte a través de la dentina. Uno de los detalles importantes de la figura IV 1 es que nos muestra la UAD a través de imágenes del microscopio de luz. En ese caso es una muestra sin la utilización de fijador (glutaraldehído), sólo ácido nítrico y, lo más importante, observamos a la UAD como frontera entre el esmalte y la dentina.

Si queremos saber más acerca de la UAD, y detalles con mayor resolución, tenemos que hacer una preparación de muestra un poco diferente. Es decir, tenemos que revelar la estructura de la UAD, que se ubica entre el esmalte y la dentina en la superficie de la muestra, que en realidad se encuentra al entrar en contacto con el microscopio de luz el esmalte y dentina, y eso es lo que vamos a presentar en las siguientes imágenes. En la figura IV 2 tenemos una muestra en la cual observamos de nuevo la UAD pero ahora con características diferentes con respecto a la figura IV 1. En esta figura observamos dos imágenes en contraste de fase que nos muestran en color la diferencia del tipo de material. En la dentina aparece el rayado característico de este material orgánico, dado por los túbulos dentinarios que se limitan en la UAD.

En este caso la dentina tiene una forma triangular y el esmalte rodea al triángulo; podemos ver claramente las bandas de Hunter-Schreger. También presenta ilusión óptica debido al espesor de la muestra en proyección en la imagen. En el espacio oscuro al final de la dentina se da la diferencia del otro material que es más inorgánico: al esmalte lo caracterizan las bandas claras y oscuras conocidas como "diazonas y parazonas" o "bandas de Hunter-Schreger". En la imagen B también observamos los dos tipos de material sólo que a un aumento mayor.

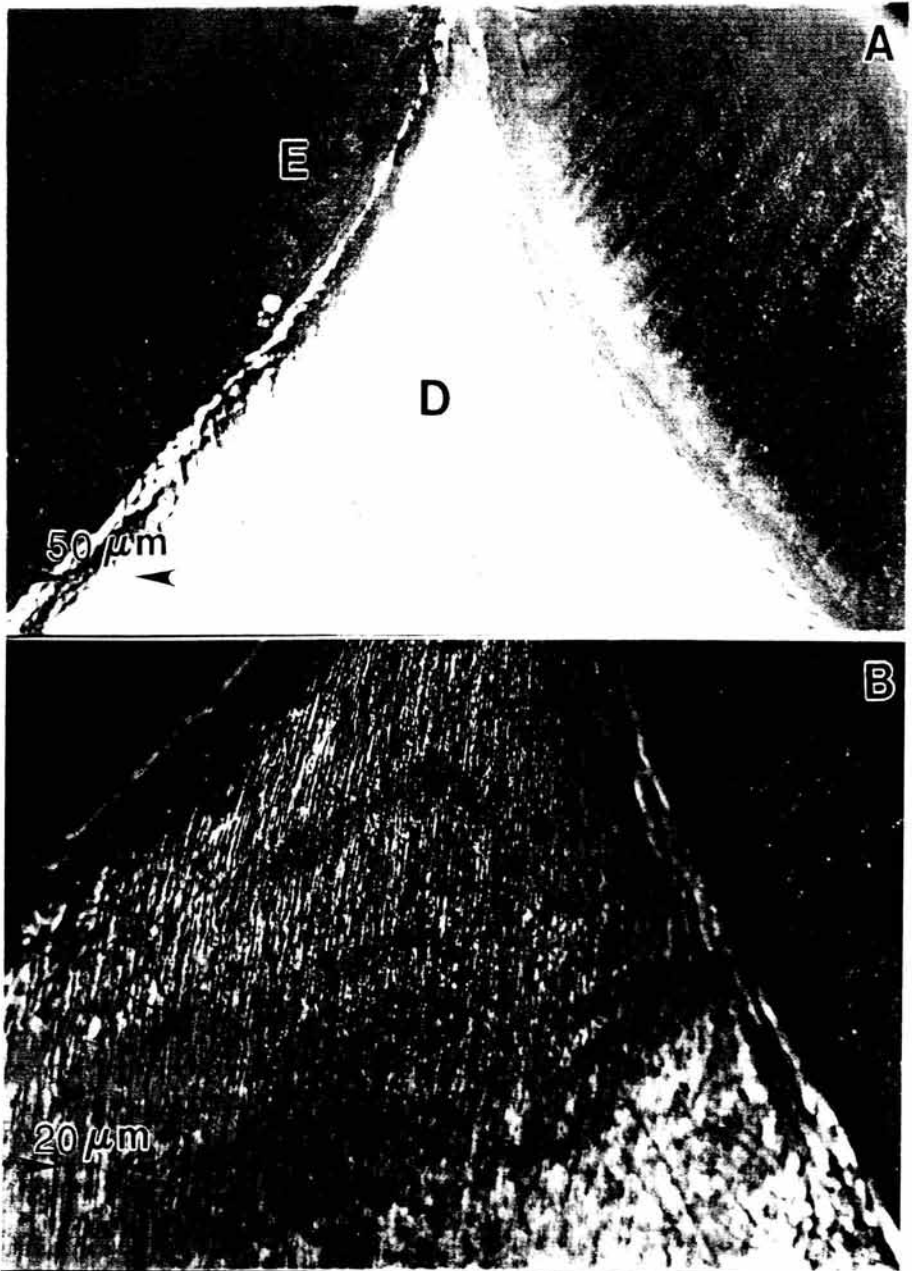


Figura IV 2 A Campo oscuro de una muestra en corte longitudinal. B. La misma muestra en fase de contraste.

Como un ejemplo de que la unión amelodentinaria la podemos observar con distintas técnicas del microscopio de luz, tenemos las imágenes de una misma zona, pero con diferente tipo de iluminación, como se presenta en la figura IV 3. Un contraste interesante que presenta la imagen IV 3A son las ondulaciones en el esmalte que muestran las bandas de Hunter-Schreger. En la dentina observamos el puntilleo y rayado que caracteriza a la dentina primaria y secundaria. Se observan además espacios oscuros en el esmalte conocidos como penachos o husos adamantinos. Estas estructuras también se observan en las figuras anteriores. La UAD se presenta con un contraste diferente el cual nos permite ver bastante bien la superficie de contacto entre el esmalte y la dentina.

En las figuras IV 1, 2, y 3 tenemos dos tipos de iluminación, uno por transmisión y otro por reflexión; y vemos claramente la diferencia entre estos dos tipos de contraste.

Un detalle importante que hay que comentar, como resultado de estas observaciones con el microscopio de luz, y como lo habíamos mencionado anteriormente es que, el esmalte y la dentina están completamente unidos, se encuentra siempre en contacto y no tenemos ningún hueco entre ellos. También es importante comentar, cómo en la imagen IV 3 A se observa por el modo de reflexión, que las franjas de Hunter-Schreger tienen poco contraste y poco relieve tal como lo muestra la imagen, a diferencia del caso de transmisión. Por ejemplo en la figura IV 2, el contraste que muestra es bastante claro, puesto que la luz es transmitida.

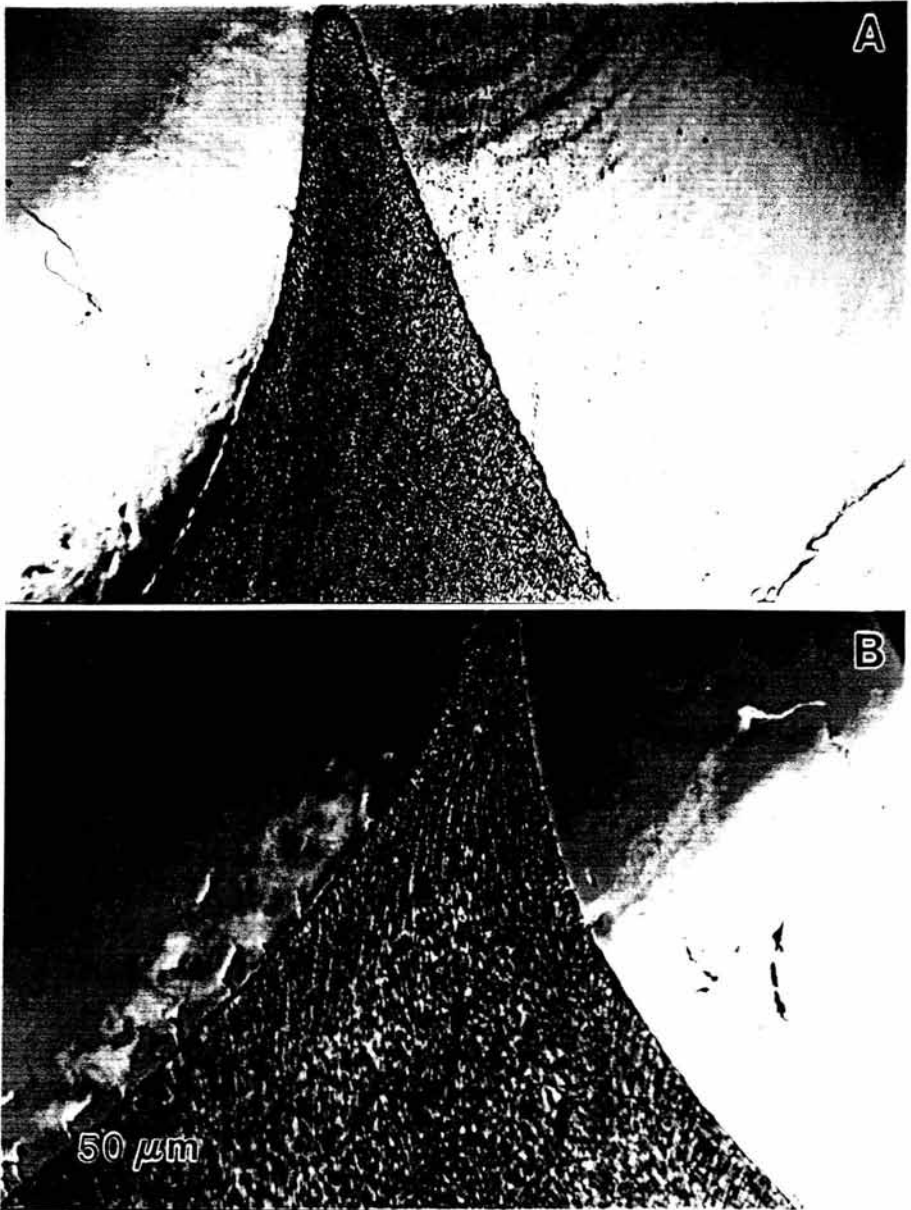


Figura IV 3 Muestra en corte longitudinal. A) La unión Amelodentinaria, frontera de dos materiales duros, vistos por microscopía de luz por el modo de contraste de fase, también en la imagen B.

Otro hecho importante es que la UAD presenta estas microfracturas en el esmalte y corresponden a los penachos o husos adamantinos. Es muy importante ver que en este tipo de muestras el número de penachos que llegan a presentarse varían en cada muestra. Por ejemplo, en la figura IV 1 la densidad de penachos es alta comparada con la figura IV 3, en la cual sólo se observan unos cuantos.

También se debe mencionar que entre las figuras IV 2 y 3 podemos observar claramente el contraste que presenta en el modo de operación de luz reflejada, como es el caso de la figura IV 3. Aquí tenemos que el contraste es completamente diferente, pero a la vez son complementarios. Ya que permiten mostrar los contrastes con diferentes modos de operación dando una mejor idea de cómo están estructurados los materiales del esmalte con la dentina en su unión. Esta comparación entre luz transmitida y luz reflejada la podemos ejemplificar aún más en la figura IV 4, en la cual se muestran diferentes imágenes con diferentes modos de operación. En la figura IV 4 A se muestra una imagen por luz reflejada mientras que en las imágenes IV 4 B y C observamos la misma zona pero por luz transmitida. Entonces vemos inmediatamente la diferencia entre ellos.

En la imagen IV 4 B se observa el rayado de la dentina dado por los túbulos dentinarios por donde viajan las prolongaciones odontoblásticas llegando hasta la UAD y un poco más adentro del esmalte. En la imagen IV 4 C vemos en un contraste de fase y podemos diferenciar al esmalte y dentina separados por un espacio oscuro, la UAD. Este espacio corresponde de nuevo a la proyección del espesor del esmalte sobre la superficie de observación. Por eso se ve un poco desenfocado, pero nos permite ver con detalle las características de la UAD, a diferencia de la imagen IV 4 B, en la cual la UAD se ve claramente a todo lo largo de la fotografía,

mientras que en las imágenes IV 4 B y C vemos un poco desenfocada esta estructura llamada unión.

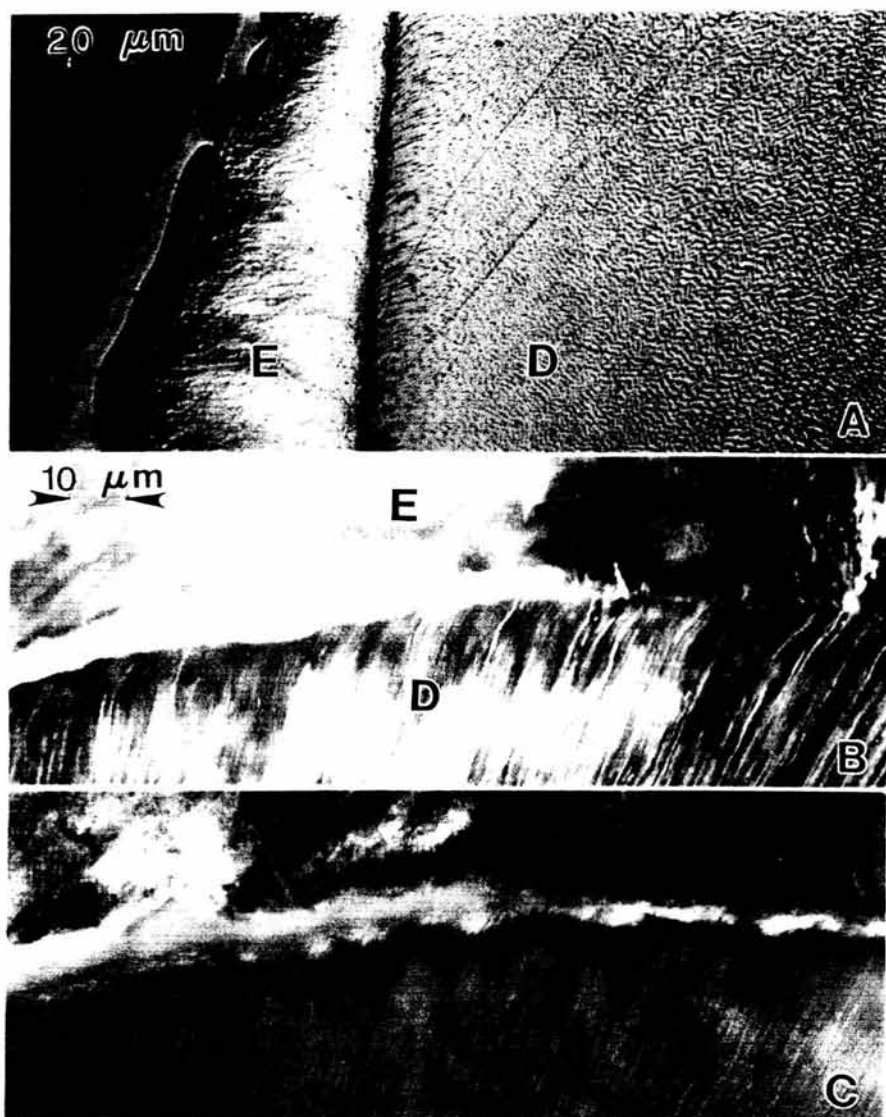


Figura IV 4 En las imágenes A y C observamos la UAD, por el modo contraste de fase. En B observamos por el modo de campo oscuro.

Es importante tener en cuenta para el momento de hacer la observación y poder decidir inmediatamente cuál de los dos modos de operación debemos de utilizar.

En la imagen IV 4A la unión es un simple espacio oscuro y además permite ver el rayado producido por los túbulos dentinarios, mientras no sucede esto en la figura IV 4 B y C, aunque es la misma zona.

En la figura IV 5 vemos de nuevo la misma zona de la UAD pero a mayor amplificación. Aquí podemos observar otros dos modos de operación del microscopio de luz: el contraste de fase y el campo oscuro. En la imagen IV 5 B, vemos los túbulos dentinarios que llegan a la zona de contacto entre el esmalte y dentina. Además, con este tipo de contraste se observan mejor las diferencias estructurales que muestra cada tejido. En la imagen IV 5 A se muestra una zona clara en la cual los túbulos dentinarios presentan diferente contraste con respecto al resto de la dentina: en lugar de aparecer el rayado que hemos mencionado anteriormente, aparecen puntos, y en esta misma zona, aparece rayado en la imagen IV 5 B.

En esta figura IV 5 podemos destacar, además, el rayado de la dentina primaria diferenciándolo de la secundaria, característica de este material mayoritariamente orgánico llamado dentina. Este material dentinario se diferencia prácticamente por su estructura y función de la UAD y el esmalte. En la imagen IV 5 B es más notorio el rayado de la dentina producido por las prolongaciones odontoblásticas que ocupan los túbulos dentinarios. Así mismo vemos los penachos y husos que son generados a partir de esta zona de la UAD hacia el esmalte.

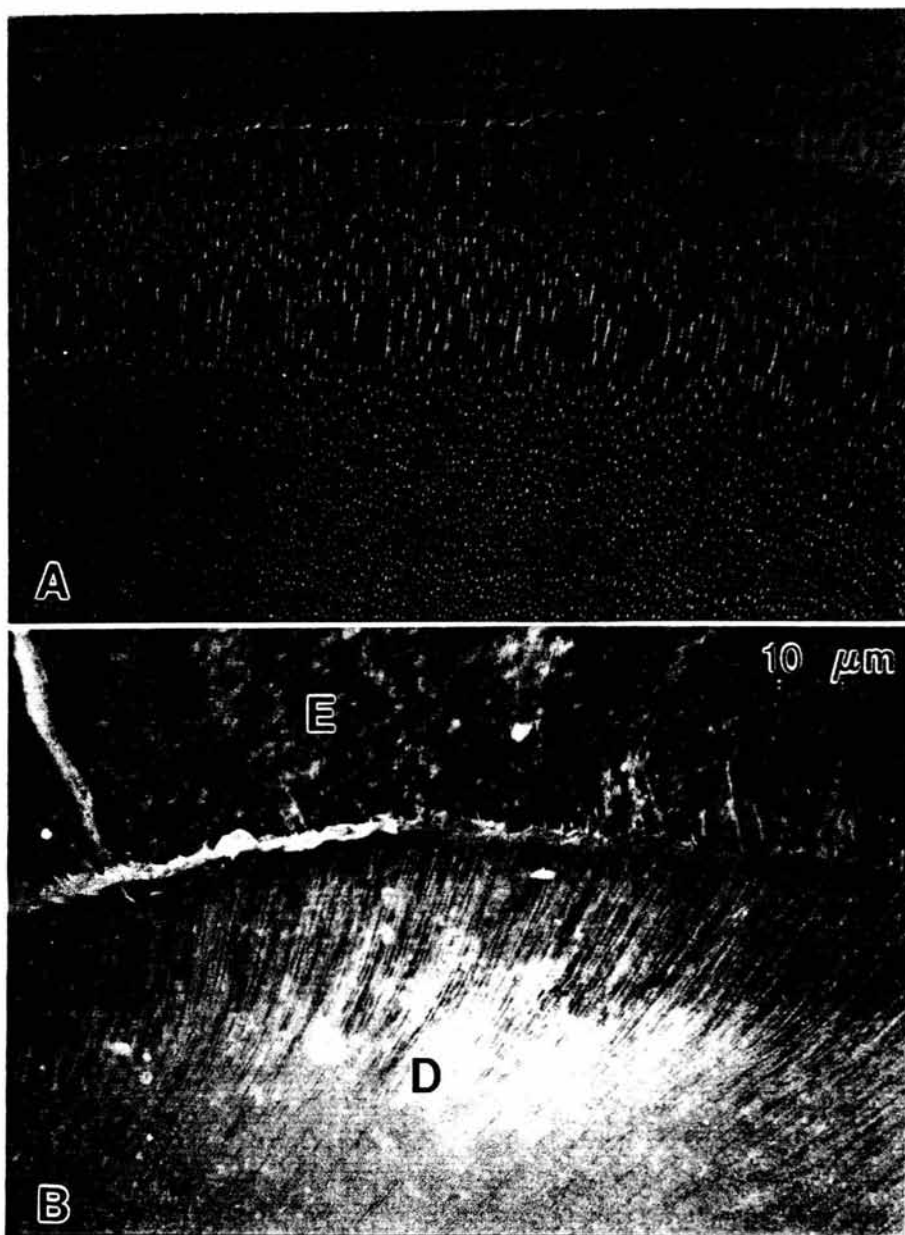


Figura IV 5 A) Contraste de fase. Dos tejidos: orgánico e inorgánico. UAD.

B) Campo oscuro. Corte transversal. UAD.

Otro contraste importante en la UAD se observa en la figura IV 6, en la cual se observa a la UAD presentando un festoneo o contraste tipo "olas", característica principal de esta interfase. Esta figura corresponde a una muestra en corte transversal del tercio medio de la corona dental. Esto comprueba que la UAD se encuentra muy festoneada en esta zona. De hecho, Kimura et al. (12) En 1977 escribieron un artículo en el cual demuestran que la UAD está festoneada de forma más marcada en el tercio medio y menos marcada en el tercio cervical. Esto se muestra en el siguiente esquema (figura IV 6). Entonces la UAD, dependiendo de la zona en que se observe, va a presentar este tipo de contraste, tal como lo muestran las imágenes IV 6 A y B. Por lo tanto, esta sesión de microscopía de luz nos ha indicado cómo se encuentra la UAD a todo lo largo, y la relación que existe del esmalte y dentina en el interior del órgano dental.

Para poder observar la UAD con mayor detalle, tenemos que utilizar un equipo con mayor resolución y este equipo es el Microscopio Electrónico de Barrido (MEB).

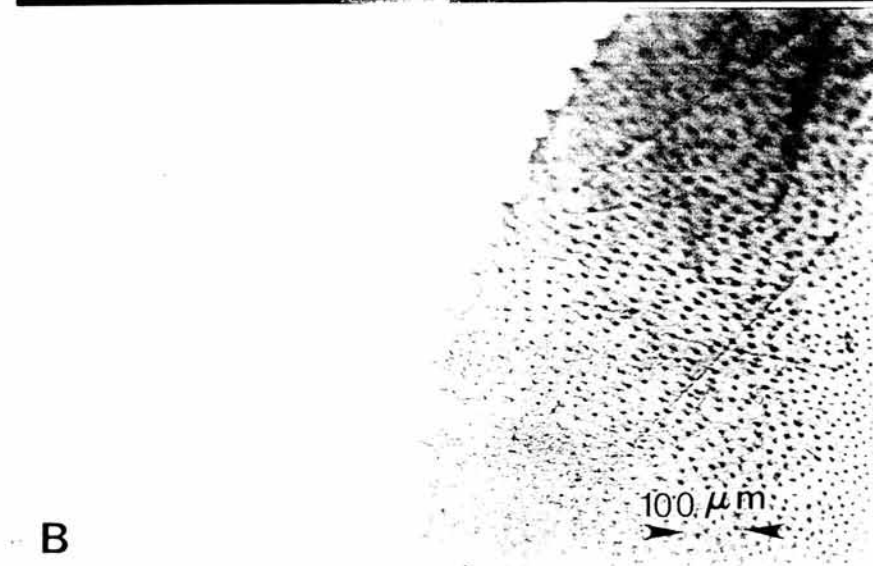
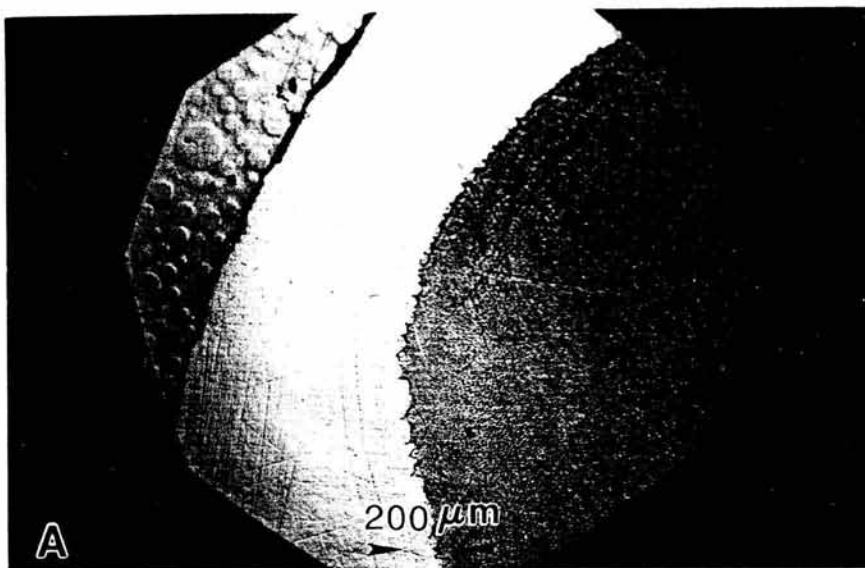


Figura IV 6 A UAD: estructura festoneada delimitando al esmalte y dentina. Muestra de corte transversal desgastada y pulida. De igual manera la imagen B, sólo que a mayor amplificación. Microscopía de luz.

MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO

El MEB presenta una mejor resolución que el microscopio de luz; el microscopio electrónico de barrido tiene una resolución de 3 nanómetros (nm), mientras que el microscopio de luz tiene una resolución de alrededor de 100 nanómetros. Por lo tanto, las imágenes que podemos obtener de la UAD aportarán mucha mayor información.

En la figura IV 7 vemos la comparación del contraste presentado por el microscopio de luz con el presentado por el microscopio electrónico de barrido. Aquí observamos la UAD con estos tipos de equipos. La figura IV 7 B muestra el rayado característico de la dentina cuando se observa por el modo de luz transmitida, y la imagen IV 7 A nos muestra una imagen del MEB en la cual se ha preparado la muestra de un modo especial: un tratamiento con glutaraldehído al 2.5 % y ácido nítrico al 5 % mencionadas en el procedimiento, para su mejor observación de las estructuras que conforman la unión amelodentinaria.

En la imagen 7B se observa el rayado que produce la trayectoria de los túbulos dentinarios hasta la UAD y atravesando material orgánico hasta el esmalte. En la imagen IV 7 A se observa una muestra por el MEB mostrando una característica de la estructura dentinaria que mayoritariamente es material orgánico, presenta surcos y ondulación siendo el arreglo "tubular" característico de la dentina.

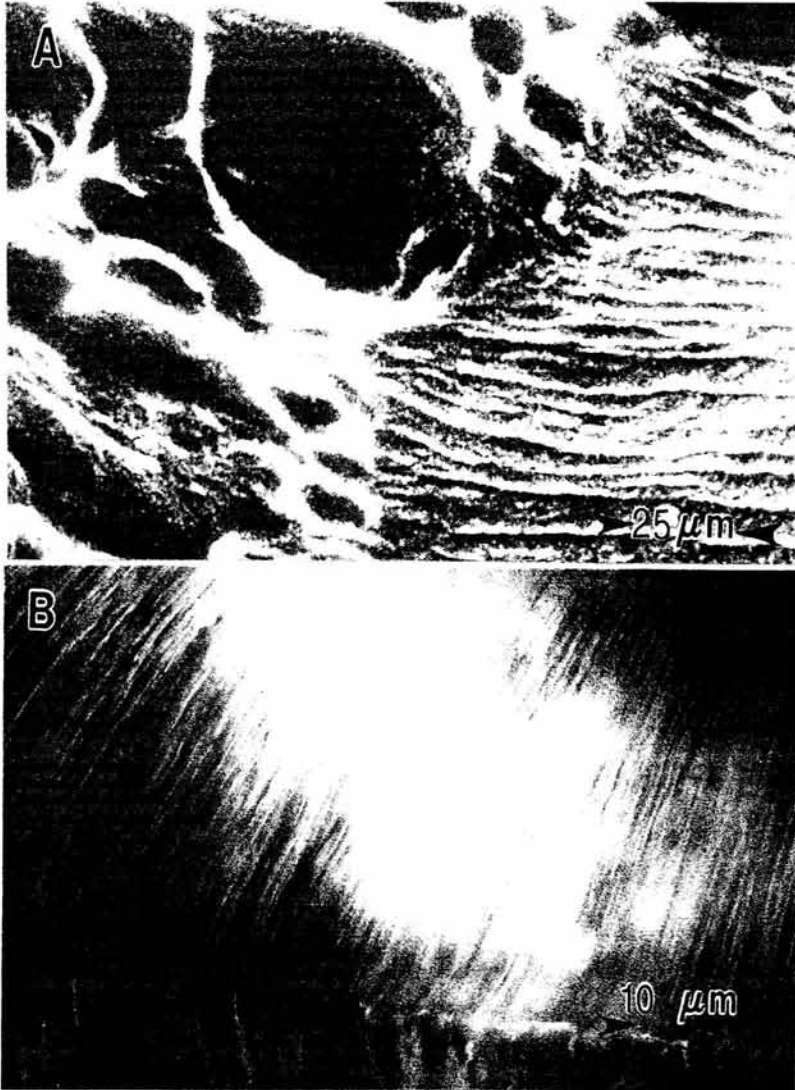


Figura IV 7 A) Se observa el arreglo rayado o tubular característico de la dentina cerca de la UAD. Analizados con el microscopio electrónico de barrido y microscopio de luz como lo muestra (B).

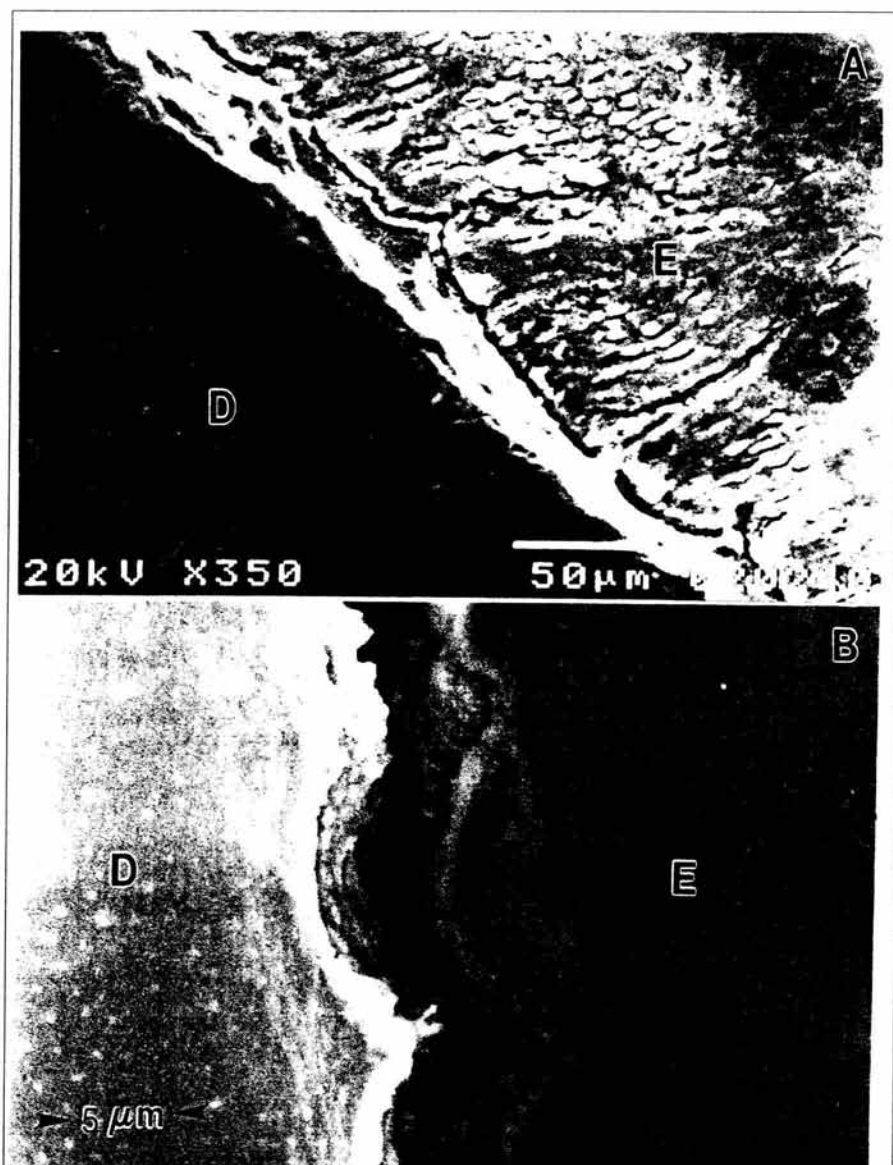


Figura IV 8 En la imagen A se observa el festoneo y separación de ambos materiales, resultado del uso del ácido nítrico y pérdida de agua al someter la muestra al vacío. En B una mayor ampliación (estas muestras fueron tratadas con ácido nítrico durante 10 min.).

La UAD al ser observada con el MEB presenta imágenes que corresponden a una amplificación de las que observamos con el microscopio de luz. En la figura IV 8A vemos la UAD en la cual se presenta cierto festoneado, y este festoneo lo observamos a mayor amplificación en la imagen B. Lo que también observamos son los prismas, elementos que conforman al esmalte, y los túbulos dentinarios que conforman la dentina. Aquí vemos también un espacio oscuro, como un "canal" que separa a todo lo largo a estos dos tejidos.

Para ver mejor la superficie de contacto entre el esmalte y la dentina, es decir, que conforma la UAD, se prepara la muestra con un "ataque" en ácido al esmalte, previamente de la fijación orgánica en ambos tejidos de la misma zona, con el objetivo de presentar el material orgánico e inorgánico que conforma la UAD (es decir, vamos a desmineralizar una capa inorgánica y otra orgánica en la zona de la UAD, de tal manera que nos muestren las estructuras y su relación entre los materiales).

En la figura IV9 hemos realizado la observación de la UAD inclinando la muestra, de manera que en la figura IV9A se observa más la superficie de contacto de la dentina, y en la imagen 9B la superficie de contacto correspondiente al esmalte. Vemos inmediatamente la existencia de una red de fibras en el caso de la superficie de contacto de la dentina. Esta red tiene una dimensión de 10 a 20 μm en esta fotografía. En la superficie de contacto del esmalte por su parte, vemos un conjunto de orificios que conforman esta superficie de contacto. También nos llama la atención las microestructuras a lo largo de la unión amelodentinaria que corresponden a los "husos y penachos". Esto se observa claramente en la imagen 9 B.

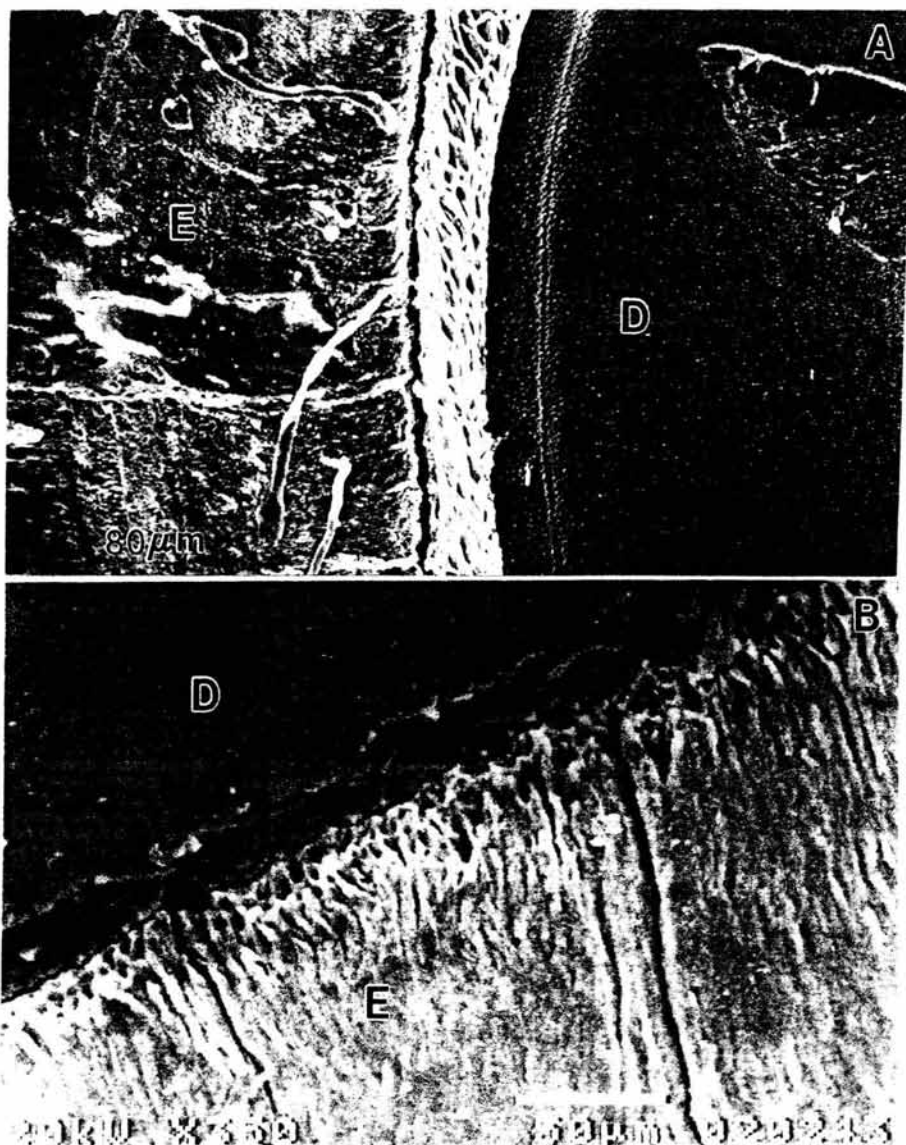


Figura IV 9 A) Tejidos de contacto en la UAD. B) tejido de contacto de la dentina y tejido de contacto del esmalte.

Aquí es importante observar la diferencia de estos dos tejidos, haciendo notar el porcentaje de agua que contiene cada material, ya que por circunstancias dadas en el tratamiento de las muestras en el procedimiento del método, la pérdida de agua es fundamental en el material orgánico dentinario y menos importante en el esmalte por ser un material casi 99 % mineralizado. Esto nos permite dar una idea de cómo esta separación que se observa diferencia de forma fehaciente un material orgánico de un material inorgánico o mineralizado.

Es importante recalcar aquí que, por ejemplo, en la superficie de contacto que corresponde a la dentina, presenta una mayor densidad de material orgánico, mientras que el esmalte presenta una alta concentración de orificios.

La superficie de contacto correspondiente a la dentina es muy interesante, realmente presenta detalles muy importantes y necesarios de entender. Por ejemplo, vemos en la figura IV.9 cómo esa superficie de contacto forma un enrejado bastante amplio, en promedio de unos 50 μm .

Esto lo podemos observar también en la figura IV.10. Entonces, en la imagen IV 10 A vemos la superficie de contacto de la dentina, y en la imagen IV 10 B observamos una amplificación de esta superficie de contacto.



Figura IV 10 Superficie de contacto de la dentina en la UAD en (A) se observa el límite dentinario fijado con Glutaraldehído al 2.5 %. En (B) a una mayor amplificación.

El enrejado o red observada en la superficie de contacto de la dentina en realidad corresponde a una serie de prolongaciones que salen de la superficie de la dentina y penetran hacia el esmalte (figura IV 11). Esta figura es muy interesante y vamos a comentar con detalle de la superficie de contacto de la dentina en la UAD ya que en el caso del esmalte lo único que presenta es una serie de orificios, como lo observamos en la imagen IV 9B, y en una ampliación mayor en la figura IV 11.

En realidad lo que presentan estas imágenes es que la superficie de contacto de la dentina consta de prolongaciones, un enrejado en el cual cada nodo consta de una protuberancia que se incrusta en la superficie del esmalte. Es decir, vendría siendo el material orgánico que contacta, el material adhesivo que mantiene unido al esmalte y a la dentina. Este enrejado es el material que andamos buscando, el cual en este momento podemos decir que lo hemos localizado.

En una mayor ampliación de la UAD y con un fijador y ataque preferencial como se describió en la parte experimental, nos permite ver con mayor detalle a la UAD (figura IV 12). Aquí, por lo tanto, podemos decir que la UAD es el punto de unión entre el esmalte y la dentina, y que existe como un elemento adicional ese enrejado de material orgánico. Entonces podemos ir visualizando ya cómo es la estructura de la UAD.

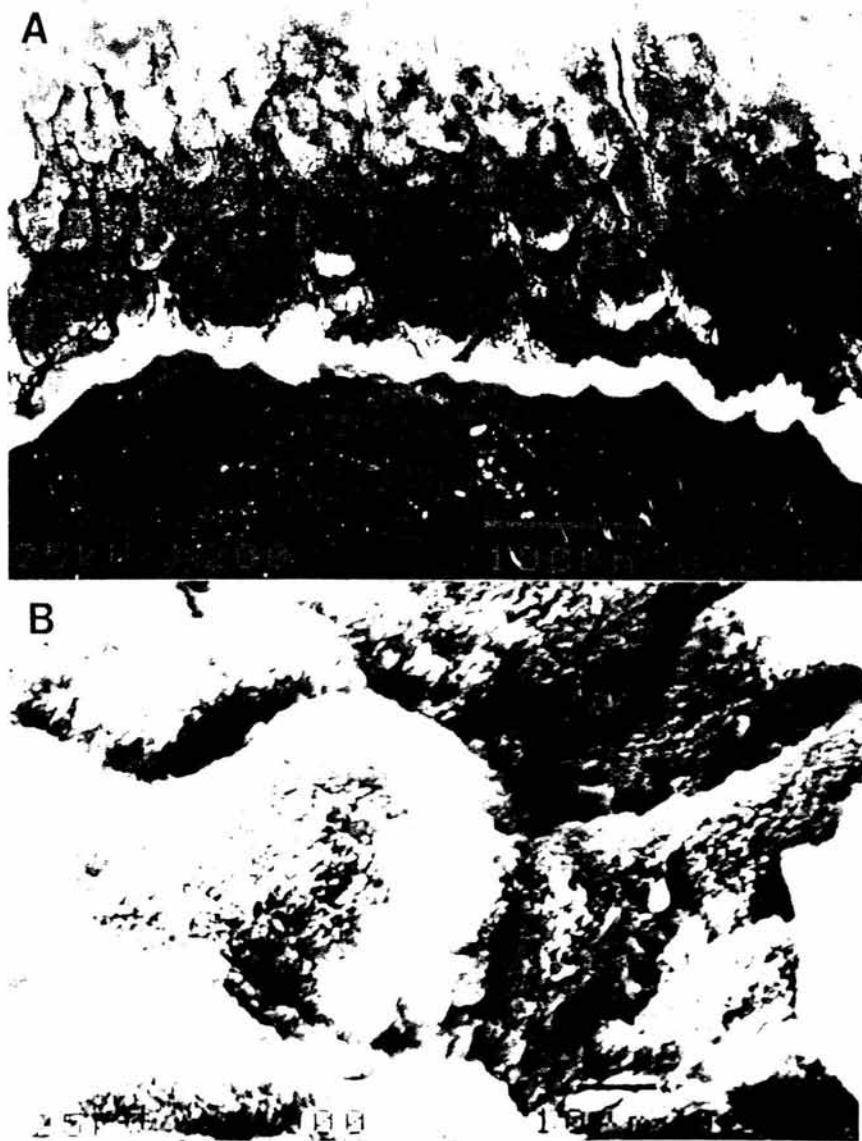


Figura IV 11 A) Superficie de contacto del esmalte en la UAD.

B) Una mayor amplificación de esta superficie.

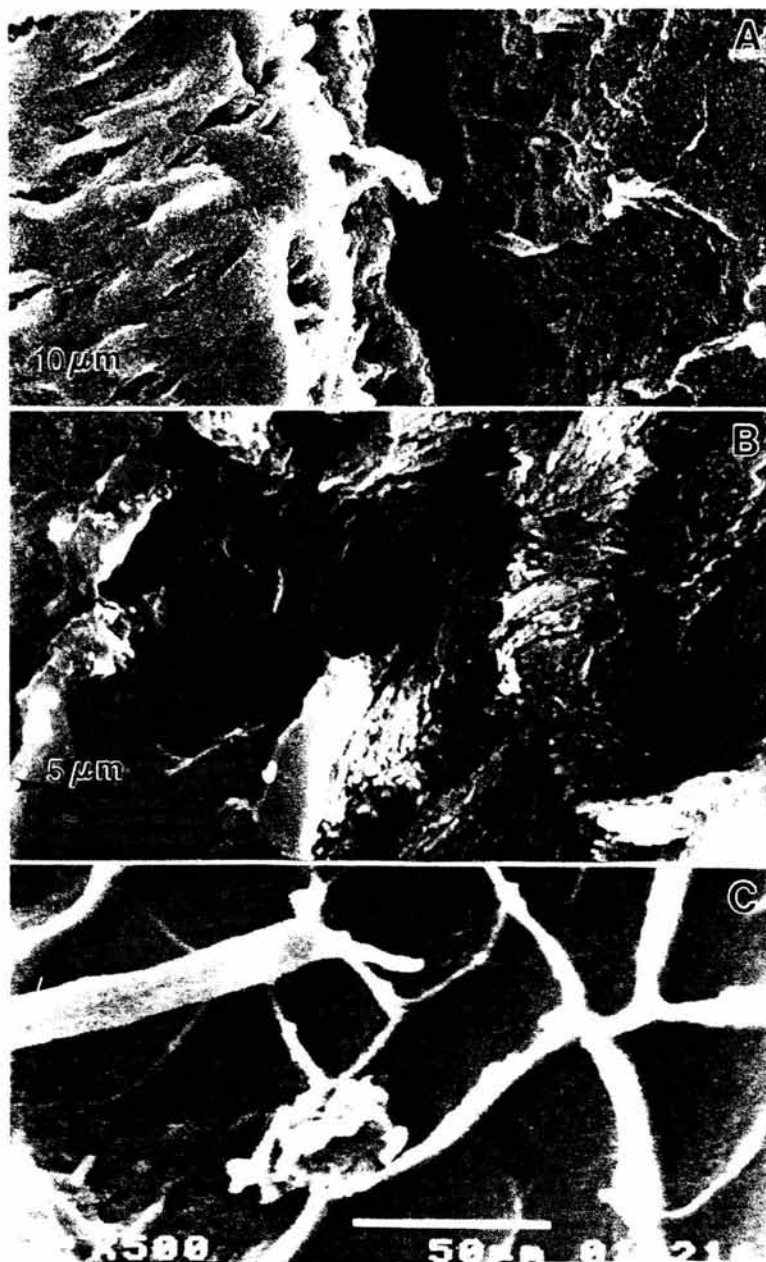


Figura IV 12 A) nos muestra la relación esmalte-dentina. En B, observamos tejido orgánico que se interna al esmalte, y en C la red formada por el tejido dentinario.

Estas prolongaciones que muestra la red en la superficie de contacto de la dentina se observan claramente en la figura IV 13, en la cual vemos una amplificación de la zona de contacto tanto del esmalte y de dentina.

En este caso la red de material orgánico presenta estas prolongaciones en los nodos y estas prolongaciones se incrustan en el esmalte, tal y como se muestra en la imagen IV 13 B, que es una amplificación de la imagen IV 13A. Observando con mayor detalle los orificios que comentábamos en la figura IV 11, que corresponde a los orificios en los cuales el material orgánico de la superficie de contacto de la dentina se incrustan dentro del esmalte, y funcionan de tal manera como una forma de anclaje entre la dentina y el esmalte.

Esto demuestra claramente cómo trabaja esta capa de material orgánico comunicando siempre a la dentina con el esmalte. Estas prolongaciones que presenta el material orgánico viajan una considerable distancia a través del esmalte. Esto lo podemos ver más claramente en la figura IV 14. En la imagen IV 14 A vemos a baja amplificación la zona del esmalte donde se aprecia una prolongación, luego la amplificamos a diferentes tamaños en las imágenes IV 14 B y C. Es decir, entonces, la superficie de contacto contiene este material orgánico, el cual es una red compuesta del mismo material orgánico, y cuyos nodos presentan prolongaciones que se incrustan en el esmalte para anclarse y mantenerlo unido a la dentina.

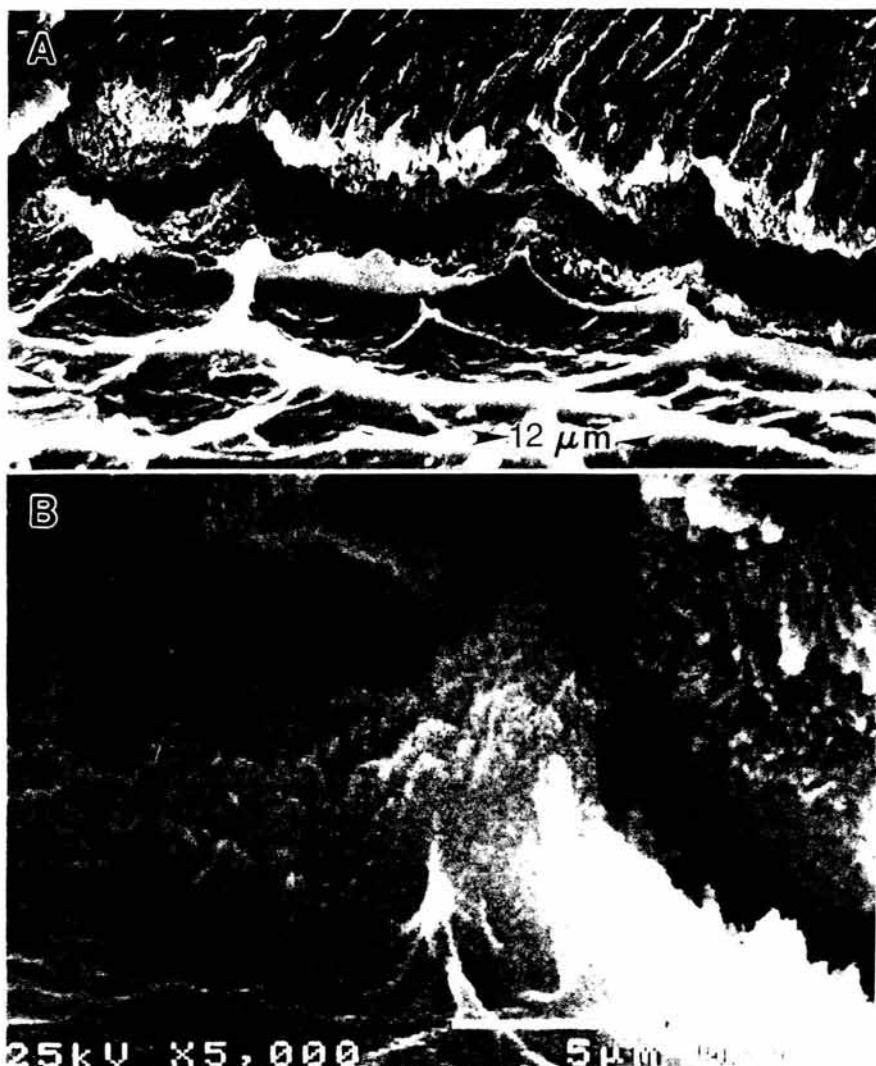


Figura IV 13 En A observamos las características comunes del esmalte y la dentina en la UAD. En B se presenta una amplificación de A en donde observamos la separación de dos superficies diferentes, lo que fue su unión o anclaje.

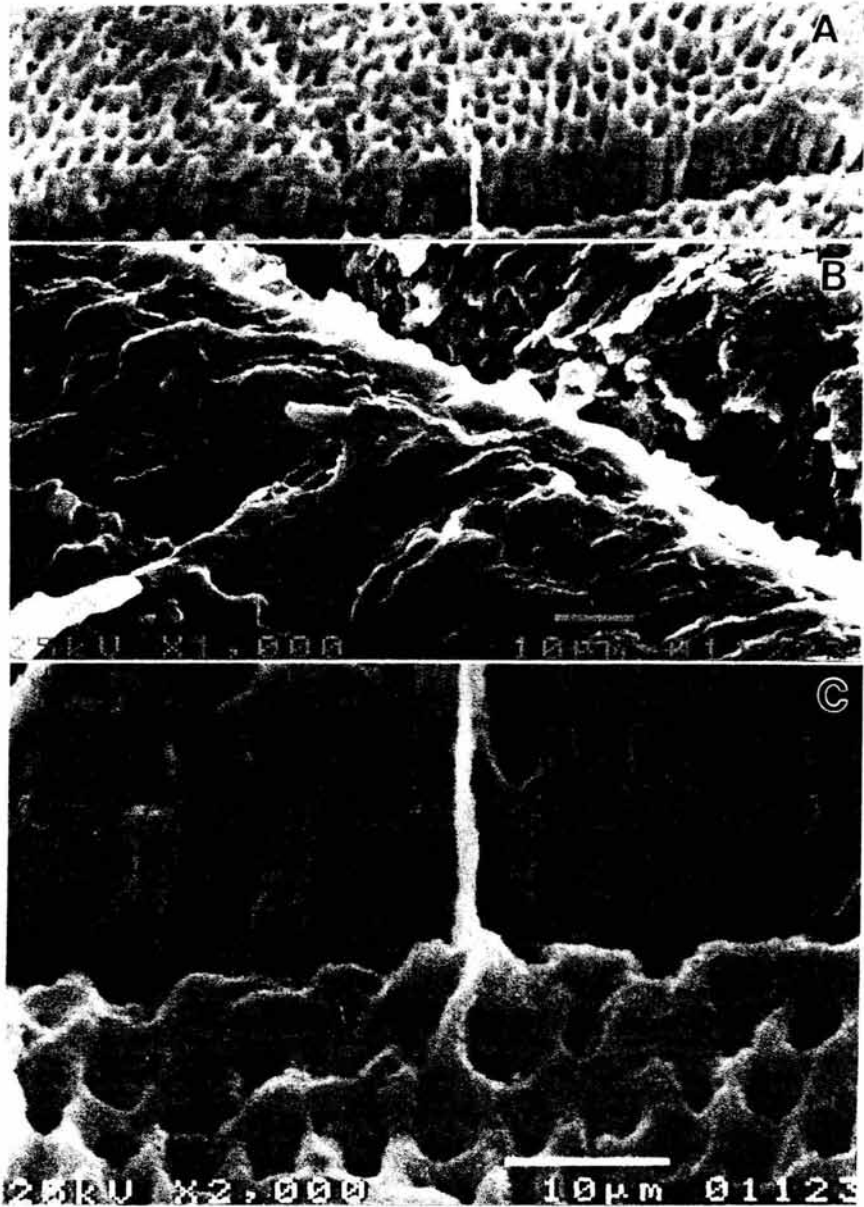


Figura IV 14 En A observamos al material adamantino cerca de la UAD, en B se observa una amplificación mayor del arreglo del esmalte y en C una amplificación de A.

Una imagen más clara es la que se presenta en la figura IV 15, en la cual observamos cómo una prolongación de esta red se incrusta en el esmalte. Es claro el papel que juega esta capa orgánica en la conformación de la UAD.

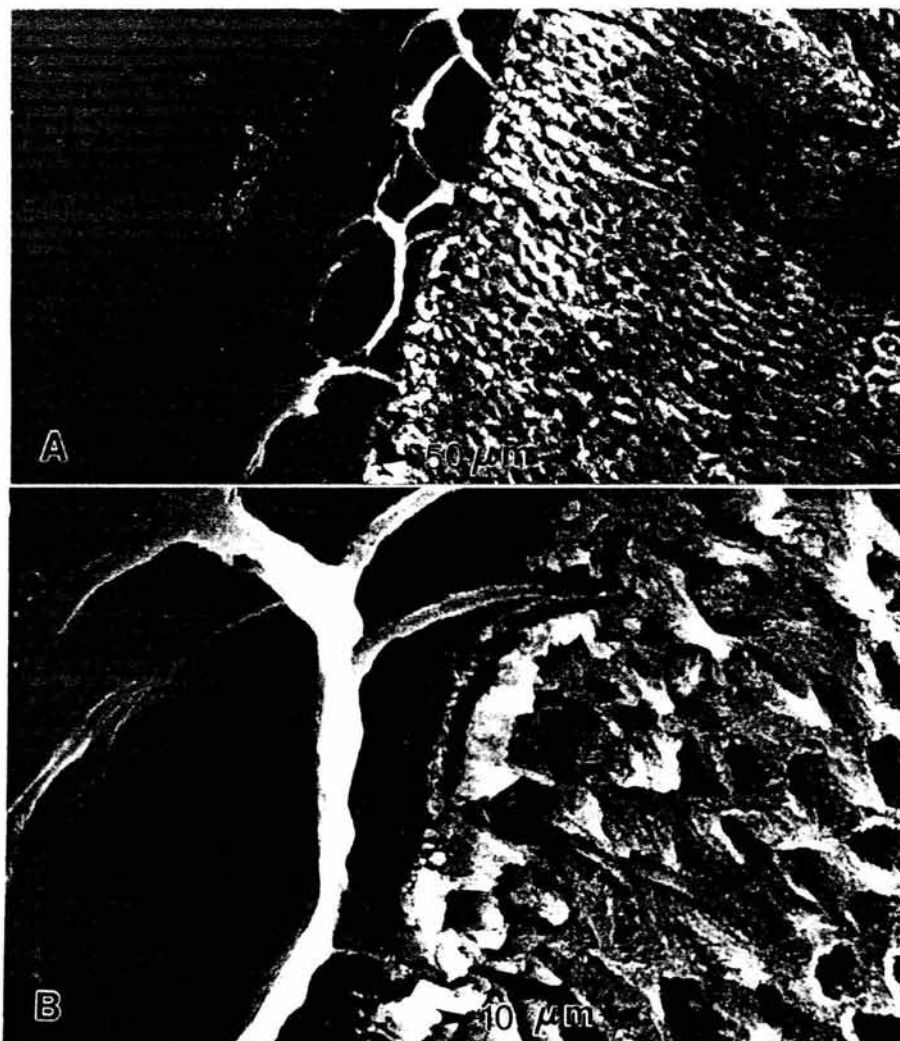


Figura IV 15 La imagen A nos muestra el límite dentinal, como prolongación de la red que se incrusta al esmalte. En B vemos una ampliación de la misma zona de A.

Es de notarse cómo el proceso en la preparación de la muestra es importante para la observación del material orgánico e inorgánico. En el caso del esmalte el "ataque" disuelve o diluye parte de los prismas preferencialmente en el centro, quedando lo que vendría siendo la vaina alrededor de los prismas. Esto quiere decir que el material del esmalte presenta también un cierto contenido de material orgánico que se encuentra alrededor de los prismas, tal y como es bien conocido desde hace mucho tiempo, produciendo las picaduras que se observan en la figura IV 15.

Y redondeando con la figura IV 16; esta figura muestra una amplificación de cómo se está incrustando una prolongación de este material orgánico dentro del esmalte. De este material orgánico se quiere destacar que esta punta de la prolongación que se incrusta en el esmalte en el caso de la imagen IV 16 B, produce una fractura (señalada con una flecha). Es decir, que estas prolongaciones orgánicas hacen de cierta manera "fracturas" o "divisiones" en el esmalte, y originan lo que se conoce como "husos y penachos".

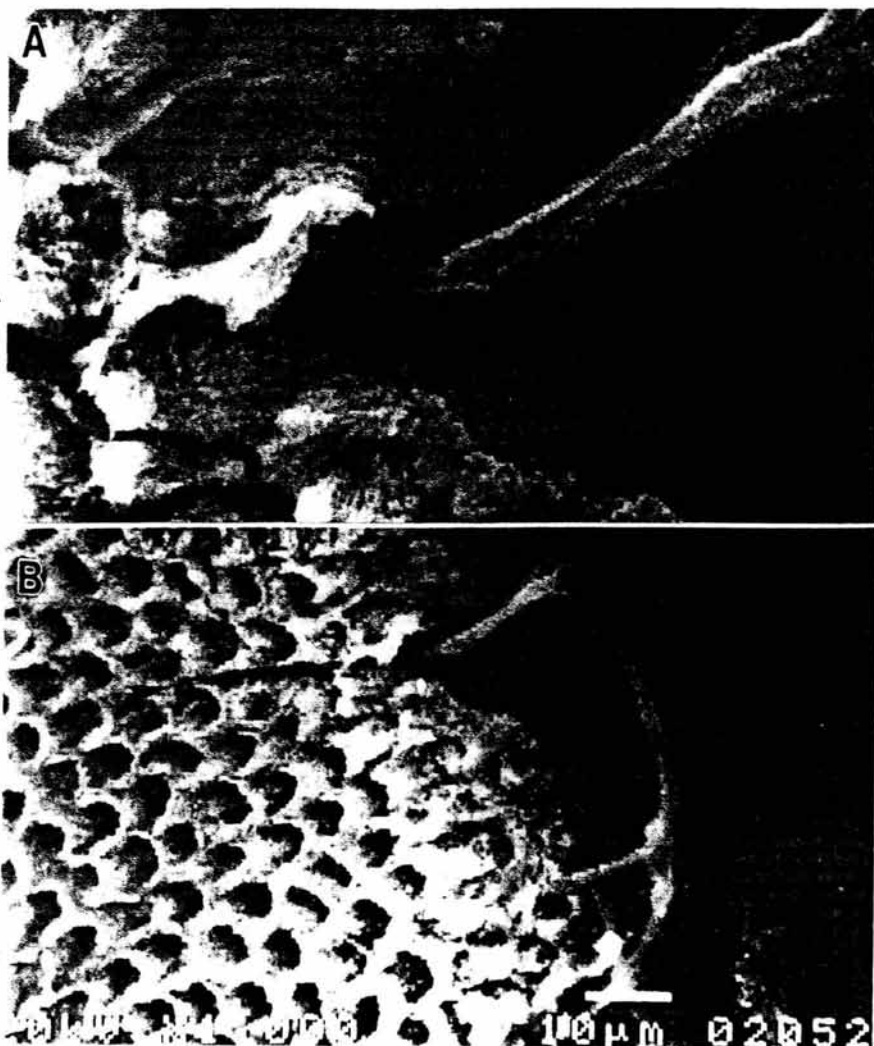


Figura IV 16 Para la obtención de esta imagen se uso glutaraldehído al 2,5% y ácido nítrico al 5%. En A observamos cómo parte del material orgánico se une o ancla al esmalte, lo cual es una amplificación de B.

Aún más, como demostración de que los orificios que se mostraron en la figura IV 11 son producto de la incrustación de estas prolongaciones orgánicas, éstas son presentadas en la figura IV 17; además una ampliación de esta zona en la cual queda demostrado de una forma fehaciente cómo se incrustan estas prolongaciones en el esmalte. No hay duda que de esa manera enfocamos que una prolongación de este material orgánico (parte de la red o capa), se incrusta en el esmalte.

Una de las cosas importantes aquí es ver cómo las prolongaciones orgánicas se incrustan en el esmalte, y que no se relacionan de un prisma a una prolongación en relación uno a uno, sino que es un conjunto de prismas, como se muestra en la imagen IV 17A. De hecho, se puede ver que la red que presenta esta capa orgánica tiene alrededor de 50 μm . cuadrados. En estos 50 micrómetros aproximadamente sería el conjunto de "manojos" de prismas que se abarca entre prolongación y prolongación de este material orgánico, (además de que en cada prisma existe un mínimo de material orgánico), pero la forma de adherirse la dentina con el esmalte es a través de un lote o conjunto de prismas.

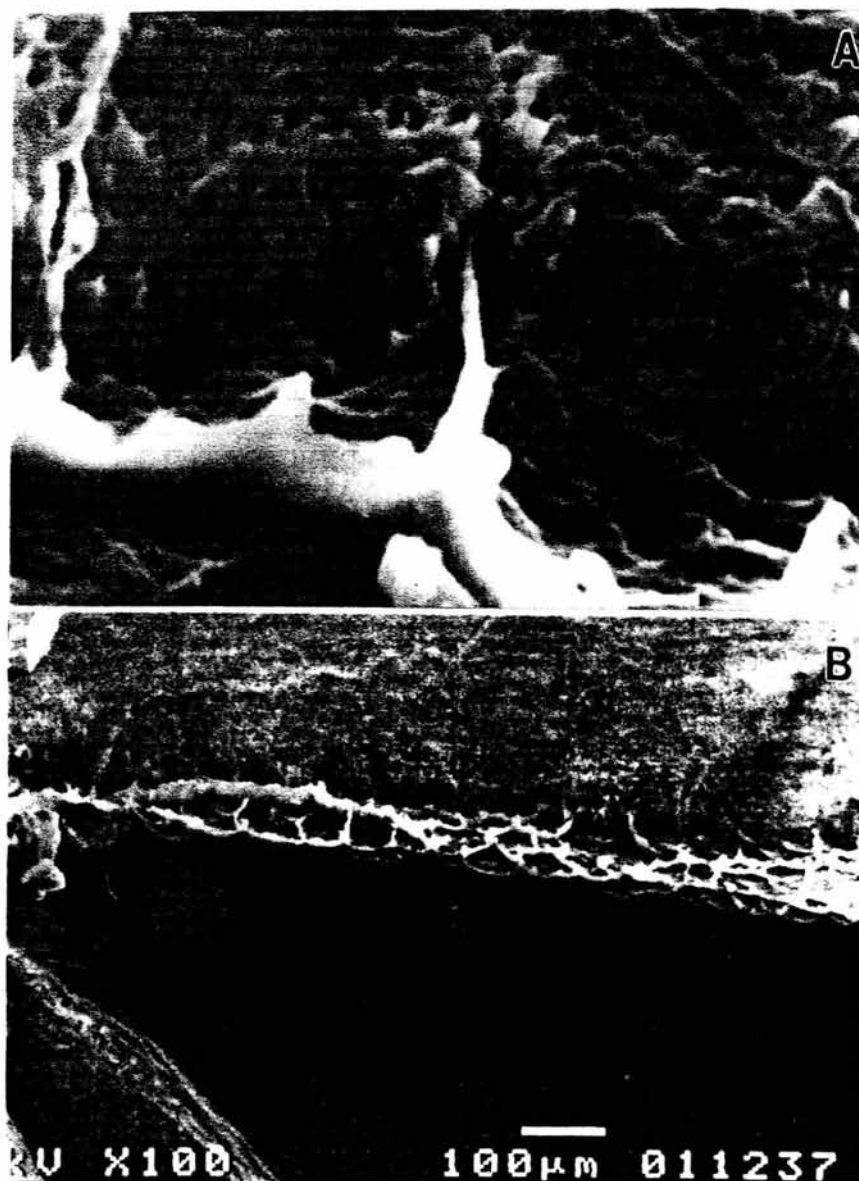


Figura IV 17 En B observamos a la UAD como una red o capa de tejido orgánico que se une al esmalte. En A observamos cómo la prolongación de tejido orgánico se incrusta y al mismo tiempo se ancla dentro del esmalte.

Este conjunto de prismas se observa mucho mejor en la figura IV 18, en la que vemos varias prolongaciones que se están incrustando en el esmalte, y podríamos de cierta manera contar el número de los prismas que se encuentran entre una prolongación y otra. Según nuestros cálculos deben ser alrededor de 100 prismas aproximadamente los que caben en cada una de las células que conforman esta red de contacto de la dentina en la UAD.

Nos llena de curiosidad esta red orgánica sobre la superficie de la dentina. Entonces vamos a estudiarla con mayor detenimiento en la figura IV 19, que nos muestra cómo esta red orgánica está conectada con el esmalte. Un detalle importante es cómo estas prolongaciones, al incrustarse en el esmalte, dan cavidad y forma a estas microfracturas que conocemos como "husos y penachos" adamantinos.

Es muy importante comentar el papel que juega en la UAD esta capa orgánica que adhiere, conecta y comunica a dos materiales duros. En la figura IV 19A claramente se observan las microfracturas que se presentan en las zonas en las cuales se han incrustado las prolongaciones orgánicas y de la cual se tiene una mayor ampliación en la imagen IV 19B. Es muy claro que esto es el origen de los "husos y penachos" que se presentan en el esmalte. En la imagen 19A estas microfracturas han sido indicadas por "palomitas". Claramente se observa la relación que presenta esta unión entre lo que viene siendo ahora la red o capa orgánica con el esmalte dental.



Figura IV 18 En un ángulo de 90°, se observan en A las terminaciones tubulares de la dentina que se incrustan al esmalte. En B observamos las mismas estructuras, a un ángulo de 35°.

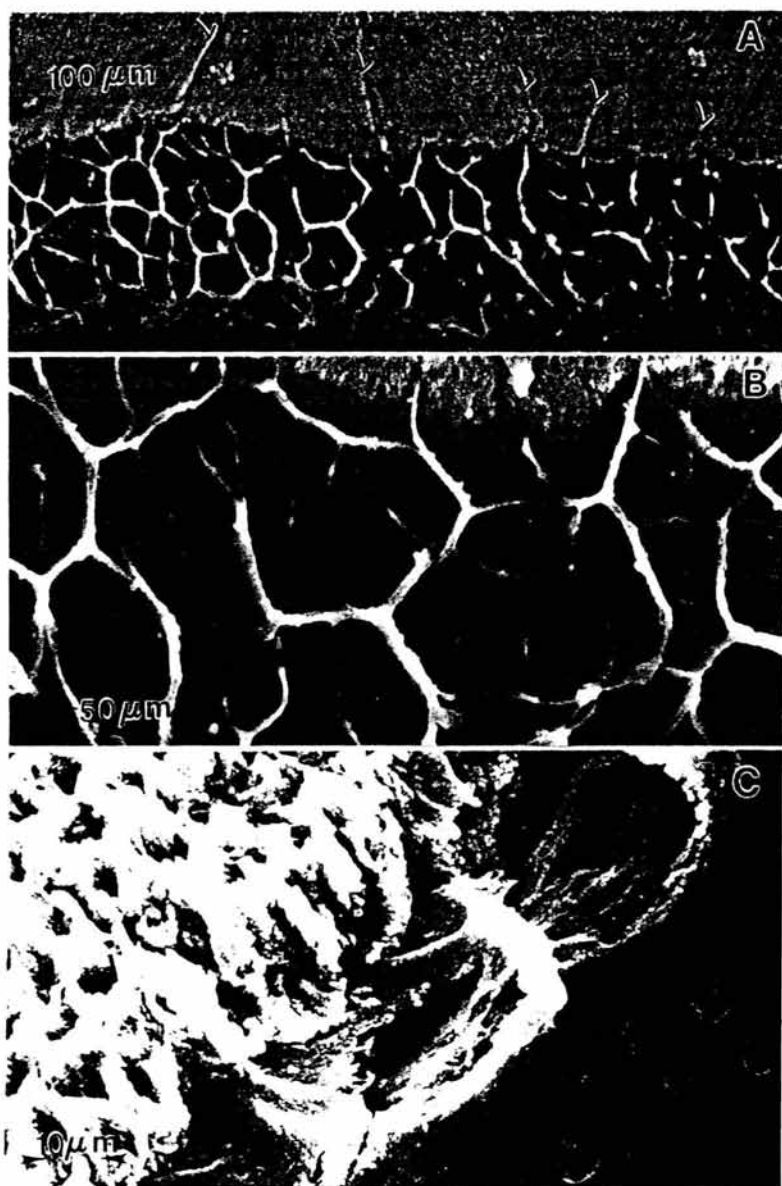


Figura IV 19 En la imagen A se observa la red que une prácticamente al esmalte y la dentina. En B y C un acercamiento a la superficie de la dentina y del esmalte.

En la figura IV 20 se observa la superficie de contacto del esmalte a una mayor amplificación y se ve el número de orificios que se han producido por el contacto con la dentina. Parece ser que estas redes orgánicas son muy importantes para la formación de la unión del esmalte y la dentina, y entonces vamos a analizarlas con más detenimiento. En la imagen IV 20 C no cabe duda de que estas prolongaciones no son más que puntas de anclaje entre la dentina y el esmalte.

En la figura IV 21 vemos con mayor detenimiento las puntas orgánicas que se presentan en esta red, y bueno no hay más que decir, más que son puntas que anclan al esmalte con la dentina. Como podemos ver con mayor detalle su forma y no hay información adicional que nos pueda dar el microscopio electrónico de barrido. Si queremos una mayor información sobre esta red orgánica, tenemos que hacer un análisis químico de la red orgánica que se está observando.

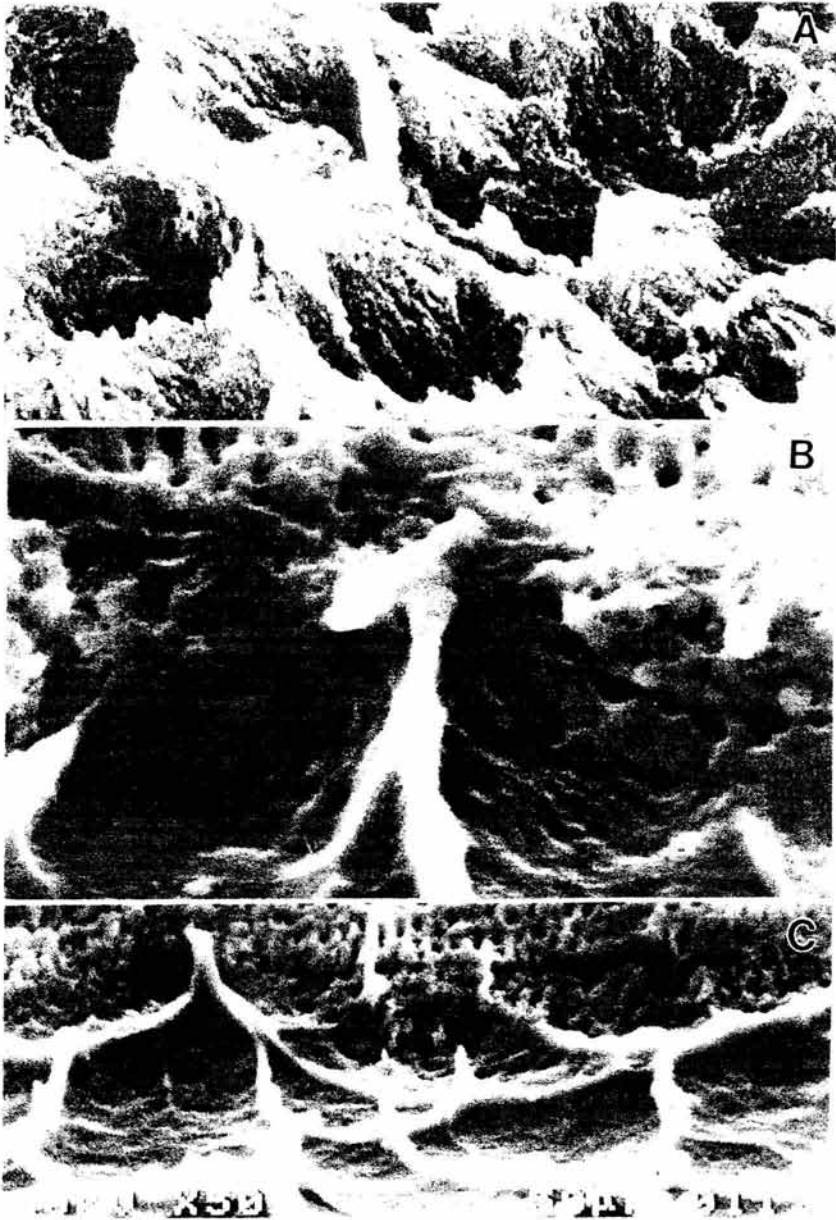


Figura IV 20 En la imagen A observamos el arreglo prismático cerca de la UAD. En B el contacto físico de dos superficies. En C observamos la región menos amplificada.

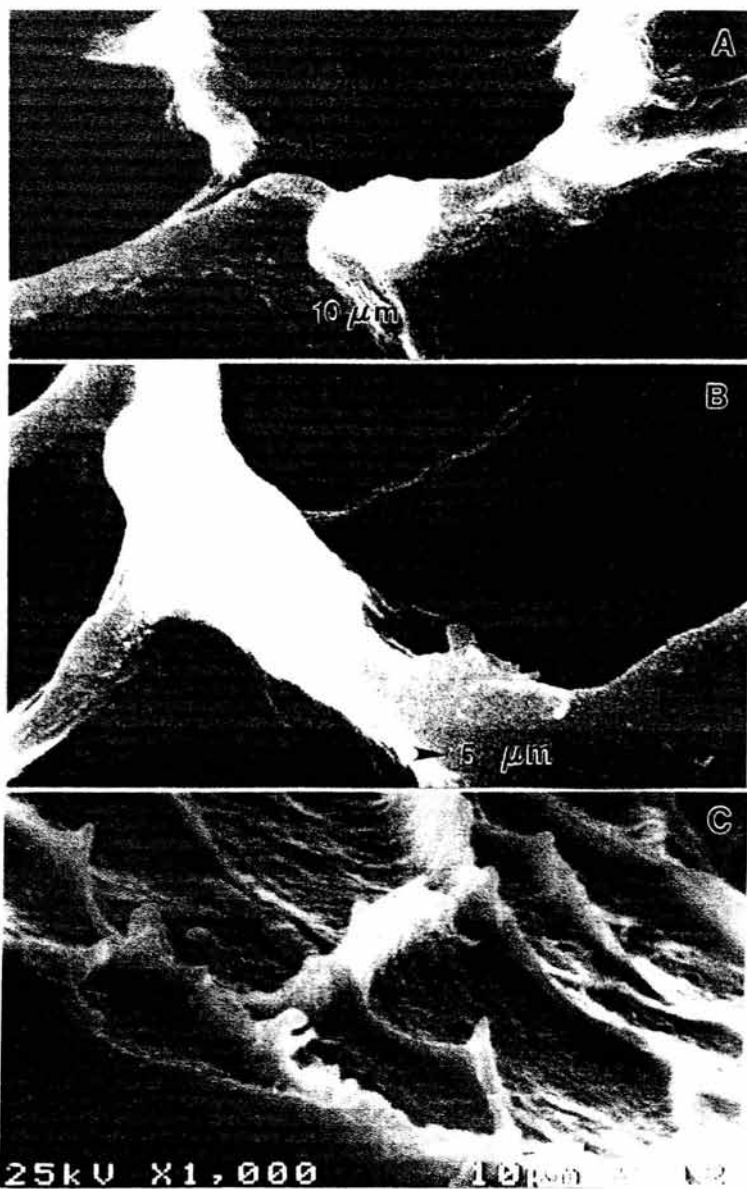


Figura IV 21 En la imagen A observamos nodos de tejido orgánico que forman la UAD. En B una mayor amplificación de A. En C observamos parte de la superficie dentinal y la red donde encontramos este tipo de nodos orgánicos.

ANÁLISIS QUÍMICO POR EDS

MEB

La figura IV 22 muestra las dos zonas de contacto, la que corresponde al esmalte y la que corresponde a la dentina con un mejor detalle. El área de contacto de la dentina fue sometida al estudio por análisis de rayos X característicos por dispersión de energía, conocido comúnmente como EDS por sus siglas en inglés (energy dispersion spectroscopy). La superficie que vemos en la imagen IV 22B fue analizada por EDS de forma puntual en diferentes partes de la red orgánica.

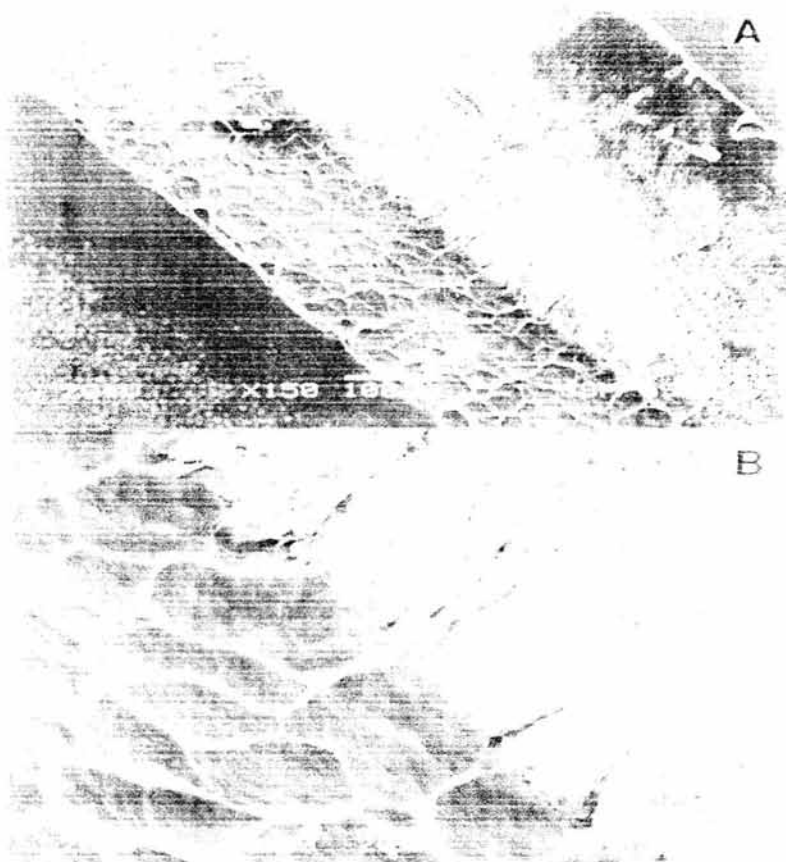


Figura IV 22 En un ángulo de 45° hacia dentina en la imagen A. En B un ángulo de 75°, la capa fibrosa o red en la UAD.

Los resultados de este análisis por EDS se presentan en la figura IV 23 y vemos aquí dos espectros, uno correspondiente a la parte del material orgánico y otra correspondiente al esmalte. En el caso de la imagen IV 23A vemos el caso de la punta de la red orgánica y notamos inmediatamente el alto contenido de carbono (C), y de oxígeno (O) con respecto a la parte orgánica de la dentina. En el caso de la parte inorgánica, como es bien conocido, se compone de hidroxiapatita, o sea del fosfato cálcico formado por calcio, fósforo, oxígeno e hidrógeno, que se muestran claramente en la parte B de esta figura. Nótese que la concentración de carbono es muy alta con respecto a la de calcio. Por ejemplo, en la tabla mostrada en la parte A minúscula, vemos que la concentración de carbono es arriba de 60 % y del oxígeno es de alrededor de 30 %, mientras que el calcio es realmente una concentración muy pequeña comparada, por ejemplo, en el caso del material inorgánico, que corresponde a la hidroxiapatita (en el cual se tiene calcio/fósforo por arriba de 1.2 que es común para el material inorgánico). Esto quiere decir que nuestro material, por lo menos en esta zona de contacto, tiene mucho contenido de carbono y oxígeno.

Para comprobar que esta red está compuesta por material orgánico y que no haya sido otra zona diferente a esta red, hemos hecho uso de la técnica llamada "mapeo químico" que consiste en hacer un mapa de las zonas de las cuales proviene el elemento que elijamos para formar el mapa. Por lo tanto en la figura IV 24 vemos la zona que hemos elegido para "mapear".

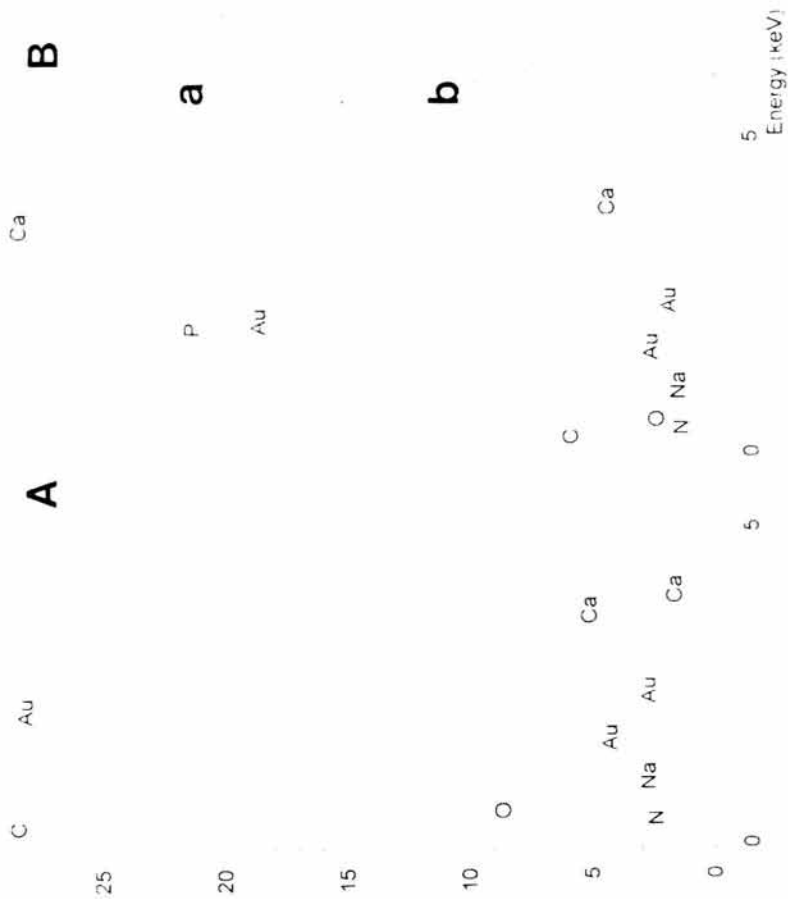


Figura IV 23 El análisis químico de la UAD dio como resultado la existencia de elementos de material orgánico en la red de contacto de la dentina (A), y los elementos del material inorgánico son encontrados en el esmalte (B). Las tablas en (a) y (b) corresponden a las concentraciones calculadas a partir de estos espectros respectivamente.

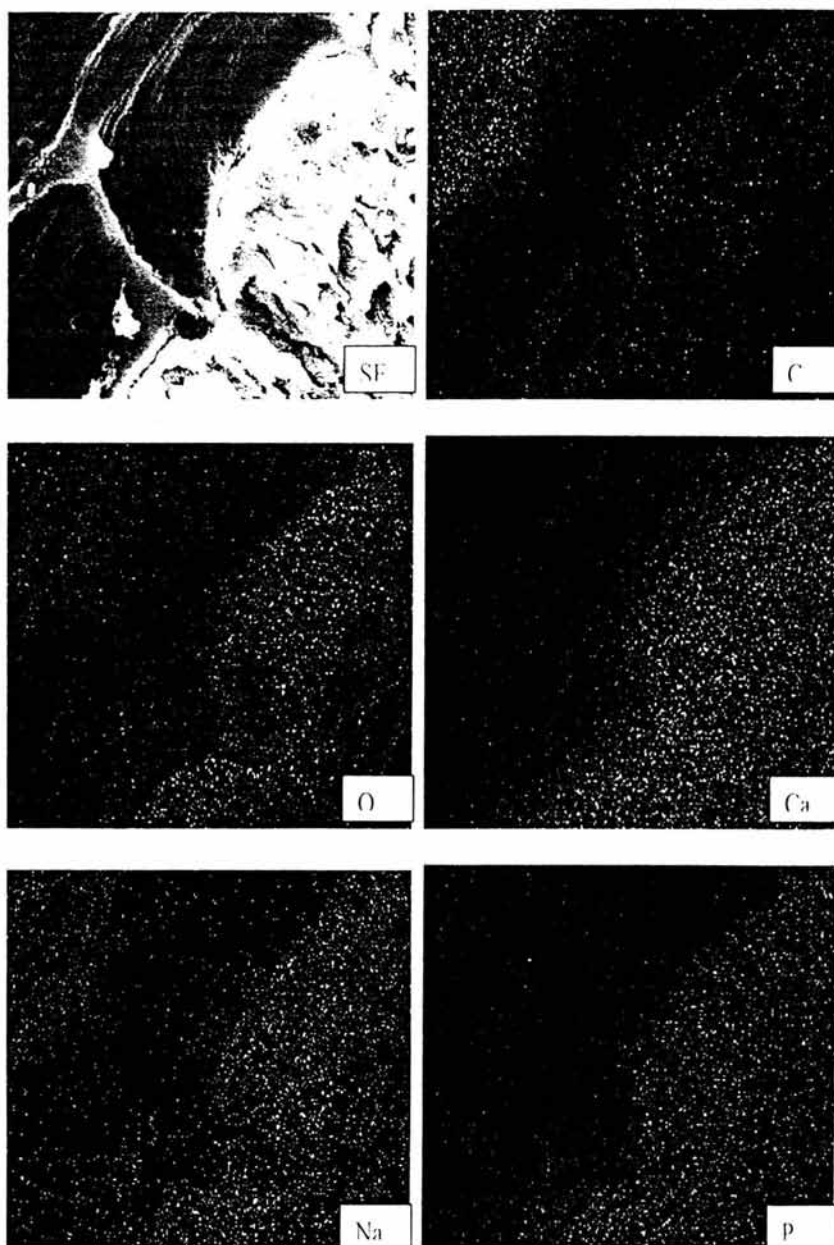


Figura IV 24 Mapeo químico de los elementos encontrados en los tejidos que conforman la UAD.

En la figura IV 25 vemos los mapeos químicos de los elementos correspondientes a carbón, oxígeno y calcio. Estas figuras nos muestran claramente que el contenido de la fibra que se observa en la figura IV 24 es carbón y oxígeno, y muy poco calcio. Esto nos muestra que el carbón y el oxígeno son los elementos principales de estas prolongaciones que conforman la superficie de contacto de la dentina y que se incrustan en el esmalte.

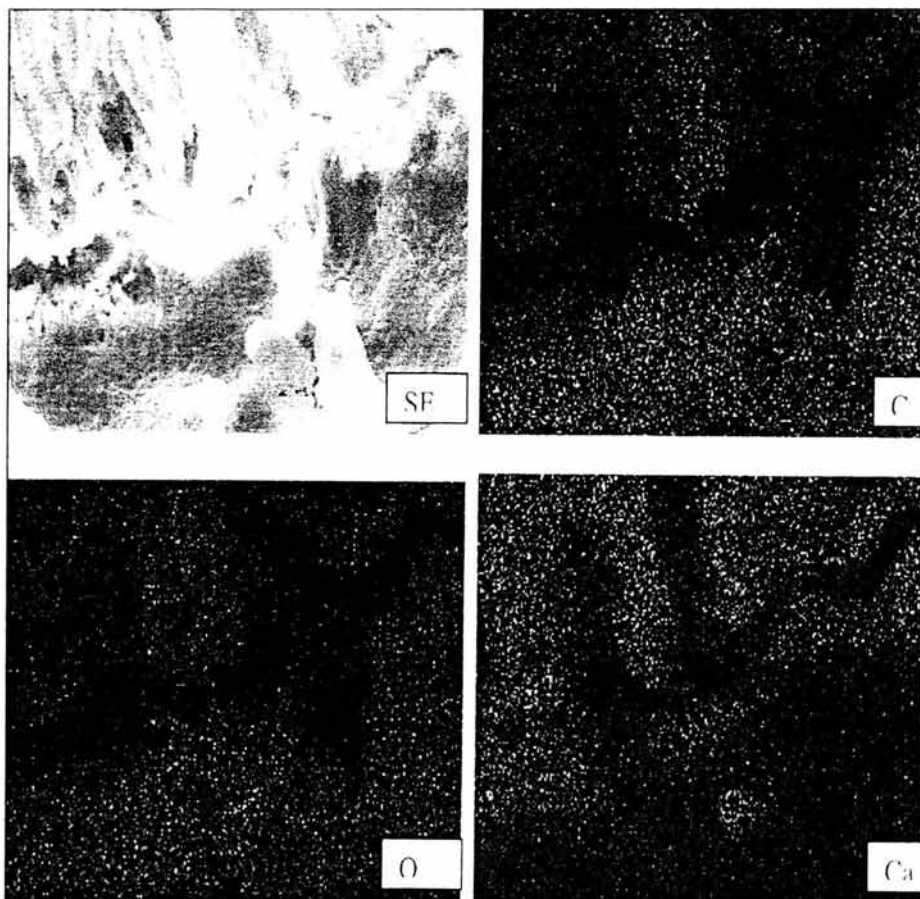


Figura IV 25 Elementos clave analizados por mapeo químico del material orgánico: Carbón, Oxígeno y Calcio.

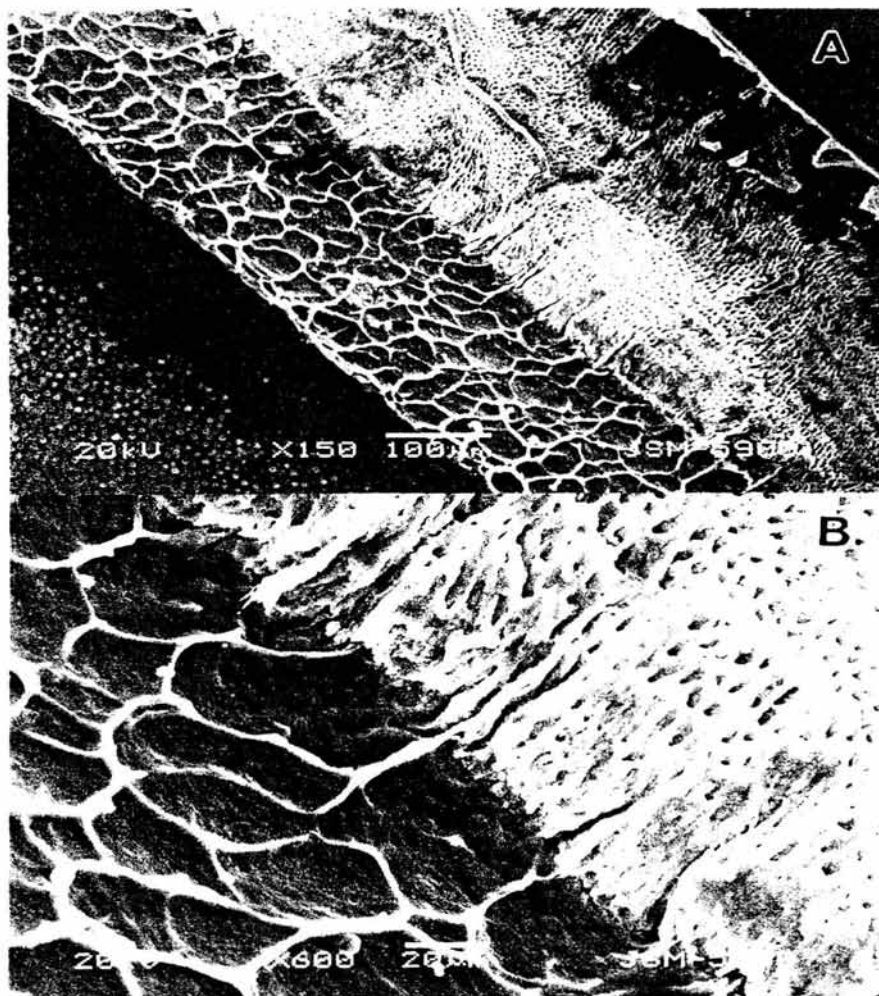


Figura IV 26 Imágenes de las zonas "mapeadas"

Con respecto a una punta, veamos el hecho de tener el enrejado completo de material que conforma la superficie de contacto de la dentina. Esto lo vamos a hacer "mapeando" sobre las imágenes que se muestran en la figura IV 26. En la imagen 26 A se muestra la red a baja amplificación y de la figura 25 B, y esta última será la figura en la que vamos a "mapear" los elementos que hemos encontrado.

Esto se presenta en la figura IV 27. Entonces, en la figura IV 27 se ven claramente las zonas a las que corresponde cada área de la figura. Aquí tenemos los mapeos químicos correspondientes; a) carbón, b) oxígeno, c) calcio y d) fósforo.

Comparando la figura IV 26 con los mapeos químicos mostrados en la figura IV 27 vemos inmediatamente todo el enrejado o red que conforma esta imagen y que corresponde a material orgánico ya que contiene carbón y oxígeno principalmente. Los mapeos químicos de calcio y de fósforo son mayoritarios en la parte del esmalte, como es de esperarse puesto que el contenido inorgánico de esta parte del diente es bastante alto comparado con la dentina.

Como es bien sabido la parte inorgánica es un fosfato cálcico llamado hidroxiapatita y que está conformado por calcio, fósforo, oxígeno e hidrógeno. Pero no solamente por esos elementos, sino que hay elementos traza o elementos minoritarios magnesio, sodio y el silicio.

Por cierto, en los espectros mostrados en la figura IV 23 los picos indicados como oro no son más que la indicación de la capa que se utilizó para recubrir las muestras para poder ser observadas al MEB. Esta es la razón por la que aparecen esos picos, y no corresponden a los elementos componentes de materiales de las muestras que analizamos.

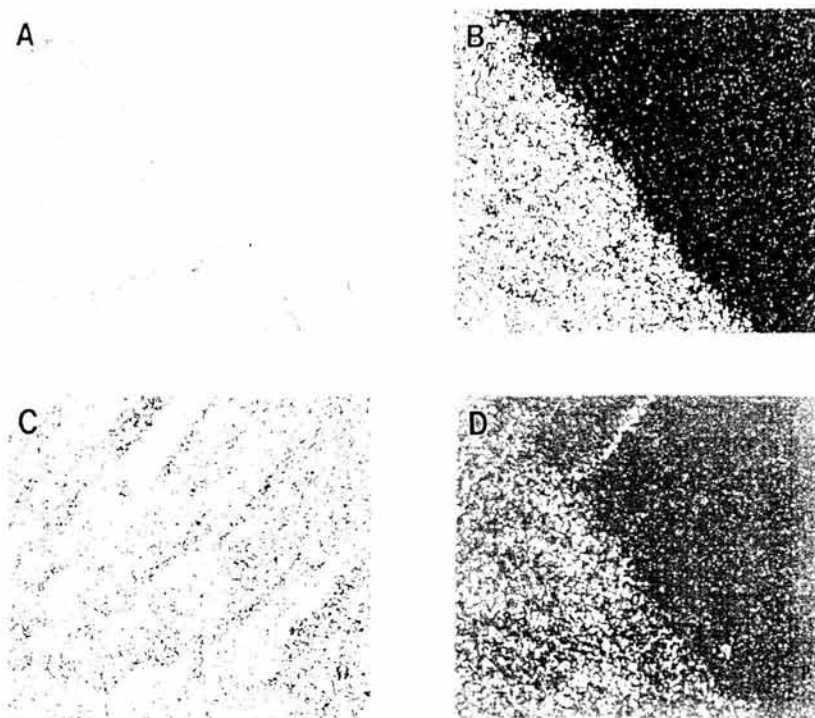


Figura IV 27 Mapeo de elementos químicos presentes en las superficies que conforman la UAD. En A se presenta el Calcio, en B el Carbono, en C el Oxígeno y en D la presencia de Fósforo.

En la figura IV 28 observamos otra vez una de estas prolongaciones orgánicas, y en este caso vamos a “mapear” no solamente el calcio, el oxígeno, el carbón, sino también el sodio, aparte del fósforo.

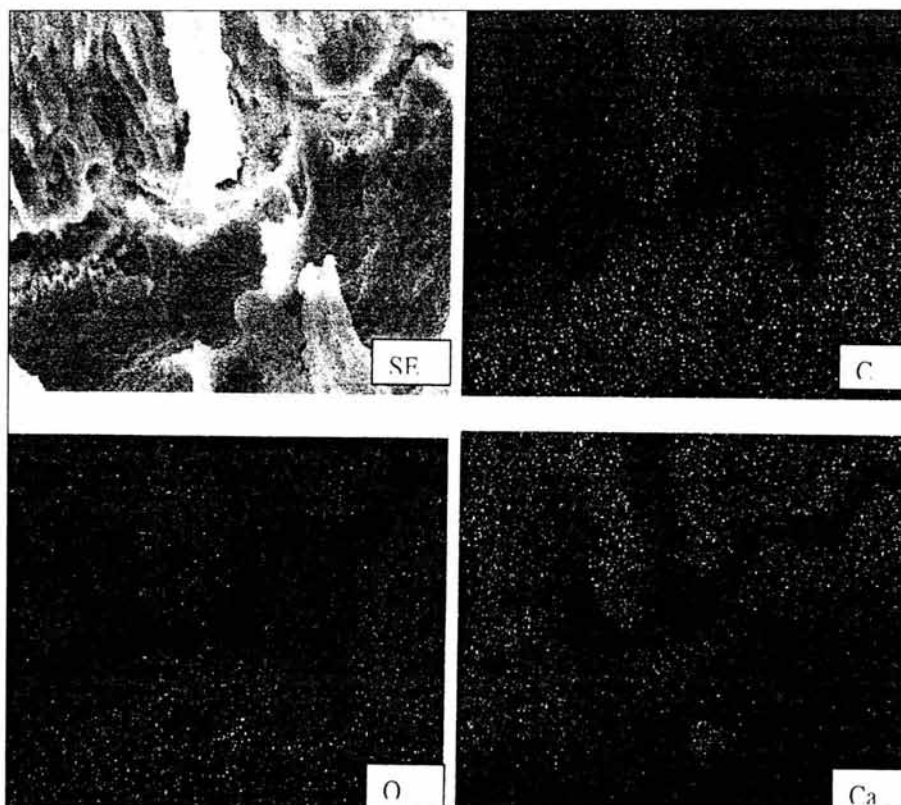


Figura IV 28. Prolongaciones que fueron analizadas por EDS para conocer los elementos químicos que las conforman.

Y en la figura IV 27 y 28 se muestra el mapeo químico de cada uno de estos elementos, y vemos cómo el material inorgánico correspondiente a hidroxiapatita (tiene un mayor contenido de sodio que en el caso del material orgánico correspondiente a la red de contacto de la dentina).

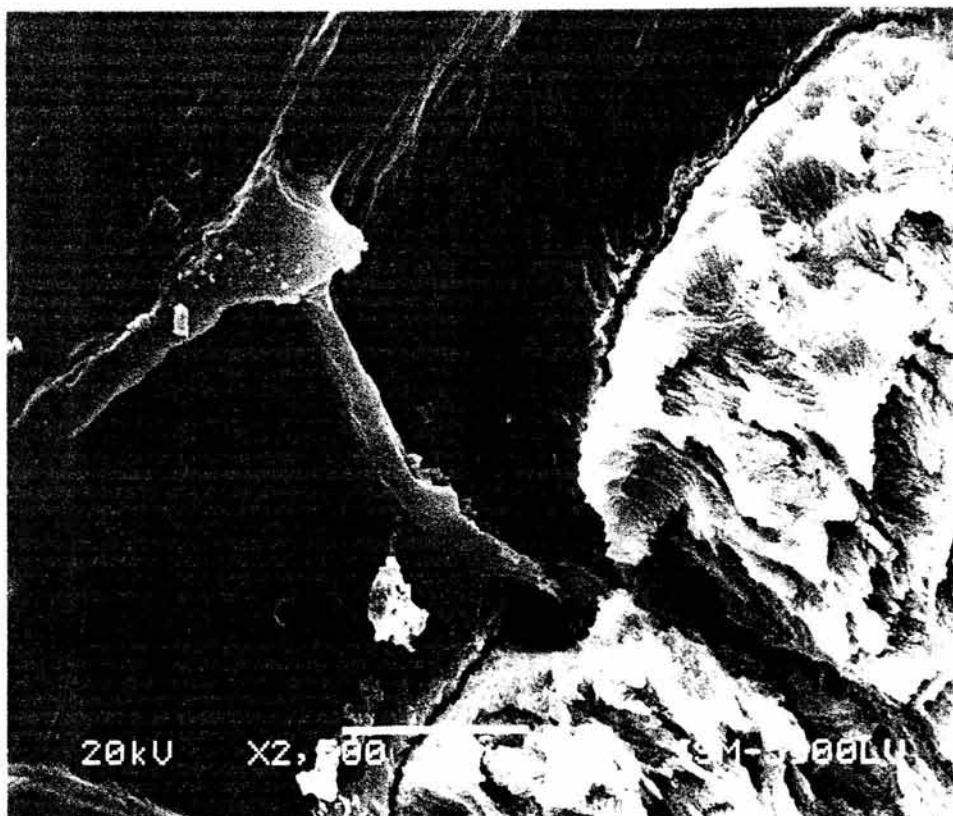


Figura IV 29 Que nos informa de las zonas analizadas por mapeo químico. Nótese la diferencia de las estructuras de los tejidos duros esmalte-dentina y propiamente la Unión.

DISCUSIÓN

Resumiendo los resultados que presentamos en el capítulo anterior podemos decir que la UAD es la zona en la cual se unen la dentina y el esmalte, pero esta unión no únicamente une a la dentina y el esmalte, sino que presenta una capa o membrana que viene siendo el "adhesivo" que mantiene a estos dos materiales juntos. Esta capa, o membrana, es la red orgánica que hemos presentado a lo largo de la sección anterior.

Es interesante preguntarse realmente cuál es el papel que juega esta red orgánica. En algunos trabajos de tesis anteriores (3) se había comentado que debería haber un material que sirviera de unión, o sea el "adhesivo". Esto siempre se ha dado en varios ejemplos que podemos ver en la vida diaria; como por ejemplo, cuando se construye una casa: se pega un tabique encima del otro. Si se pusiera sólo el tabique encima del otro no serviría de nada la construcción, no tendría resistencia, no tendría realmente la unión que solidifique la construcción. Para eso se utiliza un material adhesivo, que en este caso es la mezcla formada por arena y cemento, la cual nos va a mantener juntos un tabique con respecto a otro, y nos va a permitir formar una pared. También lo podríamos ver si quisiéramos pegar una estampilla en un papel: poner el papel sobre el papel nada más no se pega, necesitamos un adhesivo.

Lo mismo debe estar sucediendo en este caso. Con respecto a esta capa de material orgánico, debe ser el adhesivo que mantiene en contacto los dos materiales. Nada más que este caso es mucho más difícil porque no estamos hablando de un tabique con respecto a otro tabique, o un papel respecto a otro papel, sino estamos hablando de

un material con un alto contenido de material orgánico e inorgánico, el esmalte y la dentina.

Entonces necesitaríamos un tipo de unión con un tipo de adhesivo completamente distinto, y este papel lo viene a jugar esta red de material orgánico que se describió en la sección anterior.

En la tesis de Ivett Gil Ch. (3), se comentó la necesidad de saber cuál era el material orgánico y queríamos conocer qué forma o qué estructura tenía este material orgánico. En esta tesis se ha logrado saber finalmente cuál es este material y qué forma tiene: tiene una forma de red y es un material orgánico. Y esta red cuenta con unas prolongaciones que juntan a ambos materiales al funcionar como herramientas de anclaje.

La UAD 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. Ello es posible porque este límite no es en absoluto rectilíneo, sino que está constituido por concavidades o fosas pequeñas que dan una imagen festoneada en los cortes microscópicos. La nitidez de esta línea oscura festoneada en los cortes por desgaste se debe al diferente origen o naturaleza embrionaria del esmalte y la dentina. Con el MEB se observan imágenes crateriformes en este nivel, que corresponden con áreas hipomineralizadas, hecho este último que contribuye a explicar la retención del esmalte en la superficie dentinaria. El origen de la UAD se establece en los primeros estadios de la morfogénesis dentaria y señala la ubicación de la membrana basal, existen entre odontoblastos y ameloblastos antes de que comiencen los respectivos mecanismos de mineralización.

Todavía existen muchas preguntas por contestar, pero al menos ya hemos dado un gran paso al identificar este material de cerca. El haber utilizado una técnica de preparación de muestras que se mencionó en el procedimiento metodológico nos ha permitido conocer esta estructura.

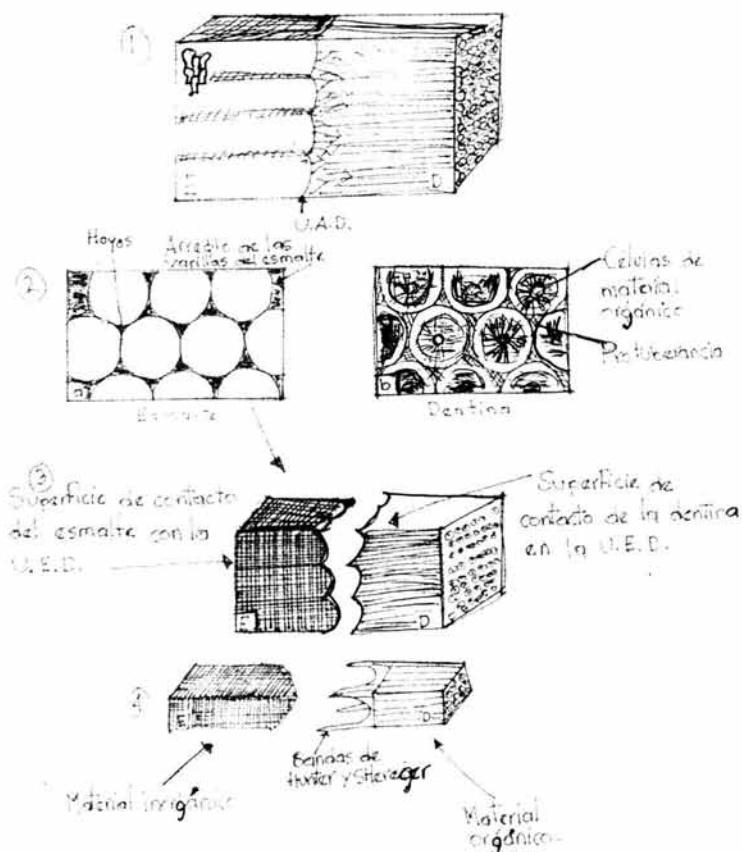
En la tesis de Ivet Gil CH. (3), se comentaba la necesidad de este material. Sin embargo no se tenía ni idea de cómo podría funcionar. Ahora podemos decir, a través de los resultados presentados, que este material orgánico en la superficie de contacto de la dentina tiene la función de incrustarse en el esmalte. De hecho podemos decir que los penachos y husos adamantinos son producto de esta unión con la dentina, o sea que las prolongaciones orgánicas se incrustan en el esmalte. Además, otra cosa que debemos recalcar aquí es el tamaño que tienen estas células o enrejado que se forma: la célula de la red mide alrededor de 50 micras, lo cual forma un cuadrado de 50 por 50 micras en el cual se van a unir un conjunto de prismas. Es decir, este material orgánico no ancla prisma por prisma, sino que un conjunto de prismas. El conjunto de prismas que se forma es, según, si tenemos una área de 50 por 50 micras nos daría alrededor de 100 prismas en cada conjunto de prismas que quedan anclados. Entonces queda claro que tenemos este tipo de comportamiento en la UAD.

En el dibujo 1 se ha presentado esquemáticamente cómo se lleva a cabo la unión del esmalte y la dentina por medio de la red de material orgánico. El esmalte está formado por prismas, los cuales se agrupan para entrar en contacto con la dentina (dibujo 1.1). De esta manera, el grupo de prismas son apilados y anclados por las protuberancias que presenta la superficie de contacto de la dentina (dibujo 1 y 2). De esta manera, las protuberancias se enganchan al esmalte formando las estructuras conocidas como penachos y husos adamantinos (dibujos 1.3 y 1.4).

De esta forma, se entiende el por qué la superficie de contacto de la dentina presenta estas protuberancias. En la forma esquemática se presenta, por lo tanto, la estructura de la superficie de contacto en el dibujo 2.a.

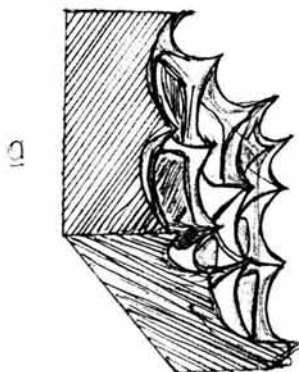
Si fuese posible eliminar todo el material alrededor de la superficie de contacto de la dentina en la UAD, seguramente terminaríamos observando una estructura parecida a la mostrada

esquemáticamente en la dibujo 2.b. Esta figura nos permite concluir que la unión del esmalte y la dentina en la UAD se lleva a cabo con la ayuda de una red de protuberancias que funciona como "varillas de anclaje" entre ambos materiales.

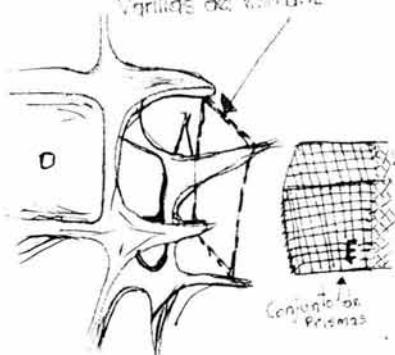


Dibujo 1. En el dibujo 1.1 se presenta esquemáticamente un corte cúbico del festoneo característico de la UAD. En el dibujo 1.2 nos muestra la superficie adamantina en su unión con la dentina. En el dibujo 1.3 se muestra cómo son estas superficies en su unión. Y el dibujo 1.4 nos muestra el arreglo de las prolongaciones respecto al conjunto de prismas los cuales anclan para formar la UAD.

a Bosquejo de un bloque de la estructura orgánica que adhiera al esmalte en la U.E.D



b Sitio de adhesión de las Varillas del esmalte



El material orgánico que lo forma son fibras colágenas tipo III, IV y V.

Dibujo 2. Este esquema explica cómo se realiza la incrustación o anclaje del material orgánico en el esmalte, relacionando la dureza como protección y la sensibilidad como defensa del órgano dentario.

CONCLUSIONES

1.- Las características microestructurales y químicas de la unión amelodentinaria presentan elementos orgánicos mayoritarios que indican ser una estructura de material orgánico. La UAD es la zona donde se une el esmalte y la dentina, y la unión se realiza a través de una membrana o capa de material orgánico que no es rectilíneo, sino que se presenta festoneada y en forma de red.

2.- En la unión esmalte-dentina estos dos tejidos presentan diferentes estructuras y cada tejido diferente función. La UAD es la membrana o capa de material orgánico que ancla al esmalte y lo une a la dentina por medio de un conjunto de protuberancias que se incrustan en el esmalte.

3.- La superficie de la unión esmalte-dentina se caracteriza por ser festoneada y presentar "arborizaciones" o "penachos" a lo largo de su recorrido. El material orgánico que conforma estas protuberancias tiene un alto contenido de carbón y oxígeno comparado con el esmalte.

4.- Las propiedades mecánicas de la unión amelodentinaria y las correspondientes al esmalte y la dentina son diferentes para darle una alta eficiencia a ésta en el papel que desarrolla dentro de la constitución estructural del diente. Las protuberancias de esta estructura orgánica las que dan origen a los "husos y penachos" adamantinos que se presentan en la zona de la UAD.

PERSPECTIVAS

La perspectiva para un trabajo futuro es que necesitamos ahora saber cuál es la constitución del material orgánico que hemos estado presentando a lo largo de esta tesis. Este es un punto que hay que trabajar para poder elucidar cuáles son las proteínas, tipo de colágena y muchas más preguntas por contestar.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- REYES G J, HERNÁNDEZ M J, GONZÁLEZ A M, MADRIGAL A. La microscopía electrónica y el esmalte dental humano. Ciencia y desarrollo. México: Nov/dic 1995; No.125: p. 30-43.
- 2.- SHELLIS R P. A scanning electron-microscopy study of solubility variations in enamel and dentine. Arch. Oral Biology. Lower Maudlin Street Bristol: may, 1999; 41(5): p. 473-484.
- 3.- GIL CH M IVET. "Unión esmalte-dentina". Tesis de licenciatura. México, D.F: IFUNAM-Facultad de odontología. Enero 2002. p. 1-96.
- 4.- ZAMORA M DE OCA C E. "Análisis de la composición y estructura del esmalte y la unión amelodentinaria en dientes humanos". Tesis de postgrado. México, D.F: División de estudios de Posgrado e Investigación e IFUNAM. 1998, p. 135
- 5.- MJOR A I, FEJERSKOV O. Embriología e histología oral humana. México: Ed. Salvat; 1990. p. 83-91.
- 6.- HANDERSON S J. Introducción a la anatomía dentaria. Argentina:1ra. ed. Ed. Mundi; 1990, p.79-85.
- 7.- TEN C R. Oral histology. Argentina: Médica panamericana; 1998. p. 219-235, 170-189.
- 8.- DIAMOND M, D.D.S. Anatomía dental. México: Ed. Hispano-americana; 1991; 3ra. ed. cap. III-V.
- 9.- ENCICLOPEDIA MICROSOFT®.Encarta® 98. "Dientes" Microsoft corporación. Reservados todos los derechos.
- 10.- BERKOVITZ BKB, HOLLAND G R, MOXHAM B J. "Anatomía oral" Histología y embriología. Holanda y España: Ed. YEAR BOOK MEDICAL PUBLISHER, INC; 1979; 2da. ed. p. 141-155.

- 11.- DOUKOUDAKIS S, KRANIAS N, SPANOU M. Morfologic characteristics of dentin at the dentino-enamel junction As viewed loy scanning electron microscopy. Journal of Esthetic Dentistry (Athens, Greece) 1997; 9 (2): 94-99.
- 12.- KIMURA O, DIKES E, FERNHEAD R W. The relation ship between the surface are of enamel crowns of human theeth and that of dentin-enamel junction. Arch. Oral Biology (Great Britain) 1977; 22 (12): 667-683.
- 13.- GÓMEZ DE F, CAMPOS M. Histología y embriología bucodental. 2da reimpression. México: Ed. Médica Panamericana; 2001. p. 355.
- 14.- ABRAMOVICH A. Histología y embriología dentaria. Argentina: Ed. Mundi; 1ra ed. 1985, p. 5-66, 189-195.
- 15.- RODRÍGUEZ H A G. "Estudio estructural de la dentina por microscopía electrónica y difracción de rayos X". Tesis de licenciatura. México, D.F. Facultad de odontología - IFUNAM; 2001.
- 16.- TORRES C D L. "Estudio de la estructura de la dentina humana por microscopía óptica y electrónica". Tesis de licenciatura. México, D.F. Facultad de odontología e IFUNAM; 2001.
- 17.- KIRKHAM J. The chemical composition of enamel in junctional epidermolisis Bullosa. Arch. Oral Biology (Chapel Hill, NC, USA) 2000; 45. p. 377-386.
- 18.- THAER S M. A simple preparation tecnique to estudy the organic phase of tooth enamel under scanning electron microscopy. Materials Research bulletin (Wichita, KS) 2000; 35. p. 1725-1735.
- 19.- JANSEN B J, RENSBURG V. Oral Biology.1995 by quintessence. Capítulos I al IV.
- 20.- ZISS MANUAL DE MICROSCOPIA ÓPTICA . Microscopia de luz reflejada Axiotech, diseño de calidad superior para la microscopía técnica. p.1-22.
21. VÁZQUEZ N G, ECHEVERRÍA O. Introducción a la microscopía electrónica aplicada a las ciencias biológicas. 1ra edición México: FCE; 2000.

- 22.- YACAMÁN M J, REYES G J. Microscopía Electrónica, Una visión del microcosmos. México: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Fondo de Cultura Económica. 1998; p. 143.
- 23.- CARAMÉS DE A. E. Anatomía y fisiología. Argentina: Ed.mundi; 2da. Ed. 1970. p. 61-66.
- 24.- BHASKAR S. N, BDS, MS. Histología y Embrilogía Bucal de Orban. Argentina; ED. El Ateneo; 1986. p. 49-150.
- 25.- TEN CATE R.A. Oral histology. USA: Mosby-Year Book, Inc; 5ta. Ed.;1998. p. 128-218.