

01421  
321



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

## ESTUDIO COMPARATIVO DE LA DISTRIBUCIÓN Y DENSIDAD DE LOS TÚBULOS DENTINARIOS DE LA CÚSPIDE DE TRABAJO DE LOS PRIMEROS PREMOLARES

### TESIS

QUE PRESENTA:

FRANCISCO SOTO MAURICIO

PARA OBTENER EL TÍTULO DE CIRUJANO DENTISTA

TUTOR DE TESIS:

Dr. Miguel Ángel Araiza Téllez.

ASESORES:

Mtro. Humberto Arenas Alatorre  
Dr. Alejandro Hinojosa Aguirre

Ciudad Universitaria, Junio del 2003.

Vo. B. o.

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional:  
NOMBRE: Francisco Soto Mauricio  
FECHA: 19/06/03  
FIRMA:





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## **A TI PAPÁ**

A ti papá, que me proporcionaste las bases necesarias para formar y forjar mi vida. Que siempre presionabas cuando era requerido, para contrarrestar mi flaqueza en todo momento de debilidad. Siempre con esa fuerza que te caracteriza.

Gracias a ti y las bases que me proporcionaste, he podido lograr todo lo que me he propuesto hasta este momento y espero poder seguir dándote satisfacciones como esta, que es solo un paso más en mi formación como profesionista y mis bases como persona e individuo.

Me enseñaste a defender mis ideales a costa de cualquier precio y me enseñaste que la humildad esta por encima de todo, el que es humilde no se encuentra obstáculos en su vida.

Por esto y muchas otras cosas te viviré infinitamente agradecido.

**GRACIAS PAPÁ**

## **A MIS HERMANAS**

Si a ustedes que siempre han sido como mis ángeles de la guarda, con ese apoyo moral que me otorgaron toda su vida. Les agradezco toda su franqueza, me han hecho recapacitar muchas cosas que no había podido ver.

Se que siempre contare con su apoyo y que si alguna vez requirieran del mío lo tendrán incondicionalmente.

Sigan como hasta ahora y lograrán todas sus metas.

GRACIAS CHANGO Y PERA.

## **A MIS ABUELOS**

In memoriam. Abuelito aunque se que ya nos estas con nosotros te agradezco todo el apoyo y el cariño que me diste, se que para ti hubiera sido un orgullo muy grande el verme en este momento, pero en donde te encuentres te darás cuenta que no te defraude ni te defraudaré nunca, gracias por todo Gallo.

Abue espero que este logro te llene de felicidad, sabes que luche mucho por lograr todo lo que ahora soy, ojalá algún día pueda recompensarte el tiempo que no te he dado, te quiere mucho abuelita. Gracias.

## **A MI FAMILIA**

**Gracias por todo su apoyo a mis primos y tíos, que se esforzaron en su momento y en momento adecuado para apoyarme en diferentes etapas de mi vida. Gracias.**

## **A MI QUERIDISIMA FLACA**

Si a ti que me has enseñado a ver mis errores y comprender que la humildad enseñada por mi padre debe mostrarse a todos sin excepción, que me enseñaste el valor de la verdad, que me dejaste libre cuando no quería volar, tu que me has enseñado lo que es el verdadero sufrimiento del amor.

A ti que le has dado un nuevo significado a mi vida.

A ti que has sido más fuerte que yo en algunas ocasiones.

A ti por todo lo que me diste.

Te agradezco enormemente el haberme permitido entrar a tu vida y amarte como te amo.

Gracias por todo Blan y espero que esto nunca termine....

**GRACIAS**

**TE AMO.....**

## **A mi Universidad**

Gracias a ti Alma Mater, he podido consolidarme como profesionista, a tu apoyo incansable e inagotable, a tu bondad como casa de estudios, a ti que me permitiste realizar todo tipo de actividades relacionadas con mi desarrollo físico e intelectual. Por haber cargado con la carga de uno más de tus egresados, uno que defenderá por siempre el honor de los colores azul y oro, orgulloso de haber podido pertenecer a este grupo tan especial de personas llamadas Pumas, el orgullo más grande de mi vida es pertenecer a la mejor de las escuelas formadoras de profesionistas.

Gracias UNAM por todo y por siempre.....

*"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"*

**POR SIEMPRE PUMA UNIVERSITARIO**



# ÍNDICE

	Pag.
Resumen	1
1.- Introducción	2
2.- Antecedentes	3
2.a. Embriología	3
2.b. Odontogénesis	3
2.b.1 Epitelio dental interno	6
2.b.2 Estrato intermedio	6
2.b.3 Retículo estrellado	7
2.b.4 Epitelio dental externo	7
2.b.5 Lamina dentaria	7
2.b.6 Papila dentaria	8
2.b.7 Saco dentario	8
2.c. Dentinogenesis	8
2.c.1 Odontoblasto	8
2.c.2 Predentina	9
2.c.3 Mineralización	11
2-d. Dentina	13
2.d.1 Dentina Primaria	15
2.d.2 Matriz dental	15
2.d.3 Matriz peritubular	17
2.d.4 Túbulos dentinarios	18

2.d.5 Dentina secundaria	20
2.d.6 Dentina terciaria	20
2.d.7 Propiedades físicas	21
2-f. Aspectos de la oclusión	22
2.f.1 Fuerzas oclusales	25
2-g. Microscopia	26
2-g-1 Microscopia óptica	26
2-g-2 Microscopia electrónica de barrido (MEB)	27
2-g-2-a. Antecedentes históricos	27
2-g-2-b. Fundamentos	29
2-g-2-c. Componentes	
2-g-3 Microanálisis cuantitativo de rayos X	33
3.- Planteamiento del problema	36
4.- Justificación	37
5.- Metodología de la investigación	38
4.1 Objetivos	38
4.1.a. General	38
4.1.b Particulares	38
4.2 Hipótesis	39
4.3 Recursos	40
4.3.a Materiales	

4.3.b Biológicos	40
4.3.c Físicos	40
4.4 Selección de la muestra	41
5. Observación en el microscopio electrónico	42
6.- Resultados y análisis de resultados	43
8.- Microfotografías	44
9.- Tablas	71
10.- Gráficas	72
11.- Discusión	75
12.- Conclusiones	78
13.- Referencias bibliográficas	79

## Índice de Figuras y Fotografías

Número	Descripción	Pág
1	Esquematación de los diferentes estadios de formación del diente	5
2	Esquematación de las capas en la etapa formativa del diente	5
3	Esquema de la célula odontoblástica	12
4	Microfotografía de la dentina	18
5	Esquema de la distribución de fuerzas en la oclusión	25
6	Fotografía de MEB	35

## INDICE DE FOTOGRAFÍAS

Número	Descripción	Pag.
1	Microfotografía del tercio externo	47
2	Microfotografía del tercio medio	48
3	Microfotografía del tercio interno	49
4	Microfotografía de la unión amelodentinaria	50
5	Microfotografía de la unión amelodentinaria	51
6	Microfotografía de la unión amelodentinaria	52
7	Microfotografía de la unión amelodentinaria	53
8	Microfotografía de la unión amelodentinaria	54
9	Microfotografía de la dentina tercio externo	55
10	Microfotografía de la dentina tercio externo	56
11	Microfotografía de la dentina tercio externo	57
12	Microfotografía de la dentina tercio externo	58
13	Microfotografía de la dentina tercio medio	59
14	Microfotografía de la dentina tercio medio	60
15	Microfotografía de la dentina tercio medio	61
16	Microfotografía de la dentina tercio medio	62
17	Microfotografía de la dentina tercio medio	63
18	Microfotografía de la dentina tercio medio	64
19	Microfotografía de la dentina tercio medio	65
20	Microfotografía de la dentina tercio medio	66
21	Microfotografía de la dentina tercio medio	67
22	Microfotografía de la dentina tercio medio	68
23	Microfotografía de la dentina tercio interno	69
24	Microfotografía de la dentina tercio interno	70
25	Microfotografía de la dentina tercio interno	71
26	Microfotografía de la dentina tercio interno	72
27	Microfotografía de la dentina tercio interno	73
28	Microfotografía de la dentina tercio interno	74

### Índice de tablas

Número	Descripción	Pág
1	Densidad tubular	71
2	Diámetro tubular	71
3	Distancia intertubular	71

### Índice de Gráficas

Número	Descripción	Pág
1	Densidad tubular	60
2	Diámetro tubular	61
3	Distancia intertubular	62

## **Resumen**

La dentina es considerada como un material compuesto ya que la conforman dos fases una orgánica que se conoce como matriz y una fase inorgánica que son los fosfatos de calcio. Esta se encarga de proveer capacidad de resistencia a las cargas masticatorias al diente y distribución de las mismas para evitar una fractura del esmalte. La composición de la dentina es un aspecto bien estudiado, pero el papel que juega la distribución de las cargas, la diferencia la distribución y densidad de los túbulos dentinarios en las diferentes cúspides y si es que estos factores sufren modificaciones con la edad o por la función de las cúspides, es un campo aun no bien dilucidado. Aunque se ha demostrado en estudios previos que existe alguna diferencia en la distribución y densidad de los túbulos dentinarios a lo largo de los diferentes tercios de la corona del diente, no se sabe si algún factor determina o coadyuva a esta diferencia. El presente estudio se encarga de determinar la diferencia entre los diferentes tercios de la cúspide de trabajo de los dientes premolares, para así saber si existe alguna influencia de las cargas de la masticación y otros factores como la edad.

Palabras clave: distribución, densidad, dentinogénesis,



## **Summary.**

Dentin must be considered as a composite material because it's composed by two phases, organic components supported in an inorganic matrix. Human dentin provides resistance against masticatory stresses by distribution of those forces throughout the periodontal tissues directed to avoid fractures in enamel. This study describes the structure and morphology of human dentin located beneath the work cusps in extracted bicuspid. Dentin composition is a topic well studied but its function on the forces distribution and dentinal tubules diameter and number along the cuspid and if these factors modify itself with aging or function is not clear yet. Even in previous studies has been demonstrate that really exists a difference along the crown of the teeth, there has not been established if any factor like oclusal stresses or age influence that differences. The present study determines difference between the tooth crown functional cusp thirds of superior first premolars, acquiring the knowledge about the influence of the oclusal stresses and age.

Key words: distribution density dentinogenesis.

## **Introducción**

El conocimiento de la formación y el desarrollo de los tejidos que conforman el cuerpo humano ha interesado al hombre desde hace mucho tiempo, una de las primeras aproximaciones se dio con el estudio de cadáveres y la comprobación con medios histológicos de los componentes anatómicos de los tejidos que conforman todos los órganos de la economía. En la actualidad, el conocimiento ha llegado a límites insospechados, incluyendo las técnicas de cultivo de células y el desarrollo de tejidos in Vitro, creando la posibilidad real de la clonación, sin embargo, aún persisten cuestiones fundamentales respecto a la anatomía de los órganos y tejidos que deben ser estudiadas.

La dentina, es el tejido dental que esta constituido tanto por una fase orgánica (matriz) como por una inorgánica (fosfatos de calcio), por lo tanto puede ser considerada como un material compuesto. Se encarga de proveer la protección de la pulpa dental y soporte al esmalte, también provee de las características mecánicas que permiten la distribución de las fuerzas de la masticación que el esmalte no es capaz de soportar, ya que este último es un material altamente cristalino y por lo tanto frágil. La composición de la dentina es un aspecto bien estudiado en la literatura, sin embargo, la asociación de las características fisicomecánicas con los aspectos funcionales de este tejido no ha sido claramente explicado, es decir, el papel que juega la distribución y densidad de los túbulos dentinarios en la distribución de las fuerzas oclusales, o la existencia de diferencia entre las cúspides de trabajo con respecto a las de balance, o también si estas características en la dentina pueden ser modificadas por la función oclusal o por la edad, o quizá la existencia de restauraciones. Por lo tanto, la existencia de esta amplia gama de posibilidades, llevo a realizar un proyecto de investigación con la finalidad de conocer la diferencia en las características fisicoquímicas, de la dentina localizada en las cúspides de trabajo con aquella de las cúspides de balance en dientes humanos extraídos.

## **Antecedentes**

Son importantes los conceptos relacionados con los tejidos duros del diente, así como conocer los fundamentos de su formación, ya que con ello pueden establecerse las relaciones que existen con la función que desempeñan en el organismo. A continuación se presenta la descripción de los tópicos más importantes del esmalte y la dentina humanos.

## **Embriología**

Durante la tercera semana de vida intrauterina (VI) del embrión humano, la mayor parte de la cara consiste en una prominencia redondeada formada por el cerebro anterior (prosencefalo), cubierto por una capa delgada de mesodermo y ectodermo. Debajo de esta prominencia, existe un surco profundo que corresponde al estomodeo, limitado por el arco mandibular, lateralmente por los procesos maxilares y hacia la porción cefálica por el proceso frontonasal (Langman J, 1981).

El estomodeo se profundiza para encontrar el fondo del saco del intestino anterior. El estomodeo y el intestino anterior están separados por la membrana bucofaringea. Existe una bolsa ectodérmica adicional, derivada del estomodeo "La bolsa de Ratke", que posteriormente formará el lóbulo anterior de la hipófisis. El revestimiento del estomodeo es de origen ectodérmico, así como el esmalte y las glándulas salivales.

## **Odontogénesis**

El desarrollo del diente implica relaciones epitelio-mesénquima, por lo que su origen se denomina "ectomesénquima". Durante la sexta semana de VI aparece el primer signo de desarrollo dentario.

En esta etapa la cavidad oral primitiva del embrión está tapizada por el ectodermo, que es un epitelio escamoso estratificado, el cual consta de dos capas celulares: una basal de células cilíndricas y otra superficial de células aplanadas.

La capa basal del epitelio comienza a proliferar de manera más rápida que las células adyacentes, lo cual da lugar a un engrosamiento epitelial en la región del futuro arco dentario, y se extiende a lo largo de todo el borde libre del proceso maxilar y mandibular. A este engrosamiento del epitelio se le denomina "lámina dentaria".

Poco después de constituirse la lámina se originan de esta y en cada arco unas estructuras de forma circular en diez puntos diferentes, que corresponden a la futura posición de los dientes deciduos y que reciben el nombre de "yemas dentarias" (Langman 1999).

La proliferación de la yema dentaria es de manera desigual y en sus diversas partes da lugar a la formación de la etapa de casquete, caracterizada por una invaginación poco marcada en la superficie profunda de la yema. En este periodo inicial del desarrollo dentario es posible identificar todos los elementos formativos del diente y de sus tejidos de sostén.

Las células periféricas de la etapa de casquete forman el epitelio dentario externo en la convexidad y son una hilera de células con forma cuboidal; el epitelio dentario interno está situado en la concavidad y está formado por una capa de células cilíndricas.

Las células que se encuentran en medio de los epitelios externo e interno, comienzan a separarse por aumento del líquido intercelular y se disponen en una malla llamada "retículo estrellado". Estas células adquieren forma reticular ramificada y por su disposición dan lugar a la formación del nudo adamantino. Este se proyecta hacia la papila dentaria subyacente, de manera que el centro de la invaginación epitelial muestra un crecimiento ligero como botón, bordeado por los surcos del esmalte labial y lingual. A su vez se origina en el órgano dentario, que ha estado creciendo en altura, una extensión vertical del nudo del esmalte llamada "cuerda del esmalte". Ambas son estructuras temporales que desaparecen antes de comenzar la formación del esmalte (Ten Cate, 1989)

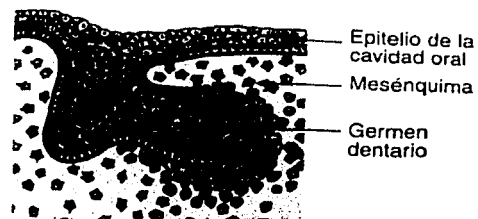


Figura 1

Esquema de la Odontogénesis



figura 2

Esquema de la Odontogénesis

El mesénquima encerrado parcialmente por la porción invaginada del epitelio dentario interno comienza a multiplicarse bajo la influencia organizadora del epitelio proliferante del órgano dentario (Figura 1). Se condensa para formar la papila dentaria, que es el órgano formador de la dentina y el esbozo de la pulpa. Los cambios en la papila dentaria aparecen al mismo tiempo que el desarrollo del órgano dentario epitelial. La papila dentaria muestra gemación activa de capilares, mitosis y sus células periféricas contiguas al epitelio dentario crecen y se diferencian después en odontoblastos.

Al mismo tiempo del desarrollo del órgano y de la papila dentaria, se da una condensación marginal en el mesénquima que los rodea. En esta zona se desarrolla una capa más densa y fibrosa llamada "saco dentario primitivo" (Langman J, 1981).

Durante invaginación del epitelio, el órgano dental adquiere forma de campana y se compone por diferentes estratos (Figura 2).

### **Epitelio dental interno**

Esta formado por una capa de células que se diferencian en células cilíndricas antes de la amelogénesis y reciben el nombre de ameloblastos. Los núcleos de los ameloblastos se hallan situados en la parte central de las células, pero antes de la secreción de la matriz del esmalte se alejan de la papila dentaria, es decir que las células se polarizan. Los ameloblastos miden de cuatro a cinco micrómetros de diámetro y 40 micrómetros de altura en promedio. Los ameloblastos ejercen influencia organizadora sobre las células mesenquimatosas subyacentes, que se diferencian en odontoblastos.

### **Estrato intermedio**

El epitelio del esmalte se halla separado del retículo estrellado, por varias capas de células escamosas que forma el estrato intermedio. Esta capa parece ser esencial para la formación del esmalte, ya que solamente se encuentra con los ameloblastos secretores.

### **Reticulo estrellado**

Se encuentran progresivamente más separadas por la acumulación de una sustancia intercelular que contiene una elevada proporción de glucosaminoglicanos. Las células son estrelladas poligonales, con prolongaciones citoplasmáticas largas y delgadas que conectan múltiples células entre sí y se anastomosan con las vecinas, mediante uniones desmosómicas. Antes de comenzar a la formación del esmalte, el reticulo estrellado se retrae por pérdida de líquido intercelular, de manera que las células se distinguen de las del estrato intermedio. Este cambio se inicia a la altura del borde incisivo o de la altura de la cúspide y continúa hasta el cuello.

### **Epitelio dentario externo**

Sus células adquieren forma cuboidea baja. Al final de la etapa de campana, antes de la formación del esmalte y durante su formación, la superficie lisa del epitelio dentario externo se dispone en pliegues. Entre los pliegues del mesénquima adyacente, el saco dentario forma papilas que contienen asas capilares y así proporciona un aporte nutritivo adecuado para la actividad metabólica intensa del órgano avascular del esmalte.

### **Lámina dentaria**

La lámina dentaria prolifera en su extremidad profunda para originar el órgano dentario del diente permanente (excepto molares permanentes), mientras se desintegra en la región comprendida entre el órgano y el epitelio bucal. El órgano dentario se separa poco a poco de la lámina, aproximadamente cuando se forma la primera dentina.

### **Papila dentaria**

La papila dental se encuentra separada del órgano dental mediante una membrana, antes de la formación de la dentina y es llamada "membrana preformadora". Las células de la papila dental aparecen como células mesénquimatosas indiferenciadas que tienen una estructura relativamente poco complicada, con todos los organelos habituales; estas células se diferencian poco en odontoblastos bajo la influencia organizadora del epitelio. Primero adquieren forma cuboidea y después cilíndrica, adquieren la potencialidad para producir dentina.

### **Saco dentario**

Antes de la formación de los tejidos dentales, el saco dentario presenta una forma capsular por la disposición circular de sus fibras. Con el desarrollo de la raíz de sus fibras periodontales que quedan incluidas en el cemento y en el hueso alveolar.

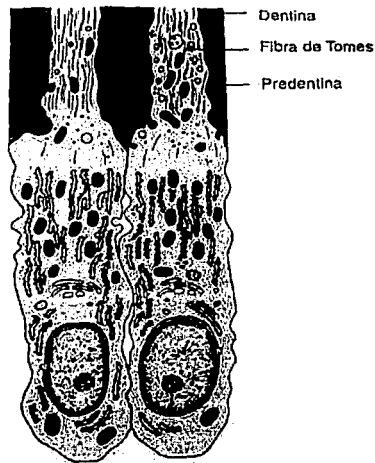


## DENTINOGÉNESIS

### Odontoblasto

Los odontoblastos rodean completamente la cara pulpar de la predentina. Comprende una capa de células, aunque en los dientes completamente desarrollados a menudo aparece pseudo estratificada (Ten Cate, 1989).

Los odontoblastos son células columnares largas a veces tienen una forma cuboidal especialmente en la raíz. El núcleo es oval y está localizado en el extremo proximal de la célula. El citoplasma contiene numerosos orgánulos, como son una gran cantidad de retículo endoplásmico rugoso, un aparato de Golgi bien diferenciado, mitocondrias, microtúbulos, vesículas y fibrillas (Figura 3).



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Figura 3  
Esquema del odontoblasto

El proceso odontoblástico se extiende desde el cuerpo del odontoblasto y se localiza en el interior del tubulo dentinario (Frank R, 1999). Existe controversia en cuanto a que tan periféricamente llega el proceso citoplásmico. Estudios estructurales demuestran que lo podemos encontrar hasta el tercio interno o la mitad interna de la dentina. Esta formado por un citoplasma que contiene microtúbulos y filamentos, sin organitos mayores. El ramaje, lo que conocemos como deltas, de los túbulos es comúnmente visto sobre todo en las uniones amelodentinaria y cementodentinaria. Un tipo especial de delta es visto en la dentina radicular.

El estudio de la dentina con el uso de microscopia electrónica de barrido se lleva a cabo desde hace 42 años, según registros de la Archives of Oral Biology, el primer artículo publicado en este journal, fue un estudio de la dentina con MET, en este se describía por primera vez al proceso odontoblástico como una extensión citoplasmática del odontoblasto. La dentina peritubular parecía ser más calcificada que la dentina intertubular y se demostraba la presencia de hidroxiapatita, por medio de la difracción electrónica de área selectiva (Frank RM, 1999).

### **Predentina**

La dentinogénesis aparece en secuencia bifásica. La primera es la elaboración de matriz orgánica no calcificada, llamada predentina. Proceso que se explica a continuación:

Antes de la diferenciación de los odontoblastos, el epitelio dentario interno está separado de la papila dentaria por una membrana basal continua muy delgada. Las células de la papila dentaria son fusiformes separadas por espacios intercelulares grandes, algunas de estas células se ponen en contacto entre sí y con la membrana basal.

Al comenzar la diferenciación, que se presenta sólo ante el epitelio dentario del esmalte, las células de la papila dental adquieren forma cilíndrica baja y se colocan en una sola capa a lo largo de la membrana basal. Los núcleos se hallan situados en la posición basal en esta etapa temprana de la formación de los odontoblastos.

Las extremidades distales de las células son vellosas y algunas prolongaciones de cada célula llegan hasta la membrana basal. Con el progreso de la diferenciación, las células crecen hasta alcanzar varias veces su longitud original, mientras que su anchura se mantiene constante. A su vez aparecen cambios en el citoplasma de los odontoblastos como el aumento en la concentración de algunos de sus organitos, componentes granulosos y elementos globulares, se piensa que estos cambios se deben al aumento de la actividad celular.

Los odontoblastos se comienzan a separar de la membrana basal con la aparición de la primera capa de predentina y sus extremidades distales se vuelven infundibuliformes. Con la deposición de predentina las células continúan retirándose, de manera que siempre se localizan en una capa a lo largo de la superficie pulpar de la predentina recientemente formada. Conforme las células retroceden dejan atrás extensiones aisladas, las prolongaciones odontoblásticas, que parecen incluidas en la matriz. Los odontoblastos completamente diferenciados disminuyen su tamaño durante la formación subsiguiente de predentina, pero retienen sus características estructurales hasta formar la matriz de la dentina. En este momento entran en un estado de reposo.

## **Mineralización**

Comienza hasta que se ha depositado una banda bastante amplia de predentina. La formación y la calcificación de la dentina comienza en las cúspides en los bordes incisivos, y avanza hacia adentro por la aposición de las capas cónicas, una dentro de la otra. Cuando la dentina de la corona se ha depositado, las capas apicales adquieren la forma de conos alargados con la terminación de la dentina radicular, llega a su fin la formación de la dentina primaria.

La mineralización de la dentina está íntimamente relacionada con la colágena. Este mecanismo envuelve el inicio de la formación de cristales, también denominado nucleación. Es probablemente asociado gracias a la actividad celular y las interacciones entre las capas de predentina y su atracción por los iones calcio y fosfato. Después de que el núcleo inicial de cristalización se forma, el crecimiento de los cristales se hace presente. Se cree que el inicio y la regulación de la mineralización no solo de la dentina sino también de los demás tejidos mineralizados, están relacionada con la presencia de colágena, proteoglicanos y fosfoproteínas, así como la actividad de cada grupo celular.

La hidroxiapatita es el principal componente de los tejidos mineralizados. Los cristales de hidroxiapatita son de forma infundibuliforme, con un grosor de 5nm y una longitud que va de 10 a 50nm. Una pequeña cantidad del calcio presente en la dentina se encuentra en un aspecto amorfo.

Los focos de mineralización crecen en forma esférica comúnmente llamadas calcosferitas, que se fusionan con las esferas contiguas. En las zonas en donde está fusión no se presenta, aparecen o quedan espacios no mineralizados que se conocen posteriormente como áreas interglobulares, que permanecerán en la dentina mineralizada, su presencia se aumenta en presencia de desordenes sistémicos. A parte de este tipo de mineralización en forma de esfera la dentina

también mineraliza en forma lineal, esto se refleja con la presencia de líneas de incremento.

La mineralización de la dentina intertubular y peritubular aparece simultáneamente en la dentinogénesis en la mayor parte de la dentina coronal. Entonces la dentina hipermineralizada en estas áreas es dentina primaria. En la mayor parte de la dentina de la periferia pulpar, solo la dentina intertubular se mineraliza. Un patrón de mineralización similar lo encontramos en la dentina incisal y cuspídea, entonces la aparición de dentina hipermineralizada en estas áreas no indica que ésta mineralización es secundaria, después de que la dentina per se ha formado.

En la dentina cuspídea e incisal la estructura es distinta de aquella que esta en la periferia de la pulpa, sin embargo, el área central de esta área puede representar una extensión de la cámara pulpar. Si la estructura se considera sobre esta base, la distribución de los elementos inorgánicos es similar a la que se observa en el aspecto pulpar de la dentina.

## **DENTINA**

La dentina es un tejido conectivo mineralizado, similar a cualquier otro tejido mineralizado, proviene como todos estos de una matriz orgánica que después se mineraliza. La matriz orgánica esta formada por los odontoblastos. La mineralización inicial ocurre durante la formación de la dentina, o sea, la dentinogénesis. Una continúa mineralización se lleva a cabo durante el crecimiento.

La cantidad de tejido calcificado en promedio que existe en la dentina es del 70%, además encontramos componentes orgánicos que comprenden el 18% y agua que es aproximadamente el 12% restante. La matriz calcificada esta formada principalmente por hidroxiapatita, mientras que la matriz orgánica esta formada en su mayoría por colágena y proteínas como los proteoglicanos, glucosaminoglicanos; lípidos y citratos.

Tanto en el crecimiento del hueso, como en el de la dentina se pueden observar incrementos por adición de nuevas capas celulares en sus superficies. En la dentina se observa el crecimiento más limitado porque existen odontoblastos únicamente en el lado interno o pulpar de la dentina, por lo tanto estas capas se reducen al espacio de la pulpa durante el tiempo. El odontoblasto tiene prolongaciones citoplasmáticas como husos adamantinos que se encuentran en la unión de la dentina y el esmalte, tienen longitud aproximada de tres milímetros, con un diámetro aproximado de uno punto cinco micrómetros. Cuando se deposita la matriz de dentina alrededor de tales prolongaciones, también queda rodeado en conductillos finos llamados túbulos dentinarios y las prolongaciones reciben el nombre de "procesos o prolongaciones odontoblásticas", o "fibras dentinarias de Tomes". Al añadirse mayor cantidad de dentina los odontoblastos son desplazados en sentido pulpar y las prolongaciones se alargan cada vez más junto con los túbulos dentinarios.

De manera similar al hueso, la matriz de la dentina se forma originalmente y después de aproximadamente un día se calcifica.

Al microscopio electrónico de barrido (MEB) se observa que los odontoblastos tienen un largo cuerpo celular en la periferia de la pulpa, y prolongaciones odontoblásticas largas dentro de la dentina. El cuerpo celular contiene abundante retículo endoplásmico rugoso, y un aparato de Golgi destacado cerca del centro de la célula. Las prolongaciones citoplasmáticas están cerca por arriba de la red terminal y no tienen retículo endoplásmico rugoso. Sin embargo, contienen gránulos secretorios, vesículas, microtúbulos y filamentos.

## **Dentina primaria**

La dentina primaria es la que se forma alrededor de la cámara pulpar a través del tiempo, desde que se forma la predestina hasta que el diente comienza a recibir estímulos externos que marcan el inicio de la formación de la dentina secundaria. Este tipo de dentina se encuentra en una disposición regular de la forma que la cámara pulpar esta dispuesta anatómicamente. Se lleva por incrementos lineales que se pueden observar en le microscopio de luz, estos incrementos se deben al tipo de mineralización que podemos observar el la dentina. De estas líneas una de ellas marca la erupción del diente y se le conoce como la "línea neonatal", que al parecer es la que divide el periodo de fin de la formación de la dentina primaria y el inicio de la formación de la dentina secundaria. La dureza Vickers de este tipo de dentina es de 85 (Anders 1984).

## **Matriz dentinal**

Weinstock y Leblond señalan que el espacio intracelular que rodea la base de prolongaciones odontoblásticas contiene matriz de predestina que originalmente es una sustancia fundamental amorfa con escasas fibrillas de colágena o sin ellas. Por arriba, la matriz contiene fibrillas en disposición cada vez más compacta en la unión predestina-dentina hasta que forma la dentina que está que forma la dentina calcificada. Una vez calcificada la dentina, su estructura fina queda disimulada por la presencia de cristales de apatita, pero los cortes descalcificados muestran material granular en las fibrillas de colágena. La colágena ocupa aproximadamente 90% de la matriz de dentina y aproximadamente dos a diez porciento de fosfoproteína. También hay cantidades pequeñas de glucoproteínas y glucosaminoglicanos. La fosfoproteína es sintetizada por los odontoblastos hasta la predestina pero, difunde en el lado dentinal de unión con la predestina, sitio donde forman material granuloso que se advierte en la superficie de las fibras de colágena.

Como se mencionó la matriz dentinal es una red calcificada formada por fibrillas de colágena y atravesada por procesos odontoblásticos; las vías donde se alojan éstos procesos se llaman túbulos dentinarios. Basándose en estudios histoquímicos, los cuales muestran que la matriz inmediatamente en contacto con los procesos esta más mineralizada que la matriz adyacente; se distinguen dos áreas de matriz dentinal: la matriz peritubular peritubular y la matriz intertubular.

### **Matriz peritubular**

Se conoce también como área translúcida, vaina canicular calcificada, dentina anular, zona peritubular translúcida y área periprosesal sólida. La matriz es una zona anular, hipercalcificada, que rodea al proceso odontoblástico, sin embargo en algunas áreas falta esta zona y la pared del tubo está entonces formado directamente por la matriz inter tubular, como se observa en la dentina inter tubular.

Estudios radiográficos y con MEB demostraron que no existe matriz peritubular en la capa predentinal. El espesor de ésta matriz varía entre punto cuatro y uno punto cinco micrómetros con diámetro aproximado de tres micrómetros.

La mayor parte de la matriz peritubular esta formada por una sustancia inorgánica, por lo tanto esta zona está más opaca a los electrones. Hasta ahora no ha sido posible determinar la cantidad de materia orgánica en la matriz peritubular, aunque algunos autores mostraron que la sustancia colágena estaba "escasamente distribuida", y otros encontraron únicamente varias fibras finas no estrelladas, probablemente formadas por una "sustancia filamentosa estructural", que se relaciona con prolongaciones de fibras de colágena que vienen de la matriz inter tubular.



Histoquímicamente podemos encontrar una gran cantidad de mucopolisacáridos que podría provocar el enlace de metales de carga positiva, como el calcio y desencadenar la formación de cristales en el proceso de calcificación de la matriz peritubular.

Lefevre y otros (1976) utilizando microscopia electrónica encontraron un alto contenido de magnesio en la dentina peritubular comparado con la dentina intertubular y confirmaron con el uso de difracción de electrones la presencia de whitlockita en la dentina peritubular.

### **Matriz intertubular**

Se conoce también como dentina intertubular, es el componente estructural principal de la dentina que rodea la luz del túbulo dentinario en las áreas desprovistas de dentina peritubular.

La dentina intertubular está formada por colágena tipo I con sustancia fundamental orgánica amorfa y cantidades más pequeñas de cristales de apatita. Estas fibras de colágena, parecidas a la colágena de los tendones y otro tipo de tejido conectivo, están caracterizadas por estriaciones transversales situadas a intervalos de 640 Armstrongs (A°) con un diámetro de 600-700 A° (Anders 1984). Estas fibras de colágena forman fascículos que se entrelazan entre los túbulos dentinarios. La dirección de estas fibras suele ser paralela a la superficie de la dentina (perpendicular y oblicua a los túbulos dentinarios). Sin embargo en la proximidad de la unión amelodentinaria la disposición es diferente y se forma un ángulo recto con la superficie dentinal. Como estas fibrillas se extienden hasta adentro de la sustancia interprismática, algunos autores han sugerido que esto proporciona probablemente el mecanismo para anclar el esmalte a la dentina.

## Túbulos dentinarios

Es probablemente uno de los aspectos más sobresalientes de la dentina. Ellos contienen al proceso odontoblástico. El tamaño de su lumen depende de su localización dentro de la dentina y del envejecimiento del diente. Las medidas del diámetro nos indican un promedio de  $2.65 \pm 0.19 \mu\text{m}$  en la capa más profunda de la dentina (Schilke R, et.al. 2000). En dientes viejos el lumen quizá se encuentre totalmente obliterado por material altamente calcificado. La densidad de los túbulos por unidad de área varía dependiendo de la localización dentro de la dentina, primariamente por el decremento de la la superficie dentinaria en el aspecto pulpar, especialmente en la corona, un estándar en la densidad tubular en general sin llegar a diferenciar entre los tercios de la corona del diente es de  $18,781 \pm 5855$  en dientes permanentes (Schilke R, 2000) (Fig. 4). Los túbulos corren de la unión amelodentinaria hasta la unión cementodentinaria en una forma curva, aunque en ocasiones pueden tomar la forma de "s".

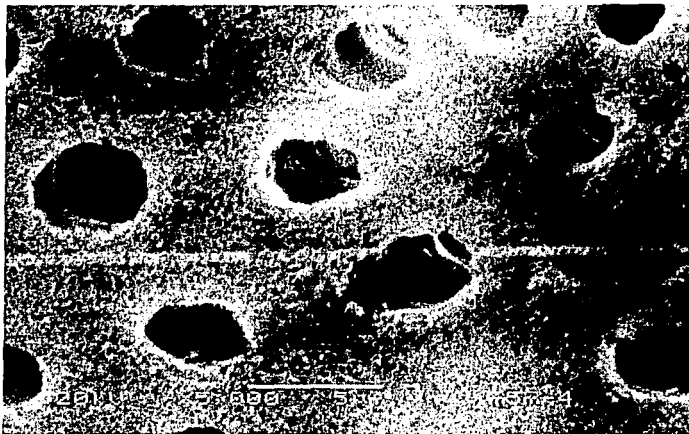


Figura 4  
Microfotografía de los túbulos dentinarios

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Los túbulos corresponden al camino de crecimiento de los odontoblastos, además conforme se van desarrollando hacia el interior durante la formación de la corona, la densidad tubular aumenta entre 2 y 4 veces mientras más profundo sea el punto de referencia. La luz tubular esta rodeada de un cilindro peritubular de dentina hipermineralizada compuesta en su mayoría por cristales de apatita. La formación de la dentina peritubular ocurre después de la mineralización y acaso puede deberse a precipitación pasiva más que a un proceso de mineralización activo.

Un estudio realizado por Manontopodus nos dice que la luz del tubo dentinario de la corona en su tercio coronal, esto es, cerca de la unión amelodentinaria tienen un diámetro aproximado de un micrómetro, en el tercio medio entre 1.2 y 1.5 micrómetros y en la unión preentina dentina es entre 2.5 y 2.8. Además, también nos habla de que cerca de la unión amelodentinaria encontró tubulos dentinarios bifurcados o incluso con más divisiones, incluso encontró anastomosis entre los tubulos dentinarios a este nivel. (C. Manontopodus y D.C Smith, xx).

La ultra estructura del odontoblasto y su prolongación esta bien documentada ahora, pero aun así, la longitud del odontoblasto esta aún en debate. Con el refinamiento de la técnica de TEM se ha descrito que se limita al tercio pulpar en la dentina humana. En otras investigaciones con SEM describieron el proceso odontoblástico cerca de la unión amelodentinaria, aunque según Thomas y Carella (1984) apuntan que debe tenerse cuidado extremo al interpretar las imágenes del SEM, ya que son imágenes de tejido descalcificado y la membrana limitante de la unión amelodentinaria se puede confundir con la terminación del túbulo dentinario.

Con el uso de TEM Hawkinson y Eisenmann (1983) observaron que con frecuencia el proceso odontoblástico se extendía a todo lo largo del túbulo dentinario en dentina de rata. Sigal y Aubin (1985) con la ayuda de la inmunofluorescencia observaron que el túbulo contenía alguna estructura que se extendía hasta la unión amelodentinaria y concluyeron que el proceso posiblemente se podía extender hasta la unión.

Los túbulos dentinarios son el camino de los odontoblastos en desarrollo, así como va acumulándose la capa de dentina hacia el interior de la corona, la densidad tubular aumenta de dos a cuatro veces con la profundidad (Kinney J, 1999). Además la luz del tubo que mide aproximadamente un micrómetro de diámetro, está rodeado por un cilindro hipermineralizado de dentina peritubular compuesto en su mayoría por apatitas. Se dice que la formación de la dentina peritubular ocurre después de la mineralización de la matriz dentinal, y puede acaso ser formada por precipitación pasiva más que por un proceso activo de mineralización (Ten Cate 1994).

### **Dentina secundaria**

Es desconocido el momento en el cual la dentina primaria se forma por completo. Muchos investigadores lo asocian al momento de la erupción dental y después de este momento comienza la formación de la dentina secundaria, aunque esta afirmación queda en duda en el momento en que este tipo de dentina se observa en dientes impactados no erupcionados. Así pues, podemos concluir que en principio se presenta un rápido desarrollo de dentina primaria para después dar paso a una formación más lenta de dentina secundaria; estas dos fases se encuentran divididas por factores como el envejecimiento y la función de los dientes. La aposición de este tipo de dentina se presenta por incrementos en la forma anatómica de la cámara pulpar, pero este crecimiento se observa mayor en las paredes que en el techo de la cámara pulpar, haciendo que el estrechamiento de la cámara sea asimétrico. Este tipo de dentina se presenta con el uso fisiológico del diente. Se puede distinguir en

algunas zonas con un crecimiento diferente de los túbulos una forma lineal a una forma de "s". La dureza Vickers de este tipo de dentina es de 50 (Anders 1984).

### **Dentina terciaria**

Se podría definir el comienzo de la formación de la dentina secundaria se relaciona con la presencia de estímulos externos que afectan a un grupo considerable de túbulos dentinarios, por algún proceso carioso o a una abrasión oclusal bastante marcada. Al microscopio electrónico la podemos observar de forma homogénea si el estímulo es leve o si el proceso carioso es de tendencia crónica, pero si el estímulo es bastante fuerte, la dentina observada es muy esclerótica y sin presencia de túbulos. El grado de formación de este tipo de dentina se ha estimado en un promedio de  $1.5\mu\text{m}$  por día. También las mediciones en procesos operativos arrojaron un promedio de formación de entre  $3$  a  $8\mu\text{m}$ . El índice Vickers de dureza de este tipo de dentina es de 46 en promedio (Anders 1984).

La Flèche y otros en 1985, y Frank y Steuer en 1988 plantearon la hipótesis de que el odontoblasto y su proceso (rico en microtúbulos y microfilamentos) posiblemente se parecían a un sistema retráctil en estado normal, el proceso se extiende a lo largo del túbulo. Si tomamos en cuenta que el proceso está suspendido en un gel (el fluido dentinal), es concebible que si el túbulo sufre algún tipo de agresión al túbulo, ya sea por algún proceso carioso o por la preparación mecánica de las cavidades en odontología restauradora, una inmediata retracción del proceso se establece, con un encogimiento y acortamiento de la longitud del proceso.

## **Propiedades físicas de la dentina**

Las propiedades elásticas de la dentina son de importancia considerable para poder conocer las propiedades mecánicas del tejido calcificado y las alteraciones en la respuesta mecánica determinadas por enfermedad y edad. Así como es también importante la comprensión de la respuesta elástica o de resiliencia de la dentina a cargas externas como podría ser los efectos de las cargas masticatorias, el efecto de las alteraciones estructurales como las causadas por caries, esclerosis, y el envejecimiento; y por supuesto las alteraciones provocadas por los procedimientos de preparación y la restauración dental.

La hidratación de la dentina esta en relación directa con la cantidad de túbulos dentinarios y a la circulación de fluidos a través de los mismos (Vangsavan N, et al., 2000) se observo que la permeabilidad tubular es mayor a nivel del tercio oclusal en pacientes jóvenes (Arenas H. 2002) esta permeabilidad va disminuyendo conforme pasan los años ya que los depósitos minerales van obliterando la luz del túbulo, esto probablemente debido a la respuesta fisiológica de la dentina frente a las cargas masticatorias, como la dentina va migrando hacia la cámara pulpar la porción distal del túbulo se va obliterando y así la hidratación de la dentina disminuye.

Los mejores canales de difusión a través de la dentina son los túbulos dentinarios. Por tanto, podemos asumir que una dentina sin túbulos sería impermeable. Obviamente, si la permeabilidad es proporcional al producto de la densidad tubular y el diámetro de los túbulos, y estas dos variables aumentan conforme los túbulos convergen hacia la cámara pulpar (Gaberoglio y Brännström, 1976 ), entonces encontraríamos probablemente que la permeabilidad aumenta del mismo modo. Así encontramos que: La permeabilidad dentinal aumenta exponencialmente así como la cámara pulpar se acerca (Outhwaite et al., 1976).

## **ASPECTOS DE LA OCLUSIÓN**

En el sistema estomatognático los dientes posteriores tienen diseños que les permiten cumplir la función masticatoria sirven además de contar con elementos homeostáticos en condiciones especiales, como pueden ser las parafunciones. Esta composición estructural de los dientes se encuentra en íntima relación con huesos, músculos, articulaciones, etc. demostrando que forma, función y parafunción son aspectos que están íntimamente relacionados (Santiago A y Bachell A, 1999).

El modelo experimental empleado para conocer las características ultraestructurales y de composición en los dientes humanos, ha consistido de igual manera en dientes molares que en premolares; en este estudio se revisara en detalle las características anatómicas y la relación de estas con la función que dichos dientes tienen. En una vista proximal se ven por vestibular dos curvaturas, una gingival muy marcada y otra incisal suave; la suma de ambas nos da la ubicación del tope de la cúspide vestibular o cúspide de corte o balance (Santiago A y Bachell A, 1999).

Si solo se observa esta cúspide es su vertiente interna se aprecia cierta similitud con el canino superior. Esto es tan así que al agregar la cúspide palatina, que es levemente más corta, podemos imaginarla casi como un cingulum superdesarrollado. Este hecho nos hace suponer que a transición entre las diferentes formas de los dientes va en relación directa con la función de los mismos.

En la cúspide de apoyo (Ash M y Ranfjord S, 1996), de corte (Santiago A y Bachell A, 1999) o de balance si trazamos una paralela al eje mayor del diente desde la punta cuspídea o tope cuspídeo, podemos observar que cae por fuera de la estructura radicular.

La segunda unidad de oclusión (Santiago A y Bachell A, 1999), que como dijimos es la cúspide palatina o estampadora (Santiago A y Bachell A, 1999) o de trabajo (Ash M y Ramfjord S, 1996); esta presenta características particulares en su morfología, es más redondeada y su mayor curvatura se encuentra en la mitad de la cara

palatina. Por esta razón una paralela al eje mayor del diente que pase por el tope cuspídeo, caerá dentro de las estructuras radiculares. Esta característica está ampliamente justificada si pensamos que esta cúspide será la responsable de la trituración o molienda del alimento y cuanto más axiales sean las fuerzas, mejor absorbidas serán por las estructuras de soporte.

En su relación volumétrica podemos establecer que las cúspides de corte en general son más pequeñas y que el primer premolar superior es una excepción a la regla general ya que su cúspide de corte representa el 60% y la estampadora el 40%.

Si se analiza la cara oclusal se observa claramente lo que se denomina los cuatro niveles de la oclusión (Santiago A y Bachell A, 1999), que están dados por las elevaciones y las depresiones anatómicas de dicha cara.

Dentro de las elevaciones existen las puntas cuspídeas y los rebordes marginales, estos últimos pueden ser marginales; proximales o transversos, internos o externos. Los internos están representados por los denominados rebordes triangulares. Éstos presentan una superficie convexa, tanto en sentido mesiodistal como en sentido vestibulopalatino, a diferencia de lo que sucede en el grupo incisivo, en el que estos rebordes internos, si bien convexos, siguen la forma cóncava de la cara palatina.

Las crestas triangulares internas tienen el aspecto de un triángulo con base en el surco de desarrollo y vértice en el tope cuspídeo.

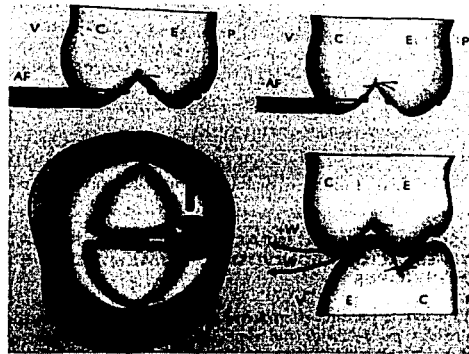
Las depresiones están constituidas por las fosas y los surcos. Los pueden ser divididos en dos grupos:

1. Los surcos de desarrollo o principales, que son aquellos que van de una fosa a otra o desde una fosa hacia la cara libre atravesando los rebordes y dividiendo los lóbulos de desarrollo.



2. Los surcos complementarios, que van desde una fosa o un surco principal hacia los rebordes pero no los atraviesan.

Toda depresión y especialmente los surcos poseen dos áreas, una relacionada con la función que llamamos área de infracontacto porque va desde el punto de contacto del antagonista hasta la profundidad del surco y cuya función consiste en canalizar el alimento al ser triturado por las cúspides estampadoras y un área supracontacto que va desde el punto de contacto hasta la punta cuspidéa y es el espacio por donde transita la cúspide antagonista en movimientos excéntricos y por lo tanto esta íntimamente relacionada con los mecanismos de desoclusión y los procesos parafuncionales (Santiago A y Bachell A, 1999).



TESIS CC I  
FALLA DE ORIGEN

Figura 5  
Distribución de fuerzas oclusales

## **Fuerzas oclusales**

Es posible detectar en los dientes una fuerza tan pequeña como 1.5 g (Munich JV and Schriever H, 1947), sin embargo, los estudios de laboratorio de la literatura muestran que algunos individuos pueden detectar fuerzas de 600 mg o menos. En un estudio en el que la corona se elevó 0.5 mm sobre el nivel oclusal, la carga sobre el diente fue el doble de la normal. Este pequeño incremento en la fuerza se interpretó como indicador de la existencia de un mecanismo protector autorregulado (Anderson DJ and Picton DC, 1958).

Las fuerzas interoclusales durante la masticación varían de un individuo a otro (Bates JF, Stafford GD and Harrison A, 1975), así como de un momento a otro (Anderson DJ, 1956) y se incrementan hacia el final de la secuencia de la masticación. En un estudio de tensión durante la masticación se encontró que la carga total sobre los dientes superiores fue de 15 Kg. para una galleta, 14 Kg. para una zanahoria y 7 para carne (Anderson DJ, 1956). Desde que se realizaron estos estudios, las fuerzas dinámicas se miden en newtons (N), esto es, la unidad de fuerza donde un kilogramo de masa experimenta una aceleración de un metro por segundo. Estos estudios sugieren que la naturaleza del alimento controla las fuerzas oclusales en alguna medida y que tales fuerzas son mayores cuando se acercan a la posición intercuspídea que en la lateral.

Otra revisión indica que los límites de carga molar en función son de 150 a 250 N, pero la máxima fuerza al apretar es de alrededor de 500 a 750 N y puede llegar hasta 1000 N (Hagberg C, 1987). Al parecer la fuerza al morder está relacionada con la dieta y la manera como se usan los dientes. Se podrían esperar fuerzas mucho mayores que el promedio en individuos que tienen dietas que requieren la masticación de alimentos duros. De cualquier manera, tales fuerzas deben estar dentro de la capacidad de tolerancia de las estructuras de soporte. La fuerza al morder se incrementa con la anestesia periodontal (Carlsson GE, 1974).

# **MICROSCOPIA**

## **Microscopia óptica**

La invención del microscopio óptico la realizó en 1590 un fabricante de anteojos, el holandés Zacharias Janssen de Middleburg. Galileo anunció su microscopio en 1610. El sistema de lentes que esta cerca del objeto recibe el nombre de objetivo y el que se encuentra en donde se coloca el ojo del observador se llama ocular. El objetivo forma una imagen real, invertida y aumentada del objeto, la cual reside en el espacio sobre el plano focal de la lente ocular. Los rayos que divergen de cada punto de esta imagen emergerán del ocular paralelos. El ocular aumenta la imagen intermedia aún más. Entonces, el poder de aumento (PA) del sistema es el producto del aumento lineal trasversal del objetivo y el aumento del angular del ocular.

En 1878 Ernst Abbe anunció que el microscopio óptico había ya alcanzado un límite de resolución y que éste no podía incrementarse mediante el perfeccionamiento técnico de las lentes. También hizo notar la necesidad de una nueva forma de radiación con longitud de onda más pequeña, que originaría un microscopio muy diferente al microscopio óptico. Ahora el microscopio electrónico era ya una realidad.

## **Microscopia electrónica de barrido**

### **Antecedentes históricos**

En un compendio de microscopia electrónica se dice que Mac Mullan, es de los investigadores que participaron en el desarrollo de los primeros equipos, la idea de construir un microscopio de barrido es tan antigua como la de construir uno de transmisión.

El primer MEB se debe a Von Ardenne, quien en 1938 obtuvo la primera imagen de transmisión-barrido, haciendo barrer el haz de electrones moviéndose sobre una muestra delgada en sincronía con el movimiento de una película fotográfica. El proyecto de Von Ardenne no siguió adelante, al ser destruido su equipo en los bombardeos de 1944. El desarrollo ulterior de la técnica se vio esencialmente frenado por problemas de ruido introducidos por el sistema electrónico basado en válvulas termoiónicas. A juicio de McMullan también en parte por la idea, en aquel momento desafortunado, de trabajar a potenciales de aceleración bajos, para intentar mejorar el contraste de electrones secundarios, basándose en la distinta emisividad de regiones distintas de la muestra.

K. C. A. Smith construyó un equipo, para el instituto canadiense de investigación papelera que se instaló en 1958 y como tal podría considerarse el primer equipo comercial, si bien solamente se fabricó un prototipo, por lo que hasta 1965 no se puede hablar realmente de instrumentos comerciales.

La situación era muy distinta 20 años después, se estimaba que en total había 13,000 equipos en todo el mundo, fabricados por al menos 13 compañías, que contaban con 140 modelos diferentes.

Los equipos de tercera generación, que es la actualmente comercializada, introducen dos nuevos componentes que en cierto modo han revolucionado la técnica: los espectrómetros de dispersión de energías (EDE) y los ordenadores.

La incorporación de ordenadores ha permitido, por una parte, la automatización de las tareas analíticas con un aumento considerable de la calidad y sobre todo de la cantidad de determinaciones que pueden llevarse a cabo, y por otra, el control mediante microprocesadores de los parámetros de funcionamiento del equipo. A su vez, la incorporación de EDE junto a los clásicos espectrómetros de longitud de onda (EDLO) ha permitido evaluar rápidamente los constituyentes mayoritarios presentes en la muestra y, gracias a los refinamientos constantes en el soporte lógico analítico,

analizar cuantitativamente con precisión creciente en un intervalo también creciente de elementos de la tabla periódica.

El desarrollo de la MEB se ha venido desarrollando a través del siglo pasado a partir del año 1965 se comenzaron a producir los equipos comerciales, así 20 años después en todo el mundo había nada menos que 13,000 equipos distribuidos por 13 empresas diferentes (R.M Frank 1999).

El microscopio electrónico presenta notables ventajas, cualquier perturbación en el scannig de la imagen se puede corregir con el con texto de la imagen y el MEB tiene esa capacidad. La imagen puede ser mejorada cambiando el spotsize para corregir el contraste de la imagen, además se puede corregir la claridad de la imagen para obtener la mejor toma y poder mejorar la textura de la misma (Yacaman M y Reyes J 1995).

Otra ventaja es la facilidad de la preparación de las muestras para poder observarlas al MEB en comparación con las de TEM. El MEB tiene una profundidad de fuego, es decir el sputtering alcanza una buena profundidad de bombardeo de oro para observar en tercera dimensión, en nuestro caso, la profundidad de la luz del túbulo dentinario.

## Fundamentos

El fundamento de la MEB se explica de un modo muy simple: un haz de electrones se envía sobre una muestra y mediante un detector apropiado se registra el resultado de esta interacción. El haz se puede hacer desplazar sobre la muestra, y en tal caso se establece una correspondencia entre el lugar de la muestra en que está el haz de luz en un momento determinado y el brillo de una pantalla de televisión, que en cada punto es proporcional a la cantidad de información producida; en este caso el conjunto constituye la imagen que podemos obtener.

Las múltiples aplicaciones de la MEB se originan en la variedad de información que se puede obtener al hacer incidir un haz de electrones sobre una muestra, que va perdiendo poco a poco su energía, dando origen a diversas señales como son:

- Electrones retrodispersados
- Electrones secundarios
- Electrones Auger\*
- Electrones transmitidos
- Electrones absorbidos
- Rayos X
- Radiación continua
- Pares electrón-hueco (conductividad inducida)
- Calor

\*La energía de los electrones Auger  $E_A$  se mide de la siguiente forma: el haz electrónico saca un electrón de un nivel inferior o interno, "x" dejando al átomo con energía  $E_x$ , entonces un electrón de un nivel superior "y" ocupa el nivel "x" y por lo tanto la energía liberada es afectada por la emisión del electrón Auger del nivel "z", dejando al átomo con dos huecos electrónicos y una energía  $E_{yz}$ . El electrón emitido

requiere de trabajo  $E_w$  para ser movido del átomo y se incrementa rápidamente con la profundidad del átomo en el cristal. Entonces:

$$E_A = E_x - E_{yz} - E_w$$

Además de estas señales se producen otra serie de fenómenos de tipo físico o químico sobre la muestra, que dan origen a defectos o a otro tipo de contrastes, tales como la contaminación de la superficie por el depósito local de hidrocarburos presentes en los vapores residuales del sistema de vacío, la migración de determinados elementos por la acción del haz, contraste cristalográfico, de voltaje, o magnético, entre otros. El que en la práctica se puedan aprovechar estos fenómenos depende de las características de la muestra, el equipo y el haz.

### **Componentes**

El haz electrónico se produce como consecuencia de la generación de electrones en un emisor adecuado, en la mayor parte de los casos un filamento de wolframio. En el caso más usual, el filamento se calienta por un paso de corriente y actúa como cátodo. Los electrones emitidos se someten a la acción de un potencial acelerador que se establece entre el filamento (cátodo) y un ánodo. Existe un tercer electrodo con potencial negativo respecto del cátodo que actúa como rejilla, llamado electrodo o cilindro de Wehnelt. En conjunto se designa cañón de electrones. Su misión es producir el haz, y se toma como origen del mismo el punto de cruce entre los electrodos más allá de Wehnelt, cuya imagen final constituye el haz que incide sobre la muestra. La magnitud que caracteriza al punto es el brillo, que se expresa en unidades de corriente por ángulo sólido y por unidad de superficie. Del mismo modo, el diámetro del haz en el punto de cruce se toma como diámetro de la fuente emisora (Aballe M, 1996).

Otro emisor utilizado en forma creciente es el hexaboruro de lantano ( $\text{LaB}_6$ ), también emisor termoiónico, que presenta frente al del wolframio la ventaja de un brillo y duración mayores, pero también debe trabajar a un vacío más alto, entre uno y dos órdenes de magnitud, que el del filamento convencional (Aballe M, 1996).

Finalmente, se puede emplear también un cañón de electrones basado en el efecto de emisión de campo, según el cual con una punta de radio suficientemente pequeña y en condiciones adecuadas de vacío, entre uno y dos órdenes de magnitud más que el filamento convencional, puede producir una emisión de densidad de corriente muy alta comparada con la termoiónica. La emisión depende fuertemente de la orientación cristalina, por lo que la punta emisora debe tener una orientación adecuada.

Para producir un haz fino enfocado sobre la muestra, se emplean lentes magnéticas convencionales. En el caso de la microscopía electrónica, el campo se produce en un carrete cilíndrico, que impone un movimiento helicoidal a la partícula cargada. Los electrones, que llegan con distintos ángulos al campo de la lente, experimentan distintas modificaciones en sus trayectorias, pero al ser sensiblemente igual su velocidad que depende del potencial acelerador, la intensidad del campo se puede ajustar para que todos lleguen a un mismo punto, lo que se produce en enfoque.

A diferencia de la MET aquí se emplea el haz para formar la imagen punto por punto. Sin embargo, es parte esencial del sistema de óptica electrónica, el conjunto de carretes de barrido, que tiene como misión guiar al haz, de modo parecido a como lo hacen las placas de un tubo de rayos catódicos, en dos direcciones perpendiculares. El sistema de carretes gobierna el número de líneas por barrido y su velocidad, y determina el tamaño de la zona recorrida sobre la muestra, inversamente proporcional al aumento de la imagen. La densidad de corriente en la imagen depende del potencial acelerador, el brillo y el semiángulo de incidencia del haz sobre la muestra, llamado también divergencia del haz. El poder de resolución del



equipo depende, básicamente, del diámetro mínimo final del haz cuando incide sobre la muestra.

Independientemente de las posibilidades de actuar sobre la señal, producida mediante un sistema de detección o mediante proceso digital, toda imagen viene afectada de un ruido que limita el tamaño mínimo del haz y por tanto la resolución. El ruido de la imagen se debe a fluctuaciones estadísticas en el número de electrones que inciden en un punto determinado y en un momento determinado. Debido al modo en que se forma la imagen, que hace que el contraste se establezca por la diferencia de brillo entre puntos de ésta (pixel = picture element), el nivel de fluctuación estadística entre dos píxeles ha de ser menor que a la diferencia de señal que se quiere medir. En una línea de barrido, para que se aprecie un contraste distinto del ruido, se considera que la fluctuación de ruido debe ser menor que una quinta parte de la fluctuación de señal. La relación entre el contraste, la velocidad de barrido y el número de electrones necesario para alcanzar un determinado contraste.

Otro parámetro que distingue a la microscopia electrónica es la profundidad de foco, superior a la de un microscopio óptico, ya que en un microscopio electrónico de barrido la divergencia del haz es muy pequeña. En el texto se discute la relación entre resolución y profundidad de foca. En cuanto a esta última, la relación entre el microscopio electrónico de barrido y el óptico se puede cifrar en más de treinta veces para una resolución de cinco mm, y del orden de mil para punto cinco mm.

## Microanálisis cuantitativo con rayos x

El procedimiento normal para hacer el microanálisis de una muestra es comparar la razón de conteo de un elemento dado, primero a partir de un área de la muestra y luego de un espectro estándar del elemento puro o de una aleación de composición conocida. La razón de las intensidades,  $K$ , de los elementos de la concentración desconocida con las del estándar es la medida experimental básica.

La cuantificación del espectro de rayos X es generalmente aproximada usando la técnica llamada "de película delgada" sin estándares. En esta técnica se considera una muestra homogénea que contiene diferentes elementos A, B, C....., y la razón de intensidades entre cualquiera dos líneas de rayos X característicos ( $I_A / I_B$ ) es directamente proporcional a la correspondiente razón de los porcentajes en peso de las concentraciones ( $C_A / C_B$ ) de acuerdo con la ecuación:

$$I_A / I_B = [(k_A e_A)/(k_B e_B)][C_A / C_B]$$

Con:

$$k_i = (Q_i w_i a_i) / W_i$$

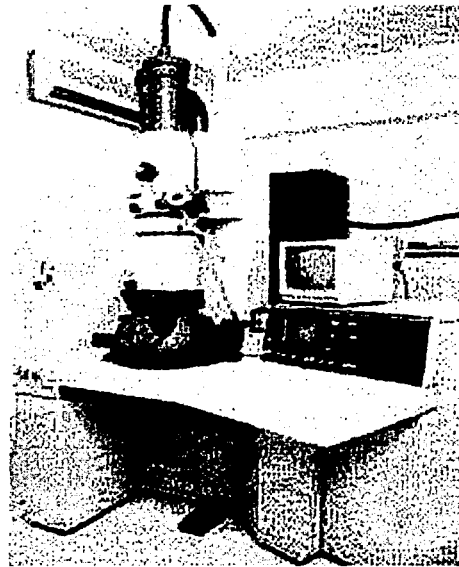
Donde los parámetros de generación de rayos X  $Q$ ,  $w$ , y  $a$  son, respectivamente, la sección transversal de ionización, la fluorescencia de los rayos X, y la intensidad relativa de una línea de rayos X medida a partir del nivel de emisión.  $W$  es el peso atómico del elemento y  $e$  es la eficiencia de detección del sistema detector. Para simplificar, esta ecuación es rescrita de la forma:

$$C_B / C_A = K_{BA} (I_B / I_A)$$

Donde:

$$K_{BA} = (K_A e_A) / (K_B e_B)$$

Es conocido como el factor K. La conveniencia de la última representación es que a partir de ella es posible producir una curva de calibración de K, midiendo solamente las intensidades relativas apropiadas para muestras de composición conocida y después resolver algebraicamente para K. Debemos mencionar que la curva de calibración así obtenida es válida solamente para el sistema que se midió puesto que aunque  $k_A / k_B$  es una constante  $e_A / e_B$  no lo es.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Figura 6  
Microscopio electrónico

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Durante la masticación, el desempeño funcional de los dientes solo puede llevarse a cabo mediante la integridad de los componentes orgánicos e inorgánicos que los constituyen, de manera estricta, los dientes pueden ser considerados como composites. Es sabido que los mecanismos homeostáticos llevan a una adecuación de los tejidos y sistemas durante las funciones y aún en las parafunciones, el resultado de estas adecuaciones son las alteraciones en la composición y estructura de la dentina. Para conocer los cambios ocurridos como consecuencia de la función masticatoria es necesario establecer las características normales del tejido dentario, y así comprender las modificaciones que ocurrirán como consecuencia de la parafunción. En el caso de la dentina humana, las características estructurales se van modificando con el tiempo a consecuencia de los estímulos funcionales, sin embargo no está claro cual es grado de involucración si esta bajo cúspides de trabajo o de balance, es por ello que surge la pregunta:

¿Existen diferencias estructurales en cuanto a la distribución y densidad en la dentina de las cúspides de trabajo con respecto de las cúspides de balance?

## **JUSTIFICACIÓN**

Es necesario determinar las características del tejido dentinario en las cúspides de trabajo y de balance para poder establecer las diferencias que puedan ocurrir con respecto a la edad y sobre todo por la influencia directa de la función oclusal en la integridad del tejido, así como en los cambios homeostáticos que se manifiestan con la edad o con las parafunciones. La importancia de conocer estas características llevará a comprender las alteraciones pulpares así como los cambios estructurales que pudieran ocurrir en las parafunciones.

# **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

## **OBJETIVOS**

### **General**

Determinar la densidad y distribución de los tubulos dentinarios en las cúspides de los dientes permanentes humanos.

### **Específicos**

Determinar el diámetro de los tubulos dentinarios en las cúspides de trabajo y balance de los dientes permanentes de acuerdo a los grupos de edad de cada diente a conocer:

- a) Grupo I de 15 a 29 años
- b) Grupo II de 30 a 49 años
- c) Grupo III de 50 en adelante

Conocer de densidad de los tubulos dentinarios en las cúspides de trabajo y balance en función de la unión amelodentinaria.

Establecer la relación edad-densidad tubular en las cúspides de trabajo y balance.

Conocer si la carga de las fuerzas de la masticación influye también en la distribución y densidad de los tubulos dentinarios en las diferentes cúspides de los dientes premolares superiores.

## **HIPÓTESIS**

$H_{a1}$  : Existen diferencias en la distribución y densidad de los túbulos dentinarios en premolares según la edad.

$H_{o1}$  : No existen diferencias en la distribución y densidad de los tubulos dentinarios en premolares según la edad.

$H_{a2}$  : Las diferencias en densidad y distribución de los túbulos dentinarios están en relación con la función de la cúspide de los dientes.

$H_{o2}$  : No existe relación entre la función y la densidad , y la distribución de los túbulos.

$H_{a3}$  : Las fuerzas de la oclusión influyen en la densidad y distribución de los túbulos.

$H_{o3}$  : No existe influencia de las fuerzas de la oclusión.

## **RECURSOS**

### **Materiales**

- Pieza de mano de alta velocidad (Midwest American SS White, USA)
- Motor de baja velocidad (Freedom, USA)
- Fresas de alta velocidad de diamante de grano extrafino (Brasseler, USA)
- Discos de diamante de grano fino (Brasseler, USA)
- Discos de diamante de grano extrafino (Brasseler, USA)
- Cinta adherible de grafito para las muestras
- Porta muestras de aluminio
- Cureta Gracey 3-4 (Premier, USA)
- Computadora de escritorio Compac 4L550
- Microscopio electrónico de barrido Philips XL-30, ININ

### **Biológicos**

Muestras de dientes primeros premolares superiores, las cuales se dividieron en tres grupos del siguiente modo: grupo I 10 dientes, grupo II 10 dientes y grupo III 10 dientes conforme a las edades ya mencionadas.

### **Físicos**

- Laboratorio de materiales dentales DEPeIFO UNAM

### **Químicos**

- Ácido grabador solución ácido fosfórico al 37% (Laboratorio de materiales dentales de la DEPIFO UNAM).
- Agua tridestilada
- Solución de NaCl al 6% (Clorox, México)



## **SELECCIÓN DE LA MUESTRA**

En este trabajo se utilizaron dientes humanos extraídos por razones ortodónticas, periodontales y protésicas que cumplieron con las siguientes características: premolares superiores sanos, sin evidencia de caries, fractura o malformación coronaria. Se excluyeron las muestras que presentaban alguna lesión cariosa, restauraciones con cualquier tipo de material, así como los dientes que hubieran sufrido algún tipo de daño durante el procedimiento de extracción.

Los especímenes se dividieron por grupos de edad, de tal manera que los grupos quedaron de la siguiente manera: grupo I 10 dientes de 15 a 29 años, el grupo II 10 dientes de 30 a 49 años y el grupo III 10 dientes de 50 años en adelante. Durante la recolección de los dientes se realizó el registro de la edad del paciente después de realizar un examen visual de los especímenes se procedió a enjuagarlos en agua corriente y colocarlos en recipientes individuales con cierre hermético, los cuales contenían una solución de NaCl al 6% (Clorox, México). Después de 24 horas de haber estado en la solución de NaOCl se procedió a raspar la superficie radicular con la cureta Gracey 3-4, con la finalidad de eliminar los restos de tejidos y depósitos sobre la superficie dentaria. Posterior a este procedimiento se colocaron en agua bidestilada hasta el momento de ser preparados para ser observados en el microscopio electrónico de barrido.

A cada una de las muestras se les practicó un desgaste coronario con la finalidad de eliminar el esmalte, este procedimiento se realizó con una pieza de mano de alta velocidad (Midwest, SS White, USA) con irrigación continua. Una vez eliminado el esmalte vestibular y palatino se realizaron dos cortes longitudinales de oclusal a cervical dividiendo el diente en los tercios de las caras libres; este procedimiento se llevó a cabo con un motor de baja velocidad y un disco de diamante y con irrigación continua de agua tridestilada. Posteriormente se realizó un corte horizontal en los

fragmentos mesial y distal con un disco de diamante para baja velocidad (Brasseler, USA) y se procedió a retirar estos segmentos, dejando el tercio medio unido a la raíz. Los cortes de la dentina que se observaron en el microscopio fueron realizados mediante la división de la corona en dos porciones, en bucal y palatina, y después se dividió en los tercios externo, medio e interno de la cúspide palatina, realizando los cortes con discos de diamante a baja velocidad y con irrigación. Los especímenes preparados de esta forma se almacenaron en agua tridestilada hasta el momento de ser preparados para el microscopio electrónico de barrido.

## **OBSERVACIÓN EN EL MICROSCOPIO ELECTRÓNICO DE BARRIDO**

Las muestras preparadas de acuerdo al método descrito anteriormente se mantuvieron en agua tridestilada y como parte de la preparación para el MEB, fueron retiradas del agua tridestilada y la superficie se secó mediante la aplicación de torundas de algodón durante unos segundos, después les fue aplicada una solución de ácido ortofosfórico al 37% durante por diez segundos para eliminar el barro dentinario producido por la acción de corte dentario. Después se irrigó con agua bidestilada para eliminar los restos de ácido en cada espécimen, una vez realizado el tratamiento de la superficie, los especímenes se almacenaron en tubos de Eppendorf en 3 ml de agua bidestilada.

Para montarlos en el porta muestras, los especímenes fueron fijados a la superficie metálica mediante cinta adhesiva de carbón (Microscopy Supplies, USA), y se colocaron dentro de una evaporadora (Dentom vacum, USA) para llevarlas a punto crítico y darles un recubrimiento delgado de Au. El procedimiento es el siguiente: Los especímenes se llevaron a punto crítico de deshidratación por 10 minutos a una presión de 20 atmósferas., después a esta misma presión se activo el Sputtering para el baño de oro por cinco minutos y de esta manera se obtuvo una superficie conductiva que no se vería afectada por la acción del haz del rayo generado en el microscopio electrónico.

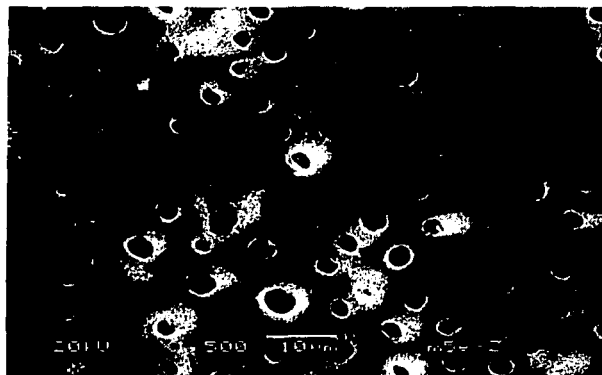
La observación de las muestras en el microscopio electrónico de barrido fue de la siguiente manera, las muestras se colocaron en la del MEB y se activo la bomba de vacío hasta conseguir un vacío total en la cámara. Se ajustaron las condiciones de trabajo en kilo electro volts (KeV) y se ajusto el filamento de Molibdeno a condiciones de generación de electrones. Las observaciones se hicieron a diferentes distancias y magnificaciones de trabajo, estableciéndolas a los 500x, 1000x, 2000x, 4000x, 8000x y en algunas ocasiones se realizaron observaciones a 16000x y 32000x.

## **RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS**

Para determinar la densidad y distribución de los túbulos dentinarios, el área seleccionada fue el centro de cada muestra, para lograr la estandarización del método se utilizó la barra de referencia que se imprimió en la microfotografía a una magnificación de trabajo de 1500X y se hizo la correspondiente proporción para obtener la distribución por  $\text{mm}^2$ . Los cálculos se facilitaron con la elaboración de una cubierta con papel firmemente adherida a la impresión de la microfotografía, sobre la cual se iban coloreando los túbulos contados.

Los resultados pueden variar debido a la preparación de las muestras, para disminuir la probabilidad de que se presentaran alteraciones en el método, las muestras fueron manejadas por la misma persona, así como el procesamiento de fijación de las muestras, la misma técnica de corte y evitando en lo posible variables que pudieran producir errores en las mediciones.

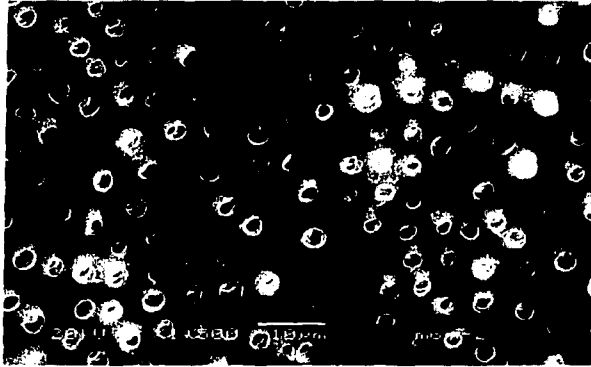
## Comparativo de resultados en los diferentes tercios a 1500x



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

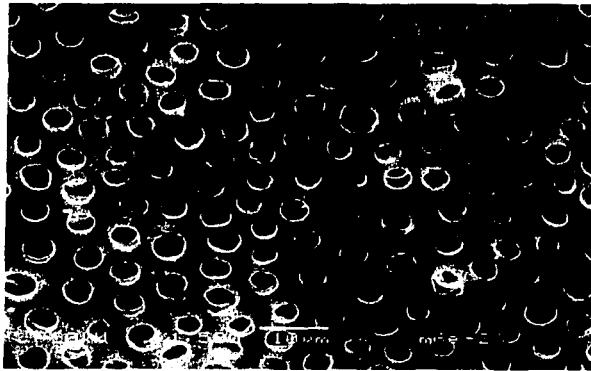
Microfotografía 1

Microfotografía que describe las características de la dentina en el tercio externo de la cúspide de trabajo de los premolares estudiados, en la que se puede apreciar la correlación de la información obtenida tanto de la distribución, densidad, distancia intertubular y diámetro tubular, que se aprecian disminuidos comparativamente con las otras dos microfotografías de los siguientes grupos.



Microfotografía 2

Microfotografía que describe el tercio medio de la cúspide de los premolares estudiados, las características corresponden a las encontradas en las gráficas en donde se reporta un aumento en la densidad y en diámetro de los túbulos, así como una disminución de la distancia intertubular.



Microfotografía 3

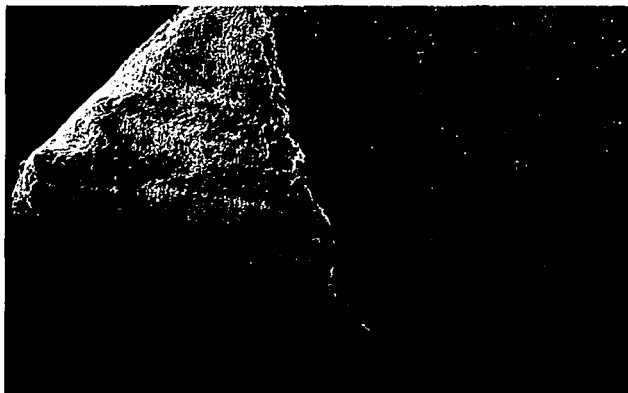
Microfotografía que corresponde al tercio interno estudiado en los primeros premolares, la cual corresponde con los resultados obtenidos y es significativamente mayor el diámetro tubular así como la densidad de los túbulos en este tercio y la distancia intertubular menor.



### **Descripción microscópica.**

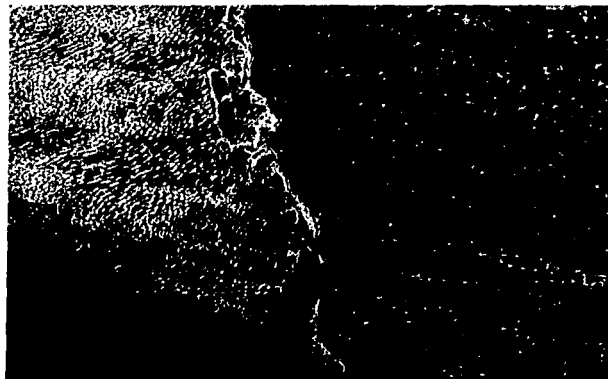
Aspecto microscópico de la dentina en el tercio externo de la cúspide palatina de un premolar superior del Grupo HI (SEM Jeol-XL30, X1, 500).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



**Fotografía 4**

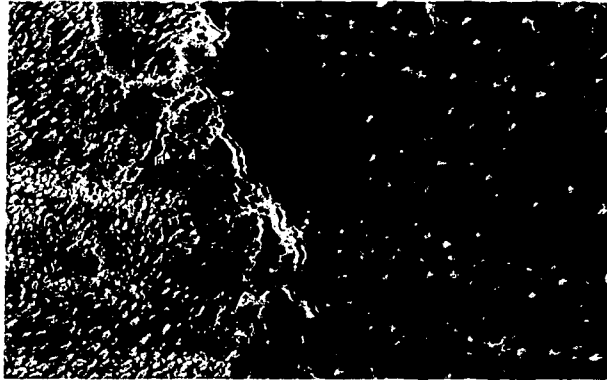
En la fotomicrografía 1, realizada a 500X se aprecia el aspecto microscópico de la cúspide palatina de un premolar superior. En esa imagen es posible observar la porción que corresponde al esmalte cuspeado, la unión amelodentinaria y la distribución más o menos homogénea de los túbulos, aspecto que se corrobora en la siguiente fotomicrografía.



Fotografía 5

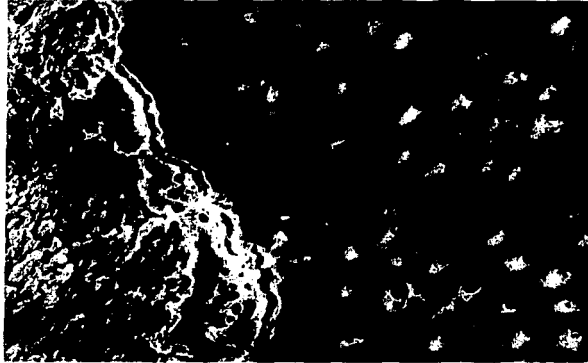
En la fotomicrografía 2, realizada a 1000X se aprecia un acercamiento de la misma zona que en la fotomicrografía 1. En esta imagen se observa la dirección que tienen los cristales de hidroxapatita en el esmalte más detalladamente, la distribución uniforme de los túbulos dentinarios y la unión amelodentinaria.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Fotografía 6

En la fotomicrografía 3, realizada a 1500X; se observa con más detalle la unión amelodentinaria, como una línea que separa a los dos tejidos, la dirección de los cristales de hidroxapatita no parece seguir un patrón como lo refiere la literatura y los túbulos dentinarios se aprecian con distribución uniforme y al parecer de forma oval.



Fotografía 7

En la fotomicrografía 4, realizada a 2500X, se observa con más detalle la morfología de la luz de los túbulos dentinarios que parecen tener una forma oval los de mayor tamaño y los de menor diámetro parecen ser de forma circular, la distancia entre los túbulos es grande y parece ser de entre  $10\mu\text{m}$  y hasta  $15\mu\text{m}$ . La línea amelodentinaria parece tener un grosor uniforme en toda la extensión de la toma y los cristales de hidroxiapatita parecen dirigirse hacia ella como ataches.

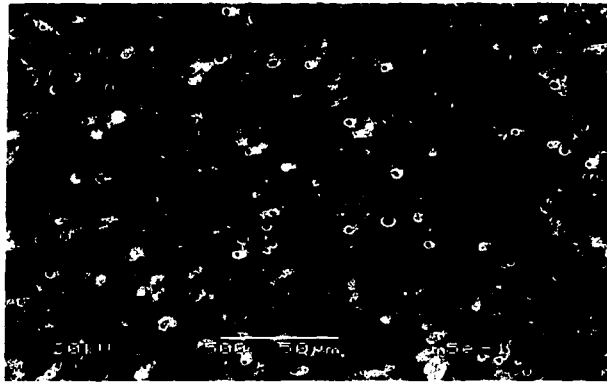


Fotografía 8

En la fotomicrografía 5, realizada a 3500X, se observa con más detalle la morfología de los túbulos, en los de mayor diámetro se aprecia que existe unión de dos o más túbulos en toda la extensión de la fotomicrografía, lo que posiblemente les diera la apariencia oval en las fotomicrografías anteriores, hecho que permite determinar que existe anastomosis entre los túbulos dentinarios; el diámetro mayor de los túbulos es de  $5\mu\text{m}$  y el menor es de  $2\mu\text{m}$ . También es posible observar la presencia de una fractura del tejido dentinal, quizá debido a la técnica de preparación de las muestras.

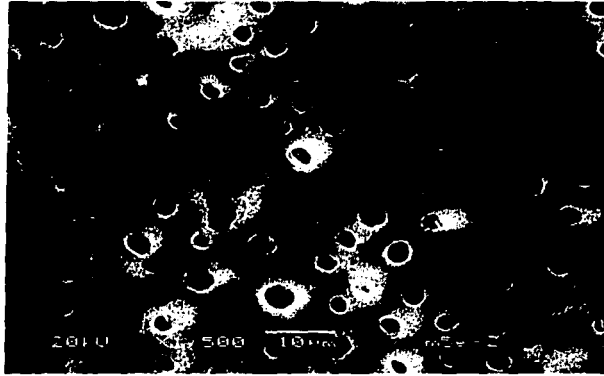
Tercio medio de la cúspide palatina de un primer premolar del Grupo HI

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



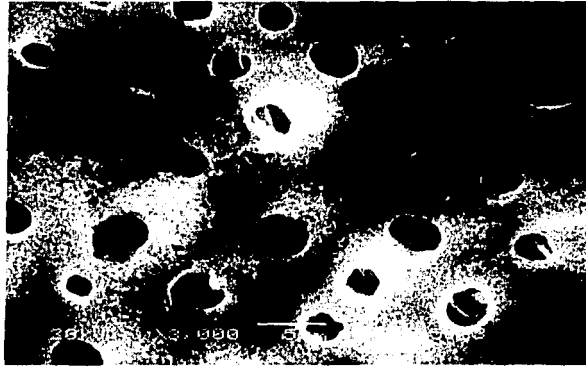
Fotografía 9

En la fotomicrografía 6, realizada a 500X, se aprecia el aspecto microscópico del tercio medio de la cúspide palatina de un premolar superior. En esa imagen es posible observar que la forma y distribución de los túbulos dentinarios es muy regular, aunque la principal diferencia entre ellos es la diferencia en su diámetro que parece ir de  $5\mu\text{m}$  a  $15\mu\text{m}$ , la distancia intertubular es variable y parece ir de las  $20\mu\text{m}$  a las  $35\mu\text{m}$



Fotografía 10

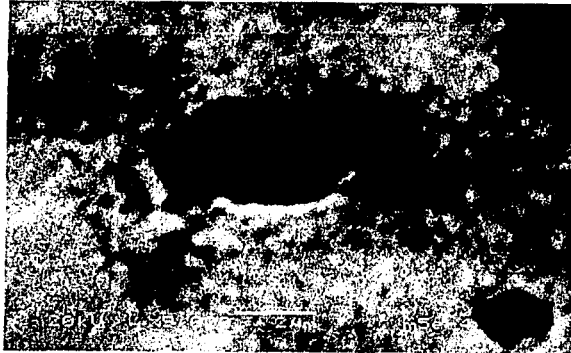
En la fotomicrografía 7 (1500X), se aprecia con mayor claridad la diferencia de diámetros de los túbulos dentinarios que va de  $2\mu\text{m}$  a  $7\mu\text{m}$ , la distancia intertubular es variable y va de las  $7\mu\text{m}$  a las  $20\mu\text{m}$  o más. También se puede apreciar la presencia de túbulos intertubulares en algunos de los túbulos dentinarios de la parte baja de la fotomicrografía.



Fotografía 11

En la fotomicrografía 8 (3000X), se aprecia que el diámetro de los túbulos dentinarios es uniforme aunque existen algunos túbulos de menor diámetro, también se aprecia la presencia de 1 o más túbulos que comunican entre sí a los túbulos principales, la distancia intertubular es de mayor variabilidad y va de las 5 $\mu$ m a las 20 $\mu$ m.

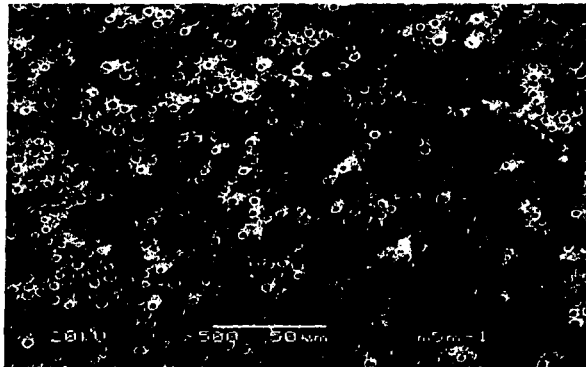




Fotografía 12

En la fotomicrografía 9 (9000X), se observa la presencia de un túbulo de aproximadamente  $3\mu\text{m}$  y otro de aproximadamente  $1\mu\text{m}$  con una distancia entre ellos de aproximadamente  $4\mu\text{m}$ .

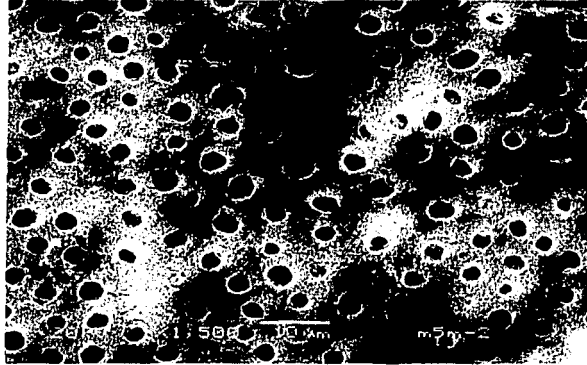
Aspecto microscópico del tercio medio de la cúspide palatina de un premolar superior, grupo II (SEM Jeol-XL30, X1, 500)



Fotografía 13

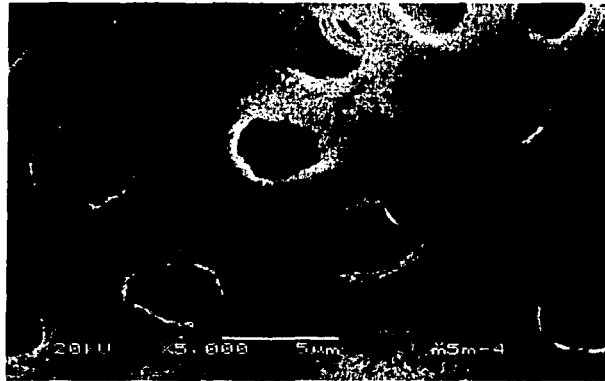
En la fotomicrografía 10 (500X), se aprecia el aspecto microscópico del tercio medio de la dentina en la cúspide palatina de un premolar superior. Se puede apreciar que la distribución y la forma de los túbulos dentinarios son muy regulares en toda la extensión de la toma, no parece existir gran diferencia entre el diámetro ni la distancia intertubular.

FALLA DE ORIGEN



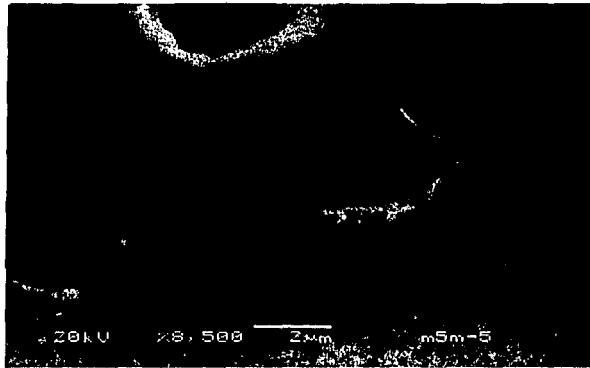
Fotografía 14

En la fotomicrografía 11 (1500X), se puede observar que la morfología de los túbulos en cuanto al lumen es diferente en muchos de ellos va desde la forma oval hasta la circular, la diferencia en cuanto a diámetros es más marcada en esta toma que en la anterior va desde las  $3\mu\text{m}$  hasta las  $10\mu\text{m}$  y la distancia intertubular es igualmente variable y va desde  $5\mu\text{m}$  hasta aproximadamente  $10\mu\text{m}$ . Es posible observar la presencia de túbulos que comunican entre sí a los principales.



Fotografía 15

En la fotomicrografía 12 (5000X) es posible observar que la morfología de la luz tubular es regular, que el diámetro de los túbulos dentinarios es de aproximadamente  $3\mu\text{m}$  y que la distancia intertubular es de aproximadamente  $5\mu\text{m}$  en promedio, en los túbulos centrales se observan la presencia adicional de 1 o más túbulos intertubulares.

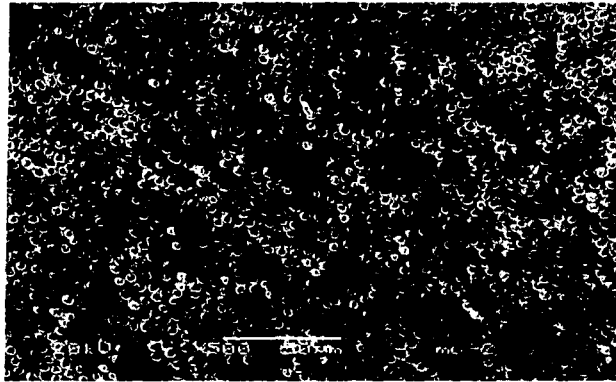


Fotografía 16

En la fotomicrografía 13 (8500X), es posible corroborar que la luz de los túbulos es de aproximadamente  $3\mu\text{m}$  y que la distancia intertubular es de aproximadamente  $5\mu\text{m}$ , además de la presencia de túbulos intertubulares en el túbulo central de la imagen.

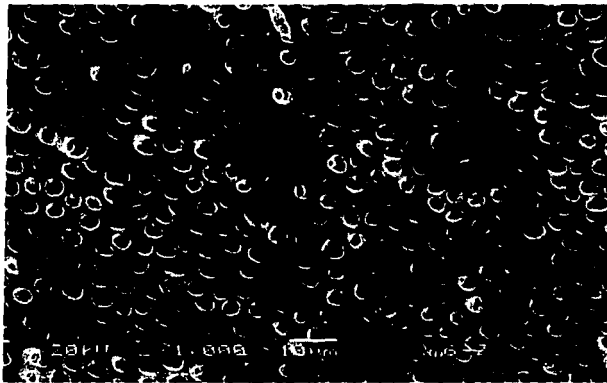
Tercio medio de la cúspide palatina de un primer premolar del grupo III

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Fotografía 17

En la microfotografía 14 (500X), en la cual se aprecia el aspecto microscópico del tercio medio de la cúspide palatina de un premolar superior. En ella se observa que la distribución de los túbulos dentinarios es homogénea y que en cantidad se observan en mayor proporción que en el tercio anteriormente estudiado, por lo tanto el diámetro de la luz de los túbulos parece ser menor que en el tercio anterior. La forma de los túbulos parece ser igualmente homogénea.



Fotografía 18

La microfotografía 15 (1000X), se puede apreciar con mayor nitidez que la distribución de los túbulos es homogénea y que las características morfológicas de los mismos es similar en todos estos. En esta microfotografía parece que la distancia intertubular es menor que en el tercio externo.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Fotografía 19

En la microfotografía 16 (1500X), se aprecia que la morfología de los túbulos es homogénea en todo el campo, la forma predominante es la circular y parece que el diámetro promedio es de  $4\mu\text{m}$ ; la distancia intertubular parece ser de 2 a  $3\mu\text{m}$ ; y la distribución es homogénea en todo el campo.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Fotografía 20

En la microfotografía 17 (2500X), a diferencia de las anteriores microfotografías de esta muestra se aprecia ya la presencia de túbulos intertubulares en la mayoría de los túbulos dentinarios. Continuamos con la misma morfología y la distribución, se corrobora el diámetro y la distancia intertubular.

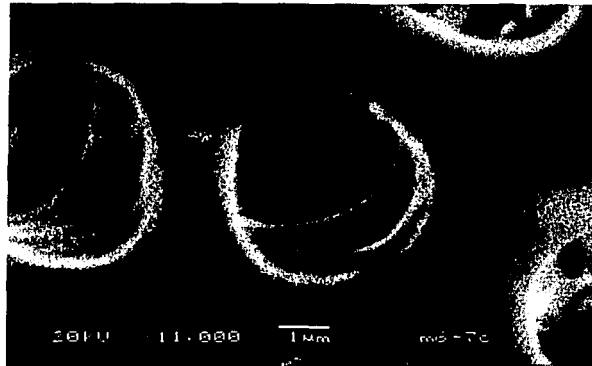
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Fotografía 21

En la microfotografía 18 (5500X), se observa de manera más clara la morfología tubular y la distribución homogénea de los túbulos en todo el campo, el diámetro aproximado de los túbulos es de  $3\mu\text{m}$  y la distancia intertubular es de aproximadamente  $3\mu\text{m}$ . Se puede apreciar la existencia de túbulos intertubulares.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

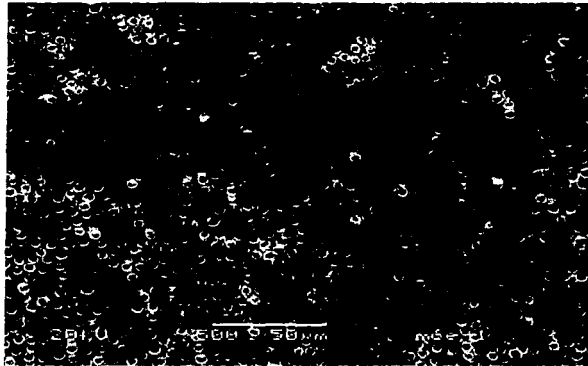


Fotografía 22

En la microfotografía 19 (11000X), es posible observar la luz de uno de los túbulos la centro del campo en este túbulo se observa la presencia de túbulos accesorios intertubulares, su morfología es oval, su diámetro aproximado es de  $3\mu\text{m}$  y la distancia intertubular es de aproximadamente  $2\mu\text{m}$ .

Tercio interno de la cúspide palatina de un primer premolar del Grupo I

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Fotografía 23

En la microfotografía 20 (500X), se observa el aspecto microscópico del tercio interno de la cúspide palatina de un premolar superior. En ella se puede apreciar que la distribución de los túbulos es homogénea y que existen en número similar al tercio medio de la misma, la morfología que se aprecia es circular y el diámetro es similar al de los túbulos del tercio medio.

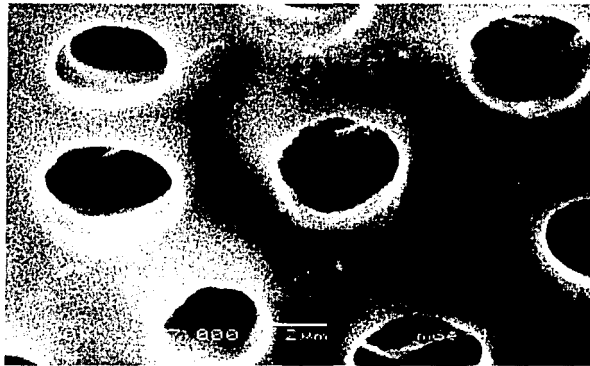
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Fotografía 24

En la microfotografía 21 (1500X), se aprecia que la morfología tubular es circular, que la distribución de los túbulos es homogénea y que la distancia intertubular es igualmente homogénea en todo el campo.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

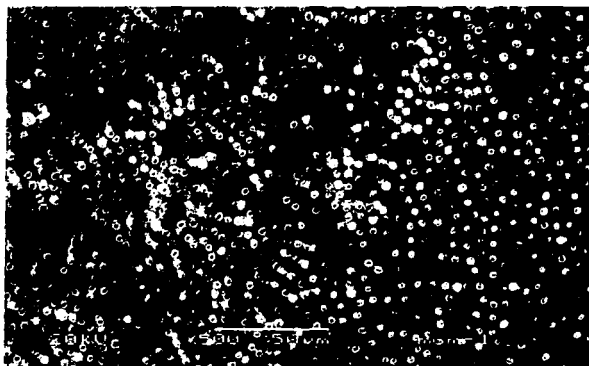


Fotografía 25

En la microfotografía 22 (7000X), se observa con mayor claridad la luz de uno de los túbulos (en un aumento menor que en el tercio medio), la morfología tubular es circular homogénea en todo el campo y se aprecia también la existencia de túbulos intertubulares. El diámetro de los túbulos es de aproximadamente  $3\mu\text{m}$  y la distancia intertubular de aproximadamente  $3\mu\text{m}$ .

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Tercio medio de la cúspide de un primer premolar del Grupo III



Fotografía 26

En la microfotografía 23 (500X), se puede apreciar el aspecto microscópico del tercio medio de la cúspide de un premolar superior; en la cual se observa que la distribución de los túbulos es homogénea y la morfología es predominantemente circular.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

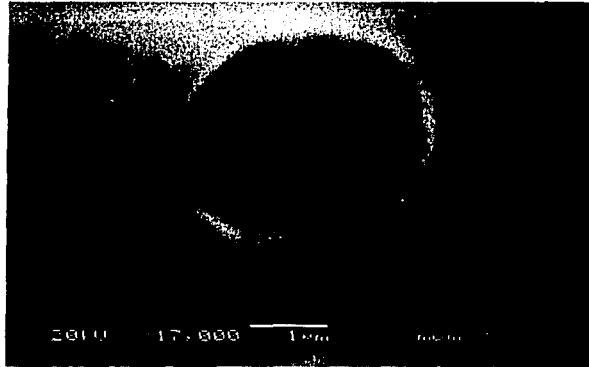


Fotografía 27

En la microfotografía 24 (1500X), se aprecia que la distribución de los túbulos es irregular y q la morfología varia igualmente, el diámetro varía de 2 a 4 $\mu$ m y la distancia intertubular va de 2 hasta las 10 $\mu$ m.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Fotografía 28

En la microfotografía 25 (17000X), se puede apreciar el aspecto microscópico de un túbulo dentinario del tercio medio de la cúspide palatina de un premolar superior, el cual tiene un diámetro de 2  $\mu\text{m}$ , forma circular y presencia de túbulos intertubulares en su luz.

## Densidad tubular por grupos de edad

La densidad, diámetro y distancia intertubular observada en los tres grupos se midió como fue descrito previamente y con los datos recabados se obtuvieron las siguientes gráficas.

Tabla 1  
Densidad tubular  
Túbulos/mm<sup>2</sup>

	Tercio Ext	Tercio Med	Tercio Int
Grupo I	12000	14000	15000
Grupo II	9000	10000	15500
Grupo III	8750	9250	12000

Tabla 2  
Diámetro tubular  
µm

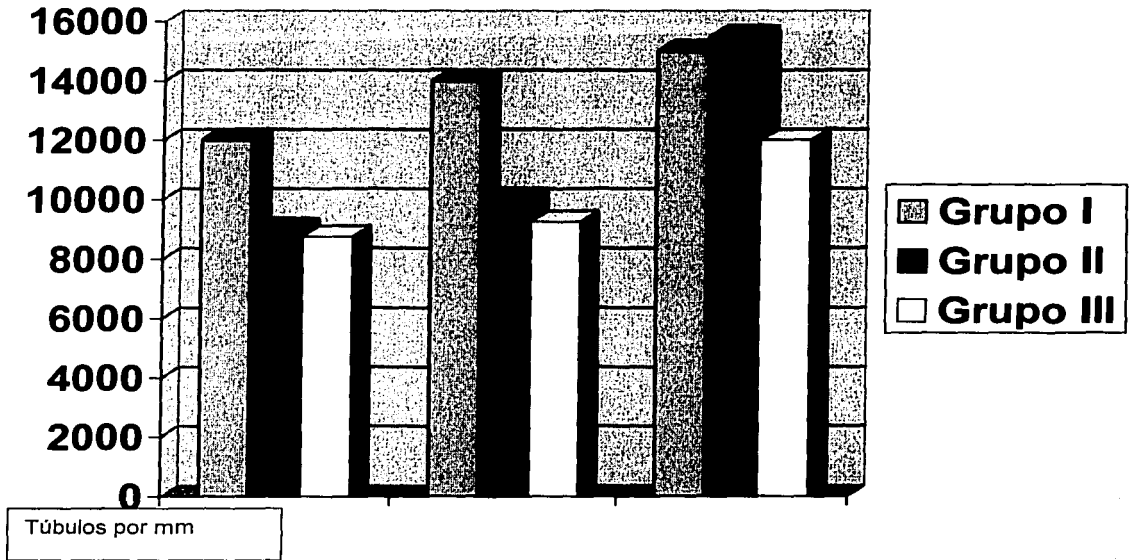
	Tercio Ext	Tercio Med	Tercio Int
Grupo I	3,7	4,8	5,7
Grupo II	3,5	4,7	5,6
Grupo III	2	2,5	5

Tabla 3  
Distancia intertubular  
µm

	Tercio Ext	Tercio Med	Tercio Int
Grupo I	6	4,75	2,5
Grupo II	7,1	6	4,5
Grupo III	7,5	6,4	5,2

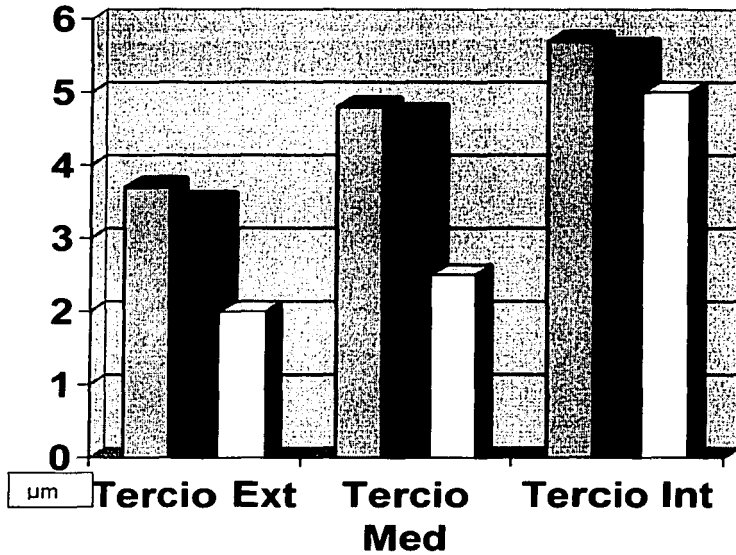
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

GRAFICO DE DENSIDAD TUBULAR



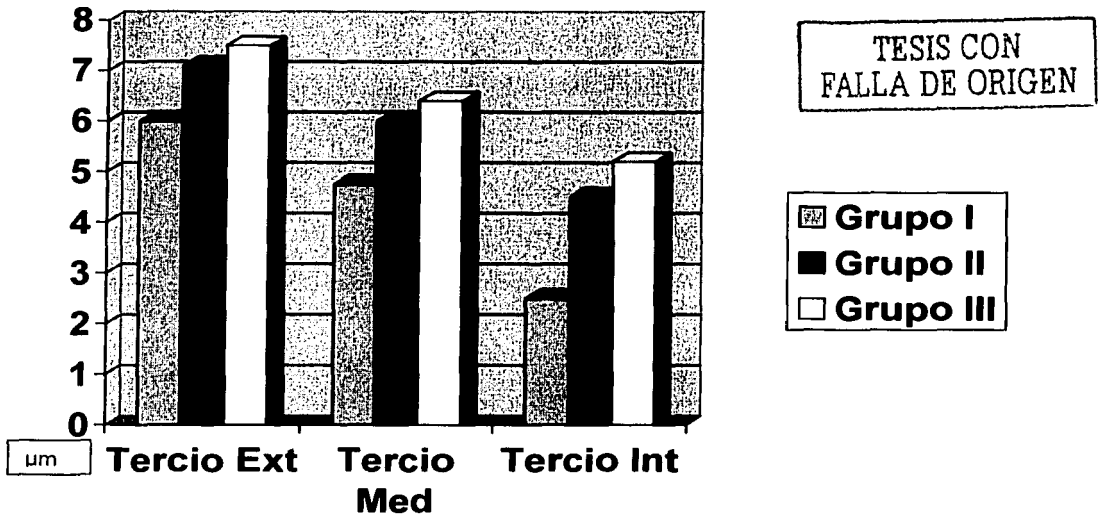
### GRÁFICO DE DIÁMETRO TUBULAR

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



- Grupo I
- Grupo II
- Grupo III

GRÁFICO DE DISTANCIA INTERTUBULAR



## **Discusión**

La información con respecto a las características estructurales de los tejidos dentales es un aspecto al que se le ha brindado gran atención, no solo por la naturaleza biológica del tema, sino también por la gran implicación que ha tenido en relación a los materiales de reconstrucción que se han desarrollado en las últimas décadas, puede decirse que el conocimiento de la estructura de los tejidos dentales se ha generado paralelamente al desarrollo de los materiales dentales, esto es realmente importante cuando se toma en cuenta que el argumento de los laboratorios que desarrollan materiales de reconstrucción directa (composites) se fundamenta en el hecho de que mejoran las condiciones con respecto de los materiales existentes, esto no podría darse si no se tuviera un adecuado conocimiento de las características del tejido en el cual será colocado este material. Existen reportes en la literatura que describen la química de los materiales nuevos o de la mejoría de los mismos para usos específicos, sin embargo las características del esmalte, como de la dentina, difieren en cuanto a la localización en cada zona del diente, por ello es importante considerar que si la ingeniería molecular de los materiales ha adquirido tal grado de complejidad que la hace capaz de desarrollar materiales ad-hoc en función de las necesidades o características del sitio por tratar, entonces es relevante el adecuado conocimiento de los tejidos en los cuales serán aplicados.

En este estudio se determinaron las características de la dentina en las cúspides de trabajo, encontrándose que la diferencia existente entre la densidad y distribución de los túbulos dentinarios en los diferentes tercios de las cúspides de trabajo de los premolares estudiados está íntimamente relacionada con la función de las mismas y con la edad de los pacientes, ya que también se encontraron diferencias en los diferentes grupos de trabajo, que abarcaron tres grupos de edad ya conocidos, así como la esclerosis más apreciable en los tercios externos de los túbulos debido a la acumulación de material orgánico dentro de la luz de los mismos, como lo refiere la literatura la estimulación mecánica que ejercen las fuerzas de la oclusión sobre la

dentina provocan estos fenómenos químico-biológicos, que provocan la estenosis de la luz tubular Anderson DJ 1958.

El diámetro de los túbulos dentinarios sigue el patrón ya reportado en la literatura, es decir tienen un mayor diámetro cuando se encuentran más cercano a la pulpa (5 a 5.7  $\mu\text{m}$ ) que cuando están más cercanos a la unión amelodentinaria (2 a 3.7  $\mu\text{m}$ ), estos datos están asociados con las etapas de calcificación del diente, si se toma en cuenta que las cúspides de los dientes son los sitios donde se inicia el proceso de calcificación casi al mismo tiempo en esmalte y en dentina Anders L.1984.

Desde el punto de vista funcional adquiere relevancia el hecho de que existen diferencias entre los tres grupos estudiados, ya que las diferencias son no solo entre el mismo grupo, es decir que la distribución y densidad de los túbulos dentinarios es diferente en el mismo grupo de edad, sino también existen diferencias con respecto a las mismas características en cuando se compara un grupo de edad con respecto del otro. Estos datos corroboran la información de que la dentina experimenta fenómenos de adaptación a lo largo de la vida y que estos se verán reflejados en su estructura Frank R. 1999.

En estudios previos no se tenía la información específica de la relación distribución y densidad de los túbulos dentinarios, ya que se realizaban mediciones generales de las mismas, este estudio determina la concordancia entre los estudios realizados por Schilke R, Lisson J, Baub O, Werner G que determinaron la densidad tubular de la corona en 18,781 $\pm$ 5855 por lo tanto corresponde con los datos obtenidos en este estudio y ahora se determino la diferencia entre cada uno de los tercios de las cúspides. Cuando se discute acerca del diámetro de los túbulos encontramos que estudios realizados por Schilke R, Lisson J, Baub O, Werner G, en el 2000 se determino que el promedio diametral de los túbulos era de 2.65  $\pm$  0.19  $\mu\text{m}$ , nosotros encontramos que diferentes promedios diametrales en los tercios pudiendo así determinar que la concordancia con los estudios previos es real, pero pudimos establecer la diferencia entre los tercios. Los estudios previos también se refieren a

la obliteración de la luz tubular conforme pasa la edad de los individuos, esto se establece también en nuestro estudio.

Por último, es importante señalar que si bien se pudieron establecer diferencias entre los grupos y aún dentro de los grupos, la evidencia de estas diferencias hace pensar en que pudieran existir diferencias en el comportamiento de los materiales con los tejidos dentales, cuando estos tienen características diferentes en función de la edad, este concepto si bien es relevante, lo cierto es que no ha sido considerado por los fabricantes al momento de ofrecer un material de reconstrucción de uso "universal", probablemente la diferencia no sea tan significativa o tal vez sí, sin embargo, no puede soslayarse la existencia de esas diferencias.



## **Conclusiones**

La diferencia de densidad entre los diferentes grupos de edad es inversamente proporcional ya que a mayor edad la densidad tubular disminuye por la presencia de cúmulos de material inorgánico presentes en las paredes de la luz tubular motivo que provoca la estenosis de la luz tubular, así mismo, la distancia intertubular se incrementa conforme el material se deposita en las paredes del túbulo.

La densidad tubular en los diferentes tercios de la cúspide es variable y depende de la distribución de cargas masticatorias, al paso de los años y con la acumulación de horas trabajo por parte de los mismos dientes, ya que en comparación con la densidad de la cúspide de balance se establece que es mayor y que es a favor de la distribución de las mismas, en estudios futuros se podría determinar el mecanismo de distribución de las fuerzas, a través de la matriz inorgánica y si es que la colágena ejerce alguna influencia sobre la distribución de las mismas.

La distribución de túbulos dentinarios es distinta en los diferentes tercios de la cúspide y esta determinada por la influencia de las fuerzas de la masticación ya que hacia el centro de la cúspide se encuentra la mayor concentración de los mismos disminuyendo hacia el tercio interno y aún más hacia el externo, por lo tanto se determina que las cargas compresivas y de lateralidad, que las fuerza masticatorias ejercen sobre el diente influyen en la estimulación de los odontoblastos para la formación de preentina con un número de túbulos mayor que es directamente proporcional a la profundidad de la capa dentinal que se estudia.

Por lo tanto, la relación entre la densidad y distribución de los túbulos dentinarios sí es influenciada por la edad, y por las cargas de la masticación, ya que se determinaron los diferentes patrones de distribución y densidad de cada uno de los tercios, en las cúspides de trabajo de los dientes estudiados.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aballe M y López J. **Compendio Microscopia electrónica de barrido y microanálisis por rayos X** **Cáp. 1.** Consejo superior de investigación científica. 1996, pp. 1-10.
2. Anders L. **Dentin and dentinogenesis.** CRC Press, Inc. Florida, 1984, Vol. I, pp
3. Anders L. **Dentin and dentinogenesis.** CRC Press, Inc. Florida, 1984, Vol. II, pp.
4. Anderson DJ. *Measurement of stress in mastication.* Journal of Dental Research, 1956, 35: 664
5. Anderson DJ. *Measurement of stress in mastication II.* Journal of Dental Research, 1956, 35: 671.
6. Anderson DJ and Picton DC. *Masticatory stresses in normal and modified occlusion.* Journal of Dental Research, 1958, 37: 312.
7. Ash M y Ramfjord S. **Oclusión.** Mc Graw Hill-Interamericana 4ª edición, México, 1996, pp. 86-87.
8. Barba C. **Compendio Microscopia electrónica de barrido y microanálisis por rayos X** **Cáp. 2.** Consejo superior de investigación científica. 1996, pp. 11-43.
9. Bates JF, Stafford GD and Harrison A. *masticatory function-a review of the literature II. Speed movement of the mandible, rate of chewing and forces developed of the mandible.* Journal of Oral Rehabilitation, 1975, 2: 349.
10. Carlsson GE. *Biteforce and chewing efficiency in Kawamura, Y.* Frontiers of Oral Physiology, 1974, 1.
11. Frank R. *Ultrastructure of human dentine 40 years ago-progress and perspectives.* Archives of Oral Biology, 1999, 44: 979-984.

12. Frank RM. *Attachment sites between the odontoblast process and the intradentinal nerve fiber.* Archives of Oral Biology, 1968, 13: 833-834.
13. Gage PJ. *Electrophoretic characterization of peptides from normal human dentine.* Archives of Oral Biology, 1984, 29 (8): 575-580.
14. Hagberg C. *assessments of bite force: A review.* Journal of Craniomandibular Disorders. Facial and Oral Pain, 1987, 1: 162.
15. Kinney J, Balooch M, Marshall G, Marshall S. *A micromechanics model of the elastic properties of human dentine.* Archives of Oral Biology, 1999, 44: 813-822.
16. Langman J. **Embriología Médica.** Ed. Médica Panamericana, 4ª edición México, 1981, pp.
17. Manontoupodus C and Smith D. *A scanning electron microscopic study of the odontoblast process in human coronal dentine.* Archives of Oral Biology, 1983, 28: 701-710.
18. Munch JV and Schriever H. *sensibility of teeth to loads in different direction.* Journal of Dental Research, 1947, 26: 279.
19. Santiago A y Bachell A. **Oclusión y diagnóstico en rehabilitación oral.** Panamericana, Argentina, 1999, 15-36.
20. Schilke R, Lisson J, Baub O, Werner G. *Comparison of the number and diameter of dentinal tubules in human and bovine dentine by scanning electron microscopic investigation.* Archives of Oral Biology, 2000, 45:355-361.
21. Szabó J, Trombitás K and Szabó. *Scanning electron microscopy of the walls of tubules in human coronal dentine.* Archives of Oral Biology, 1985, 30(10):705-710.
22. Ten Cate. **Oral Histology: Development, Structure and Function.** The Mosby Company, Third edition, 1989, pp
23. Thomas HF and Carella P. *Correlation of scanning and transmission electron microscopy of human dentinal tubules.* Archives of Oral Biology, 1984, 29(8): 641-646.
24. Van Meerbeek B. Dhem A. Goret-nicaise M. Braem M. Lambrechtas P. and Vanherle G. *Comparative SEM and TEM Examination of the Ultrastructure of the Resin-Dentin Interdifusion Zone.* Journal of Dental Resins, 1993 72 (2): 495-501.

25. Valdrè G, Mongiorgi R, Ferrieri G, Corvo G, Cattaneo V e Trataro P. *La microscopia elettronica a escansione (SEM) e microanalisi (EDS) applicata allo studio dei biomateriali per uso odontostomatologico*. Minerva Stomatologica, 1995, 55 (68):55-68.
26. Vongasavan N, Matthews R and Matthews B. *The permeability of human dentine in vitro and in vivo*. Archives of Oral Biology, 2000 45: 931-935.
27. Yacamán MJ y Reyes GJ. **Microscopia electrónica una visión al microcosmos**. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Fondo de Cultura Económica, México, 1997, 13-137.
28. Yu XY, Wiekowski G Davis E. *Scanning electron microscopic and energy dispersive x-ray of two smear layer-mediated dentinal bonding agents*. Quintessence International Dental Research, 1991, 22 (4): 305-310.