



UNIVERSITAT DE
BARCELONA

Influencia del acondicionador en los cambios estructurales de la dentina en odontología adhesiva

Sebastiana Arroyo Bote



Aquesta tesi doctoral està subjecta a la llicència **Reconeixement- NoComercial – SenseObraDerivada 4.0. Espanya de Creative Commons.**

Esta tesis doctoral está sujeta a la licencia **Reconocimiento - NoComercial – SinObraDerivada 4.0. España de Creative Commons.**

This doctoral thesis is licensed under the **Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs 4.0. Spain License.**

UNIVERSIDAD DE BARCELONA

DIVISIÓN DE CIENCIAS DE LA SALUD. (IV)
Facultad de Odontología

Departamento de Odonto-Estomatología

**INFLUENCIA DEL ACONDICIONADOR
EN LOS CAMBIOS ESTRUCTURALES DE LA DENTINA
EN ODONTOLOGÍA ADHESIVA**

TESIS DOCTORAL

Presentada para aspirar al grado de DOCTOR por:

SEBASTIANA ARROYO BOTE

Licenciada en Medicina y Cirugía
Médico Especialista en Estomatología

DIRECTOR: Prof. Dr. ESTEBAN BRAU AGUADÉ

BARCELONA 2002

TD 535

0700867595



UNIVERSITAT DE BARCELONA

Biblioteca

Àrea de Ciències de la Salut
CAMPUS DE BELLESGUARD

DEPARTAMENTO DE ODONTO-ESTOMATOLOGÍA
DE LA UNIVERSIDAD DE BARCELONA

Programa de Doctorado: TÉCNICA CLÍNICA EN ODONTO-ESTOMATOLOGÍA

Título de la Tesis:

**INFLUENCIA DEL ACONDICIONADOR
EN LOS CAMBIOS ESTRUCTURALES DE LA DENTINA
EN ODONTOLOGÍA ADHESIVA**

Título al que se opta:

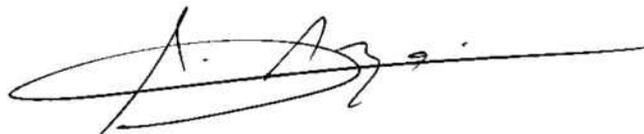
DOCTOR EN MEDICINA Y CIRUGÍA

Doctorando:

SEBASTIANA ARROYO BOTE

Director:

ESTEBAN BRAU AGUADÉ

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'S. Arroyo Bote', with a long horizontal line extending to the right.

Fdo. SEBASTIANA ARROYO BOTE

DEDICADO:

*A Javier Martínez Osorio, mi esposo y compañero, con el que tengo el placer de compartir mi vida y mi profesión. A nuestros hijos Xavier y Carolina con todo mi amor.
A mis padres a los que todo les debo.*

AGRADECIMIENTOS:

- Al Prof. Dr. Esteban Brau Agudé, Catedrático de Patología y Terapéutica Dental de la Universidad de Barcelona, director de esta Tesis Doctoral, por su estímulo investigador y constante ayuda.
- A Javier Martínez Osorio, al que debo mi dedicación a la Estomatología, por su ayuda constante en la preparación de muestras, y en la solución de los problemas informáticos que han surgido en el desarrollo de esta tesis.
- Al Prof. Dr. Carlos Canalda Sahli, Catedrático de Patología y Terapéutica Dental de la Universidad de Barcelona, por su ejemplo constante como clínico e investigador.
- Al Prof. Dr. José Pumarola Suñé, Prof. Titular de Patología y Terapéutica Dental de la Universidad de Barcelona, por su ayuda y rigor científico.
- A todos los profesores de las cátedras de Patología y Terapéutica Dental I y II, por su apoyo en mi trayectoria universitaria, especialmente al Prof. Dr. A. Nadal Valldaura, Prof. Dra E. Berástegui Jimeno y Dr. L. Suñol Periu.
- A los responsables y técnicos de los Servicios Científico Técnico de la Universidad de Barcelona, por su ayuda y consejo.
- A todos los laboratorios y casas comerciales que me han ayudado en el conocimiento de los materiales dentales.
- A todos mis profesores, por el interés académico y científico que han estimulado en mí.
- A Laura e Inés, por su interés y dedicación.
- A Lissa, por animar mis horas ante el ordenador.

INFLUENCIA DEL ACONDICIONADOR EN
LOS CAMBIOS ESTRUCTURALES DE LA
DENTINA EN ODONTOLOGIA ADHESIVA

S. Arroyo Bote

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	3
II. HIPÓTESIS DE TRABAJO.....	9
III. REVISIÓN DE CONOCIMIENTOS.....	13
III.1 COMPLEJO PULPO-DENTINARIO	15
III.1.1 CARACTERÍSTICAS HISTOLÓGICAS.....	16
III.1.2 FISIOLÓGÍA PULPO-DENTINARIA.....	30
III. 2. ACONDICIONADORES DENTINARIOS	34
III. 3. ADHESIÓN – ADHESIVOS	45
III.3.1. ADHESIÓN.....	45
III.3.2. ADHESIVO	54
III.3.3. TABLAS DE ADHESIVOS.....	67
III.4. MATERIALES DE OBTURACIÓN.....	72
III.5. BIOCOMPATIBILIDAD DE LOS MATERIALES	79
IV. OBJETIVOS.....	87
V. MATERIAL Y MÉTODO	91
MATERIAL	93
MÉTODO.....	95
1.- Preparación de las muestras para valorar el efecto de los ácidos grabadores en la dentina (grupo 1).....	98
2.- Preparación de las muestras del segundo grupo para el estudio de la interfase dentina/material de obturación.....	110
3.- MÉTODO ESTADÍSTICO.....	116
VI. RESULTADOS.....	119
PARÁMETRO 1	121
Parámetro 1.a. Valores cuantitativos de la liberación de distintos iones de las superficies de dentina por la acción del grabado.....	121
Parámetro 1.b. Estudio de la apertura tubular, eliminación de Smear-layer y grabado de la dentina intertubular y peritubular.....	126
PARÁMETRO 2	134
Parámetro 2.a. Penetración del adhesivo en los túbulos dentinarios.....	134
Parámetro 2.b. Penetración del adhesivo en la dentina peri e intertubular.	137

VII. DISCUSIÓN	141
VIII. CONCLUSIONES	169
1.-CONCLUSIONES DEL EFECTO DEL GRABADO EN LA DENTINA	171
<i>LIBERACIÓN DE IONES</i>	171
<i>MORFOLOGÍA DE LA SUPERFICIE DENTINARIA</i>	172
2. CONCLUSIONES DE LA INTERFASE DENTINA-ADHESIVO- COMPOSITE	173
<i>PROYECCIONES DE RESINA EN DENTINA TUBULAR</i>	173
<i>PROYECCIONES DE RESINA EN DENTINA INTERTUBULAR</i>	174
IX. TABLAS	175
X. GRÁFICOS	213
XI. FIGURAS	235
XII. BIBLIOGRAFIA	277

I. INTRODUCCIÓN

La utilización de materiales estéticos en operatoria dental ha aumentado considerablemente en los últimos años, debido a diversos factores entre los que podemos destacar los siguientes:

1. Requerimientos estéticos de la sociedad.
2. Posible toxicidad de la amalgama^{1,2,3}
3. Mejora de las propiedades físico-químicas de los composites.^{4,5,6}
4. Disponibilidad de adhesivos a esmalte y a dentina.⁷
5. Aumento de la prevalencia de lesiones cervicales⁸.

Aunque la amalgama se sigue utilizando como material de obturación³, el empleo de materiales de obturación estéticos, se ha incrementado notablemente en la práctica odontológica diaria.

El mayor avance en odontología adhesiva fue conseguir la unión de un material restaurador a la estructura dentaria realizando un grabado ácido en el esmalte. Buonocore⁹ en 1955 descubrió que, aplicando ácido ortofosfórico al 85% en esmalte humano durante 60 segundos, podía adherir al mismo resinas acrílicas. A principios de la década de 1960, los adhesivos tisulares de cianocrilato fueron usados por primera vez para el sellado de puntos y fisuras en

desarrollo, por investigadores de Japón y Estados Unidos ¹⁰. Buonocuore y cols⁹ sugirieron que el principal mecanismo de adhesión de la resina al esmalte grabado con ácido era la formación de digitaciones de resina.

En distintas investigaciones posteriores se ha descubierto que el esmalte grabado con ácido ortofosfórico sufre una pérdida de aproximadamente 10 micras en su superficie, creando una capa porosa de 5 a 50 micras de profundidad, según diferentes estudios.^{11.12.13.14.15.16.17} La aplicación de una resina líquida sobre este esmalte grabado, hará que fluya por las microporosidades de dicha capa y que al polimerizar creará una unión micromecánica con el esmalte.

Desde la generalización de la técnica del grabado ácido, se han realizado muchas investigaciones que han intentado averiguar el tiempo y la concentración adecuados de grabado sin que disminuya la fuerza de adhesión entre el esmalte y la resina^{18.19.20}. De la concentración inicial del 85% de ácido ortofosfórico, durante 60 segundos, utilizado por Buonocuore se ha reducido hasta concentraciones comprendidas entre el 30% y el 40%^{14,21}; mientras que el tiempo de aplicación clínica variará entre 15 y 30 segundos.

La adhesión de los materiales restauradores a la estructura dental es proporcionada por los adhesivos dentales (resina líquida); éstos se unen, por un lado, a la estructura dental y, por el otro, al material restaurador.

En el esmalte esta adhesión se deberá, tal y como hemos comentado, a las microporosidades creadas por el grabado ácido. Los éxitos conseguidos en la

adhesión a esmalte hicieron pensar que tal vez se podía conseguir una adhesión similar en la dentina.

La odontología adhesiva mejora la calidad del sellado marginal^{22, 23}, reduce la necesidad de eliminar tejido sano y nos abre muchas posibilidades en restauraciones fijas adhesivas y en el tratamiento de fracturas dentales tal como demuestran los estudios de Andreasen²⁴, en los que se confirma una mejor estética, menor riesgo de lesión y mayor duración de la restauración cuando se utilizan técnicas adhesivas.

Si bien la adhesión a esmalte ofrece pocas dudas, la adhesión a dentina es muy compleja. Tenemos que recordar que la dentina es un tejido vivo, con células, colágeno y minerales. El grabado de la dentina por ácidos o acondicionadores no produce solo una alteración mecánica en su estructura, sino también química; lo que nos determina que la unión con los adhesivos es una unión micro-química-mecánica.

La superficie dentinaria después de un tallado cavitario no presenta la morfología característica tubular, sino que se encuentra cubierta de una capa de barro dentinario²⁵ o smear-layer. Actualmente esta capa es eliminada mediante el grabado ácido que consigue también una apertura tubular y una descalcificación de la dentina intertubular y peritubular.

En el inicio de los adhesivos dentinarios la superficie de dentina expuesta por la cavidad tallada no era grabada, sino que simplemente se aplicaba el adhesivo

sobre esta superficie recubierta con smear- layer, ya que se suponía que se unía químicamente con esta capa. La fuerza de adhesión conseguida así era muy pequeña. Posteriormente esta capa de smear-layer fue modificada por los primers y sobre esta zona ya acondicionada se aplicaba el adhesivo.

Hoy en día, la mayoría de investigaciones sobre adhesivos dentinarios aconsejan el grabado de la dentina con ácidos para poder eliminar la capa de barro dentinario y, a la vez, conseguir una alteración en la estructura de la dentina capaz de permitir la penetración del adhesivo y la interacción química con este.

Con estas técnicas se obtienen mejoras notables en las obturaciones de composite y amalgama pero, a la vez, ha abierto un campo interesante en la investigación puesto que todavía no podemos responder a diversas preguntas que planteamos a continuación:

¿Es imprescindible el grabado dentinario, para obtener una buena adhesión ?

¿Qué ácido es el ideal para grabar la dentina?

¿Se desnaturaliza en exceso el colágeno de la dentina grabada?.

¿Produce lesiones pulpaes la aplicación de ácidos en la dentina?.

Estas son algunas de las preguntas que nos hacemos, y que nos han motivado ha desarrollarlas en esta investigación.

II. HIPÓTESIS DE TRABAJO

PRIMERA HIPÓTESIS

Hipótesis nula: La utilización de distintos tipos de acondicionadores dentinarios no influye fundamentalmente en la composición química y aspecto morfológico de la dentina

Hipótesis alternativa: La utilización de distintos tipos de acondicionadores dentinarios influye fundamentalmente en la composición química y aspecto morfológico de la dentina

SEGUNDA HIPÓTESIS

Hipótesis nula: Con la utilización de distintos tipos de acondicionadores dentinarios no se observan diferencias en la penetrabilidad del adhesivo dentinario en las distintas dentinas tubular, peritubular e intertubular

Hipótesis alternativa: Con la utilización de distintos tipos de acondicionadores dentinarios se observan diferencias en la penetrabilidad del adhesivo dentinario en las distintas dentinas tubular, peritubular e intertubular

III. REVISIÓN DE CONOCIMIENTOS

III.1 COMPLEJO PULPO-DENTINARIO

La dentina es un tejido conjuntivo mineralizado y avascular. **La pulpa** es un tejido conjuntivo laxo. Ambas están muy relacionadas entre si, no sólo por su proximidad anatómica, sino también por su desarrollo embriológico y por su función, por lo que se las considera como parte de una unidad histológico-anatómica, **el complejo pulpo-dentinario**. Para poder entender la relación entre estos dos tejidos haremos una revisión de conocimientos de la histología dentinaria y pulpar y de la fisiología de ambas.

III.1.1 CARACTERÍSTICAS HISTOLÓGICAS

III.2.a HISTOLOGÍA DE LA DENTINA

Composición Química :

La dentina está compuesta aproximadamente por un 70% de material inorgánico, un 18% de material orgánico y un 12% de agua²⁶. Debido a la mineralización fisiológica progresiva de la dentina, después de que el diente está plenamente formado, la composición variará según la edad de éste.

Si tomamos en consideración los volúmenes ocupados por estos componentes, se pone de manifiesto que el volumen ocupado por la materia orgánica y el agua es considerablemente mayor que los otros tejidos mineralizados del diente.

La porción inorgánica de la dentina esta formada principalmente por cristales de hidroxiapatita. La entidad repetida más pequeña de estos cristales responde a la formula: $\text{Ca}_{10} (\text{PO}_4)_6 (\text{OH})_2$, y se denomina unidad celular de hidroxiapatita. También podemos encontrar algunos fosfatos cálcicos amorfos,

especialmente en tejidos poco maduros. Los cristales están compuestos por varios miles de unidades celulares, tienen forma de placas y de perfil adoptan el aspecto de agujas; son similares a los cristales del cemento y del hueso, pero son más pequeños que los del esmalte. Existen también otras sales inorgánicas, tales como carbonatos, fosfatos cálcicos diferentes de la hidroxiapatita y sulfatos, así como ciertos oligoelementos, como F, Cu, Zn, Fe y otros.

La porción orgánica está compuesta principalmente por colágeno, en una cuantía aproximada del 17% del total de los tejidos, es decir alrededor del 93% de todo el material orgánico. Fracciones de lípidos, glucosaminglicanos y compuestos proteicos no identificados constituyen cada uno de ellos un 0,2%, aproximadamente. Por último, el ácido cítrico comprende algo menos del 1%.

Estructura Histológica:

Las unidades estructurales básicas de la dentina son.:

- a) el odontoblasto.
- b) el túbulo de la dentina.
- c) el espacio periodontoblástico.
- d) la dentina peritubular.
- e) la dentina intertubular.

También se ha descrito la existencia dos láminas limitantes que tapiza los túbulos de la dentina en toda su longitud²⁶, una interna y otra externa.

a) **El odontoblasto.** El odontoblasto es una célula especializada que tapiza la pulpa., tiene unas prolongaciones citoplasmáticas llamadas **proceso odontoblástico** o **fibras de Thomes**, que se localizan en el interior de los túbulos de la dentina. La longitud de estos procesos no ha podido ser científicamente demostrada, se cree que ocupan todo el espesor de la dentina, pero en las capas más superficiales no ha podido demostrarse la presencia de citoplasma. La presencia de citoplasma nos asegura la existencia de reactividad de la dentina en las etapas posteriores del diente. El resto del túbulo dentinario está ocupado además por líquido hístico , denominado líquido de la dentina y por material orgánico.

El cuerpo celular principal presenta todas las características de las células productoras de matriz, es decir, mitocondrias , retículo endoplasmático y aparato de Golgi bien desarrollado. Los procesos odontoblásticos se hallan prácticamente desprovistos de mitocondrias y de retículo endoplasmático, y su citoplasma se caracteriza por la presencia de microtúbulos y finos filamentos.

Entre los odontoblastos hay uniones intercelulares, entre ellas se encuentran desmosomas, uniones cerradas y uniones abiertas. Los odontoblastos presentan

asimismo uniones especializadas con los fibroblastos adyacentes. Las uniones entreabiertas entre las fibras nerviosas y los odontoblastos pueden ser importantes para la transmisión de los impulsos nerviosos.

b) **Los túbulos dentinarios** : Sirven de alojamiento al proceso odontoblástico, se forman durante la dentinogénesis , conservan su estructura tubular en la dentina plenamente desarrollada y se extienden a través de toda la dentina, desde la pulpa hasta la unión amelo-dentinaria. El diámetro y el volumen de la luz de los túbulos varían según la edad de los dientes y la situación de aquellos dentro de la dentina. En los dientes jóvenes , el diámetro promedio de los túbulos es de 1-3 μ (micras) ^{27,28,29}, aunque se han descrito túbulos gigantes excepcionales, en dentina coronal, de hasta 40 μ de diámetro³⁰.

Cerca del 80% del volumen total de la dentina próxima a la pulpa está compuesto por las luces de los túbulos , mientras que estas constituyen tan solo cerca de un 4% del volumen de la dentina periférica. Existen unos 45.000 túbulos por mm^2 cerca de la pulpa, y aproximadamente 20.000 por mm^2 en la perifería , siendo el promedio de unos 30.000 mm^2 en la parte media de la dentina Estas variaciones en el número de túbulos por mm^2 pueden explicarse por el hecho de que la superficie pulpar de la dentina es considerablemente menor que el área de las uniones amelodentinal y cementodentinal, por lo que la relación túbulo-intertúbulo es más alta cerca de la pulpa que en la perifería.

Los procesos odontoblásticos y los túbulos acompañantes pueden ramificarse, especialmente cerca de las uniones amelodentinal y cementodentinal. En la dentina de la raíz, se encuentran un tipo de ramificaciones que consisten en prolongaciones muy finas que parten del túbulo principal . En general, las ramificaciones de los procesos de los odontoblastos son de menor tamaño y más numerosas en la dentina de la raíz que en la coronal. Se ha descrito la presencia de anastomosis entre estas ramificaciones.

c) **El espacio periodontoblástico.** El espacio periodontoblástico se interpone entre la pared del túbulo y el proceso odontoblástico. Este espacio que contiene líquido tisular de composición similar al plasma³¹ y algunos componentes orgánicos , tales como fibras colágenas , ocupa el 22% del volumen total de la dentina³². Cuando por diferentes causa se pierde esmalte o cemento, se establece un movimiento de fluido entre la cámara pulpar y la dentina^{33,34} , que tendrá importantes repercusiones clínicas, debido a los cambios hísticos que ocurren a este nivel.

El espacio periodontoblástico no siempre está bien definido, debiendo considerarse como un espacio virtual. El proceso odontoblástico y el material orgánico del espacio periodontoblástico constituyen los tejidos blandos de la dentina.

d-e) **Dentina peritubular e intertubular.** Las dentinas peritubular e intertubular se hallan mineralizadas. La primera rodea los túbulos y se caracteriza por su elevado contenido mineral, falta en la mayor parte de la porción pulpar de los dientes de recién erupción.

Después de proceder a su desmineralización, tan solo persiste una escasa cantidad de matriz orgánica, que según se cree, consta de algunas fibras colágenas que se continúan con las de la matriz intertubular. La dentina intertubular se localiza entre los túbulos de la dentina, en situación periférica con respecto a la peritubular, si está presente. Su matriz contiene abundante cantidad de colágeno.

La predentina es una capa de matriz no mineralizada de 10-20 μ de espesor que se localiza entre los odontoblastos y la dentina mineralizada. Su espesor permanece invariable durante toda la vida del diente, puesto que por un lado ésta predentina se va mineralizando, dando lugar a la *dentina secundaria*, pero al mismo tiempo los odontoblastos van generando más predentina, produciéndose una aposición constante durante toda la vida.

Dependiendo de la edad del paciente y de la profundidad de la dentina, la superficie dentinaria, puede consistir en proporciones muy variables de dentina intertubular y dentina peritubular³⁵. La dentina puede ser muy densa o muy porosa. Cerca de la unión amelodentinaria solamente el 1% de la superficie corresponde a túbulos. Cerca de la pulpa, los túbulos pueden comprender hasta el 22% de la superficie³³. Se cree que con la edad del diente disminuye el número de túbulos,

pero no se ha podido encontrar una diferencia significativa, sí se ha podido demostrar que con la edad la permeabilidad dentinaria disminuye debido a una pequeña obliteración de los túbulos a partir de un engrosamiento en la dentina peritubular³⁶.

Material Orgánico :

La mayor parte del material orgánico de la dentina está compuesto por colágeno y proteoglicanos .Las fibras de colágeno se localizan en la dentina intertubular en su mayoría, pero también se ha encontrado material orgánico en la dentina peritubular y en el espacio periodontoblástico, aunque no se ha encontrado en la forma habitual del colágeno. Sólo se ha encontrado colágeno tipo I en la dentina y en la predentina , en la pulpa, el colágeno encontrado es de tipo I y III, lo que hace suponer que el colágeno pulpar no es el precursor del colágeno de la dentina.

COMPOSICIÓN DEL COLÁGENO (tipo I)

AMINOÁCIDOS	GLICINA 33%
	PROLINA 12%
	ALANINA 12%
	HIDROXIPROLINA 9%
	14 AMINOÁCIDOS 34%

Como ya hemos comentado, gran parte del volumen de la dentina está ocupado por agua y material orgánico ³⁷, el grado de mineralización de la dentina aumenta con la edad ³⁸.

La relación entre los adhesivos dentales y la superficie de la dentina va a estar influenciada considerablemente por estas características.

La energía libre superficial es directamente proporcional al grado de mineralización de un tejido e inversamente proporcional al contenido de material orgánico. La capacidad de un líquido para mojar una superficie va a depender de la tensión superficial del líquido y de la energía libre superficial del tejido a mojar. Por éste motivo la dentina ofrece ciertas dificultades a la hora de su interacción con los adhesivos dentales .

Inervación de la dentina La dentina es sensible al tacto, calor, frío, alimentos dulces, etc. Se ha discutido mucho sobre el origen de estos posibles receptores, debido a la dificultad de demostrar la presencia de fibras nerviosas en los cortes histológicos. Las modernas investigaciones con microscopía electrónica han demostrado la existencia de fibras en el espacio periodontoblástico de la predentina, así como en la mayor parte de la porción pulpar de la dentina mineralizada. En cambio no se ha demostrado la presencia de estructuras nerviosas en la porción principal y periférica de la dentina, a pesar de la especial sensibilidad que posee.

Por lo tanto se ha sugerido la existencia de mecanismos de transmisión del dolor que no cursan por los nervios de ésta. Así la teoría hidrodinámica^{39, 40} de inducción del dolor se basa en el desplazamiento del contenido líquido de los túbulos, que estimularía las terminaciones nerviosas de la capa odontoblástica. Otra teoría se basa en la posible transmisión de dolor por parte del propio odontoblasto⁴¹, puesto que se ha sugerido que en algunas especies animales, el odontoblasto puede originarse a partir de células de la cresta neural²⁶. Sin embargo son pocos los resultados experimentales que apoyan esta teoría^{42,43}.

III. 1.1.b. HISTOLOGÍA DE LA PULPA

La pulpa es un tejido conjuntivo laxo, constituido aproximadamente por un 25% de material orgánico y un 75% de agua. La pulpa sufre un proceso de envejecimiento con aumento fibroso y disminución celular , contiene vasos sanguíneos y nervios.

Está rodeada por la dentina que le confiere una cavidad cerrada a excepción del foramen apical . La parte más periférica de la pulpa participa en la formación de la dentina, tanto durante la formación del diente como durante la vida de éste.

Las entidades estructurales de la pulpa son:

Células del tejido conjuntivo

Fibras

Sustancia Fundamental

1. Las células que predominan en el tejido pulpar son los **fibroblastos**. Se trata de células aplanadas con un núcleo oval, que pueden ser de forma estrellada y poseer largas prolongaciones. También se pueden encontrar células mesenquimatosas indiferenciadas, histiocitos y macrófagos especialmente en pulpas jóvenes, igualmente pueden encontrarse linfocitos, células plasmáticas y granulocitos eosinófilos. Los mastocitos no se hallan presentes en la pulpa normal

pero sí en los procesos inflamatorios como las pulpitis. No se encuentran células adiposas.

La estructura de las células de la pulpa varía según los estadios de desarrollo y función de ésta. No se han encontrado diferencias fundamentales en la ultraestructura de las células del tejido conjuntivo de la pulpa en comparación con las de otros lugares. Los fibroblastos contienen las organelas características de las células con una activa síntesis de proteínas, pero muchas de las células del tejido conjuntivo son inactivas y contienen escasas organelas, por lo que no pueden distinguirse de las células indiferenciadas.

Estudios histoquímicos indican la existencia de diferencias en la distribución de los componentes celulares, dependiendo del estadio de desarrollo y de la actividad metabólica. Por ejemplo la concentración de glucógeno aumenta al avanzar el desarrollo del diente y además los fibroblastos que lo contienen se localizan en la porción más central y apical de la pulpa, no encontrándose en la capa subodontoblástica. La interpretación de estas observaciones es difícil, se justifica pensando que existe una vía metabólica anaerobia, puesto que la presencia de glucógeno está en las zonas menos vascularizadas de la pulpa.

2. Las fibras son predominantemente **colágenas**, se ha demostrado la presencia de colágeno tipo I y III. Las fibras de colágeno no predominan en la pulpa joven si no que su número va aumentado con la edad, así como

consecuencia de diversas influencias externas. En las pulpas jóvenes solo se encuentra colágeno en relación con la formación de dentina y en la cápsula y paredes de los nervios y vasos sanguíneos. La parte apical contiene más fibras que el resto de la pulpa.

3. Sustancia fundamental, está compuesta por proteoglicanos y fibronectina.

Los glucosaminglicanos de los proteoglicanos predominan en la pulpa en desarrollo, pero son menos frecuentes en las pulpas ya formadas. Se ha demostrado la existencia de una elevada tasa metabólica en los glucosaminglicanos de la pulpa. En microscopía electrónica la sustancia fundamental se observa con aspecto electrolúcido, sin estructura y localizada entre las células.

La pulpa dental está vascularizada e inervada:

Vascularización de la pulpa dentaria: Las arteriolas y las vénulas penetran y salen de la pulpa a través de los orificios apicales, así como de cualquier conducto accesorio de la raíz. Las arteriolas se encuentran en una posición más periférica respecto a la pulpa que las vénulas. Las arteriolas finalizan en una densa red capilar, la cual es particularmente predominante en las regiones odontoblástica y subodontoblástica.

Se ha demostrado la existencia de anastomosis arteriovenosas y venovenosas, siendo frecuente la presencia de la triada arteria, vena y nervio. Los vasos de la pulpa presentan una pared muy delgada en relación a la luz del vaso, pudiendo presentar en los capilares una pared fenestrada.

En la pulpa se encuentra un líquido extracelular transparente que desempeña un papel importante en el sistema linfático de esta zona. Este líquido hístico contiene muchas menos proteínas que el plasma, generándose así un gradiente osmótico con éste. La presión del líquido hístico de la pulpa es de 20-30mm Hg²⁶.

El flujo sanguíneo de la pulpa se encuentra bajo control simpático adrenérgico, y puede ser afectado por la aplicación local de fármacos. Normalmente tiene lugar una fluctuación rítmica en la presión del tejido pulpar como respuesta a los latidos cardíacos, y durante un corto periodo de tiempo esa presión puede seguir a la arterial. Hay gran número de capilares en la capa subodontoblástica, aunque algunos no son funcionantes en condiciones normales. Por consiguiente un traumatismo local, del tipo que sea, puede desencadenar una reacción hiperémica, debido a que la hiperemia no requiere ninguna invaginación inicial de los capilares hacia el interior del tejido.

Inervación de la pulpa dental Los nervios siguen el curso de los vasos sanguíneos. Los vasos de la pulpa reciben la inervación de fibras nerviosas no

mielinizadas, procedentes del sistema nervioso autónomo, que intervienen en el control vasomotor.

La cantidad media de axones que penetran en un premolar humano es de 926⁴⁴, muchos de ellos carecen de mielina^{45,46}

Los nervios somáticos aferentes, mielinizados (fibras A) y sin mielinizar (fibras C) son los responsables de la función sensitiva dolorosa. Al parecer, las fibras sensitivas A intervienen de forma directa en la sensibilidad dentinaria, reaccionando ante estímulos como el fresado intenso o el secado con ráfagas de aire. Las fibras C sólo se activan cuando el estímulo doloroso alcanza la pulpa⁴⁷.

Los nervios se dividen en fibras de menor tamaño al alcanzar la periferia de la pulpa. En la región subodontoblástica se halla un denso plexo nervioso de RASCHKOW, a continuación los nervios pierden su vaina de mielina y más hacia la periferia aparecen como terminaciones nerviosas desnudas, las cuales se ponen en estrecho contacto con los odontoblastos y los procesos odontoblásticos. Según Byers⁴⁸, un axón puede inervar más de cien túbulos dentinarios. La densidad de la inervación es muy alta en la cara interna de la dentina coronal.

III.1.2 FISIOLÓGÍA PULPO-DENTINARIA

Dentina y Pulpa están en íntimo contacto físico y ambas forman una única estructura en cuanto al comportamiento fisiológico de ambos tejidos.

Durante la vida de un diente se producen cambios en la estructura y composición de la dentina y la pulpa, así como cambios en el tamaño y morfología de la cámara pulpar debido a la continua formación fisiológica de dentina llamada: **dentina secundaria**. Esta dentina secundaria se localiza en posición peripulpar y se puede apreciar una línea más oscura que separa la dentina primaria de la secundaria, debido a que los túbulos dentinarios cambian de dirección⁴⁹. Otro de los cambios fisiológicos que aparecen en la dentina es la obliteración de los túbulos dentinarios a partir de la calcificación de dentina peritubular dando lugar a la **dentina esclerótica**⁵⁰, también llamada esclerosis dentinaria, dentina transparente, esclerosis tubular, etc. Este proceso de hipercalcificación puede producirse como reacción a la caries y a la abrasión dental.

Dentina y pulpa se hallan en constante relación a través de los túbulos dentinarios, de los procesos odontoblásticos, del líquido hístico intratubular y de la presión intrapulpar. Así cuando la dentina sufre algún tipo de agresión la respuesta involucrará a ambos tejidos.

Los principales mecanismos de defensa del diente son⁵¹:

- Dolor
- Mineralización de la superficie dentinaria expuesta y de los túbulos dentinarios o hipercalcificación tubular
- Formación de dentina esclerótica
- Formación de dentina terciaria
- Inflamación pulpar

El complejo dentino-pulpar sufre una serie de procesos durante su envejecimiento de manera fisiológica, a los que se añaden otros procesos que se producen como respuesta a diferentes tipos de agresiones⁵², como por ejemplo caries, atricción, etc; en estos casos, podremos encontrar otro tipo de dentina llamado **dentina reparadora o terciaria**. La formación de dentina terciaria es un buen mecanismo defensivo, por ser una dentina de estructura más irregular y con menos número de túbulos que la dentina primaria o secundaria. Estas características le permiten en parte aislar a la pulpa de las agresiones externas, pero a la vez al disminuir la permeabilidad enmascara síntomas como la sensibilidad, que pueden alertar sobre posibles lesiones.

La formación de dentina terciaria sucede alrededor de dos a tres meses después de la agresión.

Los odontoblastos pueden lesionarse al sufrir una agresión por infección, alteración del aporte nutricional, o mecánicamente por aspiración hacia los túbulos. En la pulpa madura no existe epitelio que permita la diferenciación de nuevos

odontoblastos que formen dentina reparadora. El odontoblasto es una célula altamente diferenciada que no puede por su capacidad mitótica formar nuevos odontoblastos, son las células indiferenciadas de la “zona rica en células” de la pulpa, que sí tienen capacidad para diferenciarse, las encargadas de formar dentina reparadora⁴⁹.

A veces según el tipo de agresión y la importancia de ésta, el diente no es capaz de formar dentina reparadora y forma sólo colágeno no mineralizado, y en raras ocasiones se diferencian en osteoclastos, responsables de las reabsorciones radiculares externas.

A lo largo de la vida de un diente también aparecen cambios en la capa de odontoblastos, puesto que el espacio físico en el que están se reduce y por lo tanto se aglomeran formando una capa de 3 o 4 células de espesor⁴⁹, también disminuye la actividad nuclear y desaparecen los gránulos y el aspecto basófilo de los odontoblastos jóvenes.

Brännström⁵³ describe la formación de una fina película dos semanas después de la exposición de dentina, esta película estará formada a partir del fluido de los túbulos dentinarios y de la saliva.

Los procesos odontoblásticos están bañados por un líquido seroso, que a la vez, rellena los túbulos dentinarios cuando desaparecen estas prolongaciones, éste líquido continúa con el líquido extracelular del tejido pulpar^{42,43}. La pulpa mantiene una presión hidráulica intercelular de unos 24mm Hg (32,5 cm H₂O),

que hace fluir el líquido de los túbulos desde la pulpa hacia la unión dentina-esmalte cuando se elimina el esmalte⁵⁴.

La presión osmótica y la presión hidrostática externa pueden desplazar también el líquido acercándolo o alejándolo de la pulpa. El desplazamiento negativo o positivo de este líquido a través de los túbulos dentinarios expuestos puede afectar a los odontoblastos o a las terminaciones nerviosas pulpares. Estos efectos son la base de la teoría hidrodinámica de la hiperalgesia (Hipersensibilidad dentinaria)^{34,33,55,56}.

Cuando un odontólogo prepara una cavidad, se forma una capa de barrillo dentinario, esta capa ocluye en parte los túbulos dentinarios, reduciendo bastante la presión hidrostática. Al realizar un grabado ácido eliminamos esta capa de barro dentinario, desmineralizando también las aperturas tubulares. Los túbulos dentinarios establecen continuidad con el líquido pulpar para facilitar la difusión de las moléculas, tanto naturales como procedentes de los materiales, que entran y salen de la pulpa.

También podemos encontrar sensibilidad dentinaria e incluso dolor sin exposición de túbulos (ni salida del líquido dentinario), cuando el diente es sometido a agresiones térmicas, por expansión o contracción del volumen del líquido produciendo los mismos efectos hidrodinámicos⁴⁷, el calor puede incluso producir dolor antes de que el cambio de temperatura alcance el tejido pulpar.

III. 2. ACONDICIONADORES DENTINARIOS

Los grabadores dentinarios, también denominados acondicionadores, son productos que se aplican sobre el la dentina con el fin de conseguir microporosidades en su estructura y así facilitar la penetración de los adhesivos. También producirán un aumento de la energía libre superficial del diente facilitando la mojabilidad de los adhesivos dentales .

El acondicionador es el primer paso de los sistemas adhesivos. Como acondicionadores dentinarios podemos nombrar:Acido Etilen-diamino-tetracético (EDTA), ácido Nítrico y Oxalato de Aluminio, Hidroxietil-metacrilato (HEMA), ácido Maleíco , Dimetacrilato (DMA), ácido Cítrico, Cloruro Férrico , ácido Ortofosfórico, etc.

El resultado de la aplicación de estos ácidos sobre dentina variará en relación a la características del substrato y también con la concentración, mecanismo de acción, presentación y tiempo de aplicación de estos productos .

La aplicación de distintos ácidos grabadores en la dentina va a influir en el grado de desmineralización (dentina acondicionada) y específicamente en la morfología de ésta. Con el grabado dentinario se obtiene una apertura tubular que

es la responsable del aumento de la permeabilidad en la dentina acondicionada, según Hanse⁵⁷ y cols .

Holtan⁵⁸ y cols han estudiado la fuerza de unión de un mismo adhesivo aplicado sobre superficies de dentina acondicionadas con distintos ácidos, encontrado una mayor fuerza de unión con ácido ortofosfórico, seguido del ácido maleico y ácido oxálico.

Los trabajos realizados por Shimada⁵⁹ y cols también confirman estos resultados. Demuestran que las capas híbridas y los tags de resina, formados por los adhesivos, dependen más de las características del sustrato y de los acondicionadores usados que de las características del propio adhesivo. Estos trabajos demostraron que el ácido maleico no elimina totalmente el smear-layer.

Se atribuye⁶⁰ a los cambios químicos producidos en la dentina grabada, el mejor cierre y sellado de los materiales restauradores y adhesivos.

En la utilización clínica de los adhesivos de tercera generación no se aconsejaba el grabado dentinario con ácidos, sino que se aplicaban sustancias que alteraban o modificaban el smear-layer. Investigaciones⁶¹ sobre la adhesión a dentina "in vivo" de estos adhesivos, demuestran zonas de desprendimiento en la inter-fase adhesivo-dentina , no apreciándose una buena impregnación de resina y concluyendo que la preparación dentinaria es un paso básico previo a la aplicación de los adhesivos, para obtener una interfase íntegra. Otros trabajos⁶² encuentran una mayor sensibilidad postoperatoria en la utilización de sistemas

adhesivos que no eliminan totalmente el smear-layer, relacionando claramente el acondicionamiento dentinario con la formación de la capa híbrida.

La técnica del grabado no solo se aplica en operatoria dental sino que algunos autores la proponen también como preparación de la dentina intraradicular previa a la obturación endodóncica⁶³ con resinas, consiguiendo la limpieza y eliminación del smear-layer y la formación de capa híbrida y tags de resina en la dentina tubular radicular. Algunas investigaciones realizadas por Blair y cols⁶⁴ demuestran un mayor grosor de los tags de resina en el tercio coronal de los conductos, lo que podría explicarse por la mejor accesibilidad al trabajo clínico en esta zona del conducto.

La presentación clínica de los ácidos grabadores suele ser en forma de gel o bien en forma líquida, tanto una presentación como otra después del tiempo aconsejado de aplicación necesitan un lavado con abundante agua para la eliminación de todos los restos. Kanka⁶⁵ ha observado depósitos o restos de **oxalato de silice** en superficies de dentina grabadas con geles y lavadas con abundante agua. Estos restos suelen producir interferencias en la interfase adhesivo-dentina, no siendo muy aconsejables al impedir una perfecta difusión de los monómeros del adhesivo en dentina acondicionada.

Una vez lavadas las superficies grabadas, el siguiente paso clínico suele ser el secado de las mismas; aspecto sumamente importante para conseguir una adhesión correcta con los adhesivos monocomponentes.

La dentina grabada presenta una pérdida de calcio y fósforo en su estructura mineral, dejando las fibras de colágeno, libres para la penetración de los monómeros hidrófilos de los adhesivos. Estas fibras de colágeno deben mantenerse como una esponja para permitir la imprimación, el secado excesivo de la dentina puede colapsar estas fibras y así dar lugar, tras la aplicación del adhesivo, a una capa híbrida deficiente o incluso ausente. Por el contrario hay opiniones que defienden que estas fibras de colágeno mojadas no van a permitir un buen sellado y van a dar lugar a deficiencias en la interfase producida entre la dentina y el adhesivo.

Trabajos realizados por Tay y cols^{66,67,68} en los que se estudia la interfase dentina- adhesivo en superficies de dentina con distinto grado de humedad sobre las que se aplica un sistema adhesivo monocomponente, concluyen que la clara presencia de agua puede impedir una correcta penetración de los monómeros del adhesivo en la dentina mojada, dando lugar a la formación de miscelas y a la ausencia de una interfase íntegra. Es necesario secar muy suavemente la superficie de dentina grabada antes de la aplicación de adhesivos, pero sólo durante unos 3 segundos, así permitiremos que exista una dentina húmeda pero no mojada. El agua existente en esta dentina húmeda permitirá la difusión de los monómeros

miscibles en agua, favoreciendo la penetración de éstos, sobre todo en los adhesivos con base de acetona o alcohol . Este fenómeno se confirma con la presencia de una interfase íntegra entre el adhesivo y la dentina. Los monómeros miscibles en agua de los adhesivos son transportados por los disolventes de éstos . Cuando aplicamos una capa de adhesivo monocomponente es aconsejable, antes de polimerizar, realizar un secado ligero de esta superficie. Así, conseguiremos la evaporación del disolvente pero no la difusión de los monómeros adhesivos, según investigaciones realizadas por Walshaw⁶⁹. Estos monómeros han debido difundirse durante el tiempo de interacción entre el adhesivo y la superficie de la dentina acondicionada y ligeramente húmeda.

La necesidad de dentina húmeda para una correcta adhesión va a favor de la adhesión obtenida en condiciones reales y dientes vitales , tal y como confirman algunos estudios de Ferrari⁷⁰ y cols en los que ratifican la buena adaptación de los sistemas adhesivos a la dentina viva permitiendo la fácil penetración del adhesivo en la dentina tubular y en las conexiones intertubulares. Sin embargo, algunos trabajos realizados “ in vitro” por Plasmans⁷¹ sobre la fuerza de adhesión, y no sobre la morfología, encuentran una diferencia significativa según el grado de humedad y la temperatura ambiente en la que se realiza la técnica adhesiva.

Los estudios de adhesión normalmente se realizan en superficies de dentina no careadas, lo que crea grandes dudas acerca de la extrapolación clínica de estos

estudios . Trabajos realizados por Nakajima⁷² y colaboradores en los que intentan relacionar la fuerza de adhesión de distintos adhesivos con superficies de dentina careadas en las que se elimina el tejido careado y otras superficies sin caries no encontraron diferencias significativas entre las fuerzas de adhesión obtenidas en estas distintas superficies de dentina, no encontrando tampoco diferencias significativas entre la calidad de las capas híbridas, lo que ayuda a que pensemos en un mayor paralelismo entre las situaciones clínicas y las de investigación.

En adhesivos monocomponentes según Tay⁷³ hay tres condiciones que podemos considerar básicas para una correcta adhesión:

1. Acondicionamiento dentinario perfecto, con fibras de colágeno no colapsadas que permitan el paso de los adhesivos.
2. Completa evaporación del agua existente en la dentina por los disolventes de los adhesivos.
3. Correcta polimerización de los monómeros de los adhesivos en el interior de la dentina.

Algunos estudios llevados a cabo por Perdigao⁷⁴ y colaboradores en dentina humana viva grabada demuestran, que todos los adhesivos estudiados, en la interfase con la dentina, presentaban la formación de capa híbrida y de tags de resina. Estas capas híbridas presentaban algunos defectos en su extensión mostrándose en algunas zonas desprendimientos de la dentina debido a la

presencia de burbujas de aire y falta de polimerización de los adhesivos. También observaron que el espesor de las capas formadas por los adhesivos no siempre eran iguales, permitiendo en algunas ocasiones la presencia de resina compuesta en el interior de los túbulos dentinarios.

Otros investigadores⁷⁵ consideran poco crítico el acondicionamiento dentinario para la eficacia de algunos sistemas adhesivos, siempre que el grabado dentinario permita la penetración de los monómeros del adhesivo en el colágeno.

Algunas investigaciones⁷⁶ llevadas a cabo sobre el grabado dentinario con ácido ortofosfórico sugieren que éste, desnaturaliza el colágeno en exceso formando canales que dificultan la penetración de los monómeros del adhesivo. Sin embargo, otros trabajos⁷⁷ aconsejan el ácido ortofosfórico para grabar esmalte y dentina, encontrando una capa híbrida en dentina de 10 micras y un patrón de grabado en esmalte correcto cuando se aplica al 20%, durante 20 segundos.

Hay grandes diferencias entre estudios realizados por distintos investigadores en cuanto a las características químicas de las superficies dentinarias grabadas, lo cual se atribuye⁶⁰ a la gran variabilidad en la constitución química natural de este tejido en diferentes zonas del mismo.

Los adhesivos monocomponentes se adhieren a la porción orgánica e inorgánica de la dentina, desarrollando uniones con el calcio y el colágeno en la superficie de la dentina grabada. Esta superficie de dentina grabada ha perdido

parte del calcio durante el proceso de grabado lo que crea opiniones contradictorias a cerca del beneficio de la eliminación del smear-layer con ácido que a su vez elimina calcio de la propia estructura de la dentina. Investigaciones realizadas en la Universidad de Tokyo por Tatsumi⁷⁸ demostraron que superficies de dentina grabada con ácido ortofosfórico al 40% se remineralizaban completamente después de cuatro meses.

El grado de desmineralización obtenido en las superficies de dentina grabadas aumenta al incrementar el tiempo de grabado, manteniendo una relación logarítmica entre ambos parámetros, según Uno y cols⁷⁵. Sin embargo, el grado de desmineralización también variará según la concentración molar del ácido, tal como sugieren las investigaciones de Camps⁷⁹ y colaboradores, en las que demuestra que con sólo 15 segundos de grabado con ácido maleico entre 0.25 M y 0,50 M se obtuvo el máximo de permeabilidad dentinaria no consiguiendo aumentar la permeabilidad dentinaria ni la mayor eliminación de smear-layer al aumentar el tiempo de grabado hasta 30 segundos.

Estudios realizados por Carvalho y colaboradores⁸⁰ intentan comprobar si existe una disminución volumétrica en discos de dentina sometidos a descalcificación con 10% de ácido cítrico y 3% de cloruro férrico. La disminución volumétrica obtenida en los discos descalcificados no fue significativa cuando los discos estaban húmedos. Pero esta diferencia de volumen, aumentaba considerablemente cuando los discos fueron secados rigurosamente

con jeringa de aire. Esta disminución volumétrica fue recuperada cuando los discos se sumergían en agua o cuando eran impregnados de 100%HEMA o 100% etilenglicol, lo que nos puede dar una idea a cerca de los cambios volumétricos microscópicos producidos en las superficies grabadas y secadas en exceso.

Algunos trabajos realizados por Arends⁸¹ demuestran que el grado de apertura tubular va a ir disminuyendo conforme pasan días de la desmineralización, el diámetro tubular inmediato al grabado es de 2.5 +/-0.3. Pasadas dos y tres semanas el diámetro disminuye a 2.2 +/-0.3 y 1.7 +/- 0.2 respectivamente. Este hecho puede ser importante para explicar los fenómenos de permeabilidad e hipersensibilidad dentinarias postoperatorias.

En estudios realizados por Eick y cols⁸² se han encontrado diferencias significativas en la distribución de los monómeros de adhesivos sobre distintas superficies de dentina acondicionadas con diferentes ácidos grabadores, dando una gran importancia al acondicionamiento dentinario, debido a que condiciona la tensión superficial de la dentina, encontrando una mejor infiltración del adhesivo en las superficies acondicionadas con ácido ortofosfórico.

Trabajos de Swift⁸³ en los que estudia la fuerza de adhesión obtenida por distintas superficies de dentina acondicionada con ácido maleico al 10%, ácido ortofosfórico al 35%, al 32%, al 10% y ácido ortofosfórico al 25% con oxalato de aluminio, concluye que las fuerzas de adhesión obtenidas fueron satisfactorias en todos los grupos. No hallaron diferencias significativas, a excepción del

grupo grabado con ácido ortofosfórico al 25% y oxalato de aluminio en el que se obtuvo una fuerza de adhesión de 5.2 Mpa, mucho menor que en el resto de grupos.

En otras investigaciones de Eick⁸⁴ en las que se estudia la difusión de un análogo del 2-Hidroxietil-Metacrilato (HETMA) en la dentina tratada con tres ácidos grabadores (Ácido nítrico, ácido cítrico y ácido maleico), se demuestra que existe un íntimo contacto del adhesivo con la dentina desmineralizada en los tres sistemas de acondicionadores, confirmándose una correcta difusión del HETMA en la zona desmineralizada de la superficie de dentina acondicionada con ácido cítrico y con ácido maleico, presentándose como una zona impermeable la dentina desmineralizada con ácido nítrico. En este trabajo también se estudió la difusión del HETMA en una superficie de dentina tratada con PENTA y HEMA, en ésta ocasión no se observó difusión del monómero en la dentina, no habiéndose eliminado todo el smear-layer y no observándose dentina desmineralizada y por lo tanto no se apreció capa híbrida ni la formación de tags de resina. La conclusión de estos estudios es que el pretratamiento ácido de la dentina favorece la difusión de los monómeros de los adhesivos y aumenta sustancialmente la fuerza de adhesión de los sistemas adhesivos.

Alguna de las últimas tendencias parecen dirigirse a la aplicación del grabado y del adhesivo en un mismo producto y a la previa eliminación del smear-layer

con otros métodos como pueden ser los ultrasonidos combinados con la aplicación de una pasta de hidroxiapatita. Estas técnicas se están evaluando y hoy en día no son de aplicación clínica.

Nakabayashi⁸⁵ ha realizado un estudio en el que aplicaba una solución acuosa de 20P-30H ,(20% Acido 2-Metacriloxietil fenil fosfórico y 30% 2-Hidroxietil metacrilato), durante 30 o 60 segundos sobre dentina no grabada en la que había eliminado el smear-layer con métodos mecánicos. La fuerza de adhesión obtenida entre la dentina y esta solución 20P-30H fue de 10 Mpa, no encontrando diferencias significativas en relación al tiempo de aplicación. Las capas híbridas que obtuvo variaban entre 2.1 +/- 0.3 micras para el grupo de 30 segundos y de 4.1 +/- 0.2 para el grupo de 60 segundos. Las capas híbridas observadas bajo microscopio electrónico de transmisión y superficie, demostraban una resistencia de los adhesivos al ácido clorhídrico y al cloruro sódico. Según esta investigación tanto la morfología como la fuerza de adhesión serían satisfactorias sin necesidad de realizar un grabado dentinario que provocase una gran descalcificación.

III. 3.ADHESIÓN – ADHESIVOS

III.3.1. ADHESIÓN

- **ADHESIÓN CONCEPTOS GENERALES**

La adhesión se define como: “Acción de pegar una cosa con otra”⁸⁶.

Los principios de la adherencia se conocen desde hace mucho tiempo , sin embargo , la unión duradera entre el material de obturación y el soporte dentario sigue siendo un objetivo por alcanzar⁸⁷.

Los procedimientos adhesivos tuvieron inmediatamente a su aparición grandes defensores, puesto que la odontología adhesiva presenta una serie de ventajas sobre la odontología clásica, comparando los conceptos de tallado y preparación cavitaria expuestos por Black,⁸⁸ y que se resumen en seis reglas para la preparación y diseño cavitario de características retentivas:

1-Apertura de la cavidad

2-Remoción de la dentina careada

3-Delimitación de contornos

4-Tallado de la cavidad

5-Extensión preventiva

6-Limpieza de la cavidad

La aplicación de estas reglas conlleva el sacrificio de tejido dental sano, aunque clínicamente eran un éxito funcional, estéticamente no son aceptables. Cuando se utiliza una técnica adhesiva se debe tan solo eliminar el tejido dental careado, siendo mucho más conservadores con la estructura dental, lo que no significa que no debamos tener en cuenta las reglas de preparación cavitarias convencionales.

La adhesión a los tejidos dentales puede ser de tres tipos⁸⁷:

1. Adherencia Física.

En la adherencia física intervienen las uniones moleculares, conocidas como fuerzas de Van der Waals. La adherencia física se basa en el fenómeno de la impregnación del sustrato por el material.

La impregnación depende de la energía libre de superficie, que debe ser muy elevada en el diente, y de la tensión superficial del adhesivo, que debe ser baja.

Esta unión es incapaz, por si misma ,de perdurar en el tiempo, ya que se degrada por la penetración de agua en la interfase, por lo que es necesario añadir a esta unión, enlaces primarios o retención mecánica.

2. Adherencia Mecánica.

Se produce por la penetración del material en las irregularidades de la superficie. En este principio se fundamenta la técnica descrita por Buonocore⁹, en 1955 basada en los efectos del grabado ácido del esmalte.

3. Adherencia Química.

La adherencia química es la adherencia ideal , es de tipo primario y se puede realizar mediante enlaces iónicos o covalentes.

El enlace iónico corresponde a la transferencia de un electrón de un átomo a otro, cuando dos átomos en contanto tienen electronegatividades muy diferentes.

En el enlace covalente se comparten una o varias parejas de electrones a nivel de la capa electrónica de valencia.

Los puentes de hidrógeno se consideran un punto intermedio entre los enlaces químicos y físicos.

- **ADHESIÓN A DENTINA**

La estructura del esmalte y de la dentina son notablemente diferentes²⁶ El esmalte es acelular y fundamentalmente está compuesto por hidroxiapatita en un 98% de su volumen. La dentina por contra, presenta un alto componente orgánico, principalmente colágeno tipo I, y una estructura tubular la cual comunica con la pulpa a través del proceso odontoblástico y del fluido dentinario⁸⁹. Ello ha hecho que la adhesión a dentina sea un objetivo difícil de alcanzar.

Los primeros agentes adhesivos eran resinas BIS-GMA sin carga inorgánica, estas resinas son hidrofóbicas por lo que no pueden extenderse bien en superficies húmedas. Esta dificultad era superada en el esmalte gracias al secado riguroso de su superficie⁹⁰, pero en la dentina, debido a sus características histológicas, determinaron el fracaso de estos agentes adhesivos.

En la evolución de los sistemas adhesivos se observa la transformación de los agentes adhesivos incluyendo resinas hidrofílicas para poder mejorar la adhesión a la dentina más o menos húmeda.

Nosotros explicaremos la adhesión a dentina partiendo de la morfología de la dentina grabada, y ésta nos proporcionará unas posibilidades de adhesión mecánica, física y química.

La adhesión a la dentina está basada en la unión de los monómeros de los adhesivos con las fibras de colágeno de la dentina acondicionada, dando lugar a una zona de interdifusión llamada **capa híbrida** y descrita por primera vez por Wang y Nakabayashi⁹¹. También se obtienen uniones entre el adhesivo e iones de **calcio** de la dentina. Asimismo conseguiremos una red de retención mecánica a través de la difusión de la resina por los túbulos dentinarios abiertos dando lugar tras su polimerización a los **tags de resina** en la dentina tubular y de los **microtags** de resina en la dentina intertubular. Así llegamos al concepto actual de adhesión dentinaria **físico-químico-mecánica**

Para que se produzca el fenómeno de adhesión **físico-químico-mecánica** es necesario que se den dos circunstancias⁹². :

1.- Que la dentina tenga alta energía superficial, lo que se consigue con el acondicionamiento previo.

2.- Que los agentes adhesivos tengan baja tensión superficial para que mojen perfectamente las superficies de las que se espera la adhesión, Esto sólo lo conseguiremos utilizando resinas hidrofílicas.

Según Nakabayashi y cols, para la formación de la capa híbrida son necesarias las siguientes condiciones⁹³:

1. Los péptidos dentinarios, incluyendo el colágeno, no deben desnaturalizarse cuando la dentina se descalcifica.

2. La resina adhesiva debe incluir monómeros o grupos hidrofílicos e hidrofóbicos que puedan penetrar la dentina y combinarse con ella.

3. El catalizador debe permitir la polimerización en presencia de agua y oxígeno.

Si el grabado ácido dentinario es demasiado fuerte puede exponer el colágeno por debajo de la capa híbrida, dejando una zona de dentina débil que es susceptible de degradarse a corto plazo.⁹⁴

Según González y cols⁹⁵ la adhesión a dentina intertubular a través de la formación de la capa híbrida se debe a la presencia de resinas hidrofílicas en el adhesivo, ya que las hidrofóbicas tienen una menor capacidad de difusión que las hidrofílicas, lo que se demuestra en estudios morfológicos de adhesión⁹⁵ en los cuales se observa ausencia de comunicaciones entre tags y un estrechamiento de la zona inicial del tag en preparaciones realizadas con resinas hidrofóbicas. Por contra en las resinas hidrofílicas encontramos una red de comunicaciones entre los tags de resina que viene reforzada por la total adaptación a la dentina tubular del inicio del tag, taponando herméticamente los túbulos dentinales y por tanto impidiendo el movimiento del fluido y la penetración de toxinas hacia la pulpa, con la posterior sensibilidad postoperatoria.

Según Erickson²², una alta fuerza de adhesión de los adhesivos dentinarios no nos garantiza una adhesión correcta puesto que ésta va a verse importantemente

afectada por la técnica clínica realizada, por la calidad de la fotopolimerización y por la capacidad de contracción del material utilizado.

La fuerza de adhesión, de los adhesivos, según Passhley ⁹⁶, va a depender de:

- 1.- las características físico-químicas del substrato dentinario
- 2.- las características físico-químicas de los distintos adhesivos
- 3.-la cantidad de la superficie de adhesión.

Por otro lado, existe una controversia sobre si el comportamiento de los adhesivos en ensayos “in vitro” es extrapolable a las condiciones clínicas orales. Prati ⁹⁷ y cols encuentran menor adhesión en la utilización clínica de los adhesivos. Finger ⁹⁸ observa una falta de correlación entre el éxito experimental y la duración clínica a largo plazo de los sistemas adhesivos, debido a que la mayoría de investigaciones “in vitro” no tienen en cuenta una serie de factores como son la presión intrapulpar positiva, humidificación del substrato adhesivo por el fluido dentinal, influencia de la temperatura basal en el proceso adhesivo y permeabilidad dentinaria relacionada sobre todo con la altura del suelo cavitario.

Algunos trabajos realizados “in vivo” e “in vitro” demuestran que el grosor y la longitud de los tags de resina varían según las condiciones de aplicación siendo de mayor longitud y mejor diámetro en las muestras realizadas “in vitro” ⁹⁹. El sellado realizado por los tags de resina en los túbulos dentinales es el responsable de la protección pulpar y de la falta de sensibilidad postoperatoria. Sin

embargo los nuevos sistemas adhesivos se desarrollan mejor con un cierto grado de humedad, lo que pueden favorecer la extrapolación de los resultados experimentales a la clínica.

Investigaciones realizadas por Kanka¹⁰⁰ sobre la adhesión a substratos húmedos ponen de manifiesto que un grado de humedad es favorable para la adhesión de los nuevos sistemas adhesivos. Sus resultados pusieron de manifiesto que la fuerza de adhesión entre la resina y la dentina excedía la resistencia cohesiva de la propia dentina. Estos resultados son alentadores sobre la utilización “in vivo” de los sistemas adhesivos debido a la humedad de la dentina vital.

Otro factor muy importante en la adhesión dental es la rigurosidad en la técnica utilizada. Es muy importante seguir las instrucciones dadas por los fabricantes. Estudios llevados a cabo por Burrow¹⁰¹ y colaboradores demuestran que la fuerza de adhesión es mayor, por lo menos a corto plazo, cuando hemos utilizado sistemas adhesivos con una rigurosa aplicación de la técnica. Clínicamente estos estudios no tienen un significado, en cuanto a la longevidad de las restauraciones

Otras investigaciones¹⁰² demuestran que la fuerza de adhesión al cizallamiento no se afecta por el termociclado de las muestras y que la presencia de gaps tanto en esmalte como dentina fueron iguales para muestras que estaban en agua a 37°C durante 15 minutos o durante 24 horas. Los fracasos de adhesión

obtenidos fueron por fractura cohesiva. Se obtuvo la formación de capa híbrida y el patrón de grabado fue profundo y regular.

Diferentes trabajos¹⁰³ que demuestran que la fuerza de adhesión es mayor después de una semana de realizada la obturación que en los valores obtenidos inmediatos a la obturación.

III.3.2. ADHESIVO

Los adhesivos dentales son sustancias químicas utilizadas con el fin de unir las obturaciones a la estructura dental.

Con el fin de simplificar la técnica clínica la industria intenta obtener un producto igualmente eficaz para la adhesión a esmalte y dentina.

Los primeros que se dispusieron eran únicamente para aplicación en esmalte, posteriormente aparecieron los adhesivos a dentina que clásicamente se clasifican en:

- Adhesión al componente orgánico dentinario

- Adhesión al componente inorgánico dentinario.

Los adhesivos deben dar unas fuerzas de unión superiores a 17 Mpa, puesto que la contracción de polimerización de los composites ejercerá esa fuerza negativa sobre los adhesivos. En el esmalte, son capaces de dar una fuerza de unión superior a 20 Mpa, pero en la dentina es más difícil, produciéndose una brecha, entre la dentina y el adhesivo, que favorecerá la microfiltración.¹⁰⁴

Los adhesivos dentinarios pueden unirse a la porción orgánica o inorgánica de la dentina según su composición química .

Los adhesivos que se unen a la **porción orgánica** son aquellos que se unen al colágeno mediante los grupos amino, amido hidroxilo y carboxilo. Diferenciaremos tres grupos:

ácidos clorados y anhídridos

isocianatos

aldheídos

1.-Los **ácido clorados y anhídridos** también pueden unirse al calcio de la dentina (componente inorgánico), pero la fuerza de unión conseguida es muy pequeña. Su mayor problema es que pueden sufrir hidrólisis, lo que degradaría las uniones establecidas.

2.-Los **isocianatos** se unen a los grupos hidroxilo del colágeno y a la hidroxiapatita teniendo también gran afinidad por los grupos hidroxilos del agua. No se unen a la porción inorgánica de la dentina¹⁰⁵ y su fuerza de unión es de unos 4 Mpa.

3.- Los **aldheídos** Para evitar el problema de degradación de la adhesión por el agua se desarrollaron los aldheídos. De la mezcla de aldheídos alifáticos, propiólicos y glutaraldheído se obtuvieron adhesivos¹⁰⁶ con fuerzas de unión alrededor de 18 Mpa. El hidroxietilmetacrilato (HEMA) es una de las bases de

adhesivos pertenecientes a este grupo con el que se obtienen unas fuerzas de unión aceptables.

La adhesión a la **porción inorgánica** estará basada en la unión al calcio y esta puede ser de dos tipos :

- *-Esteres clorofosforados del Bis-GMA*
- *-Quelación con el calcio*

- Los **ésteres clorofosforados** pueden unirse a la porción orgánica a través de la atracción del cloro por los componentes orgánicos de la dentina , También se producen intercambios entre el fósforo y el calcio, y el cloro cargado negativamente es atraído por el calcio cargado positivamente.
- La unión a la dentina a través de la **quelación con el calcio** fué iniciada por Bowen en 1970. Se han desarrollado distintos productos como el NPG-GMA (N-Piroglicina glicidilmetacrilato) , el 4-META (4-Metacriloxietil trimetacrilato) y el PMDM (Piromelítico Dietilmetacrilato) . La fuerza de adhesión se incrementa si se mezclan dos de estos productos .

Todas estas características de los adhesivos en cuanto a la unión a la dentina vendrán fundamentalmente dadas por el grado de mojabilidad del adhesivo. Si la tensión superficial de éste es muy alta, las moléculas podrán difícilmente intercambiar iones con la dentina, tanto en la porción orgánica como en la inorgánica.

Por otro lado, la dentina debe ser permeable y porosa para permitir la penetración del adhesivo. Sólo de esta forma, podemos obtener una adhesión físico-químico-mecánica. Es muy difícil saber que parte de la adhesión depende del intercambio iónico-molecular y cual de la retención micromecánica¹⁰

La investigación sobre los adhesivos dentales, a esmalte y a dentina, ha sido muy intensa desde su inicio puesto que aún no se ha logrado una unión duradera entre el material y el soporte dentario⁸⁷ Los adhesivos dentales han sido clasificados por generaciones, que corresponden a la evolución en el tiempo de las diferentes investigaciones y avances químicos. Actualmente se conocen seis generaciones de adhesivos.

La primera generación de adhesivos necesitaba el grabado ácido del esmalte y estaba compuesta por una resina hidrofóbica que se unía física y mecánicamente al esmalte grabado. Solo se comercializó un adhesivo de 1ª generación: Cosmic Bond (DeTrey, Ing)¹⁰⁷

La segunda generación de adhesivos conseguía teóricamente adhesión a esmalte y a dentina. Solo se aconsejaba el grabado con ácido del esmalte. Tenían como inconveniente el largo tiempo de aplicación clínica necesario para su utilización. A este grupo de adhesivos pertenecen: el Prisma Universal Bond (LD Caulk Co., Milford, D E, USA) y el Scotchbond Dual Cure (3M Dental Products Division, St. Paul, M N, USA). Estos adhesivos estaban indicados en aquellas cavidades donde había gran cantidad de dentina expuesta¹⁰⁸, debido a que se unían a la capa de Smear-layer.

AL realizar cavidades o tallados en dentina (como ya hemos comentado) se genera una superficie de dentina cubierta de una capa descrita por el Dr. David Eick en 1970, el barrillo dentinario o smear-layer, que está ligemente unida a la dentina⁷.

Las investigaciones realizadas sobre los adhesivos de 2ª generación dan como resultados una buena unión al esmalte grabado pero la unión a dentina es muy débil¹⁰⁹. La fuerza de adhesión en la dentina de estos adhesivos venía dada por la unión entre el adhesivo y el Smear-Layer, unión que se basaba en débiles enlaces con el calcio, resultando muy frágil.

Gran parte de las investigaciones se han enfocado hacia el estudio y la importancia de la capa de smear-layer. Se ha descrito que está compuesta por restos celulares, colágeno, calcio, bacterias y diferentes detritus.

Los adhesivos de 3ª y 4ª generación desarrollaron la unión a dentina dando distinto tratamiento a esta capa de barro dentinario; así hay adhesivos que modificarán esta capa a la que posteriormente se unirán y otros adhesivos la eliminarán uniéndose después a la dentina expuesta.^{110,111,112}

La dentina por sus características morfológicas e histológicas necesita para la adhesión resinas hidrofílicas, puesto que por el interior de los túbulos circula el líquido dentinario y éste repele las resinas hidrofóbicas.

El primer adhesivo del mercado no tenía resinas hidrofílicas solo hidrofóbicas por eso su adhesión se limitaba al esmalte.

Desde la segunda generación los adhesivos ya incorporan ambas resinas, pero venían presentadas en dos componentes distintos con aplicaciones por separado. Las resinas hidrofílicas vendrían presentadas en los “primers” y las hidrofóbicas en los “bondings”, entendiéndose como adhesivo la conjunción del primer y el bonding.

La segunda generación de adhesivos necesitaban la presencia del smear-layer intacto, estaban constituidos por resinas hidrofóbicas, eran ésteres fosfatos de Bis-GMA que se unen al calcio o ureatos, isocianatos que forman uniones covalentes con grupos hidroxil de las fases orgánicas e inorgánicas de la dentina y el smear. El resultado de estos adhesivos resultó muy desalentador, solo son útiles utilizados sobre esmalte grabado.

La tercera generación de adhesivos requería la eliminación, disolución, modificación o sustitución del smear, se caracterizaban por tener resinas hidrofílicas como el 4-META, el HEMA o el PMDM capaces de penetrar en los tubulillos dentinarios a pesar de la humedad. La unión a dentina se producía por uniones al calcio y al colágeno, además existía una unión mecánica por la penetración de resina en los túbulos dentinales, unión que variará mucho dependiendo del tratamiento del smear. Las resinas hidrofílicas no crean grosor, por eso es necesario aplicar también resinas hidrofóbicas como el Bis-GMA.

Las generaciones de adhesivos no tienen una clasificación fácil puesto que algunas casas comerciales han variado mucho las características de los que podemos considerar adhesivos de 2^a, 3^a y 4^a generación, teniendo dentro de cada generación adhesivos con conceptos y componentes muy diferentes.

Dentro de los adhesivos de segunda generación tenemos: Scotchbond (3M) y el Prisma Universal Bond 1 (Caulk).

Dentro de la tercera generación encontramos: Scotchbond 2 (3M), Prisma Universal Bond 2, X-R Bond System (Ker), Syntac (Ivoclar), Pertac (Espe), New Mirage Bond (Chameleon), Tenure (Dennat), All-bond 2 (Bisco), Gluma (Bayer), Clearfil (Kuraray), Denthesive (Kulzer).

Como promotores de adhesión en esta generación llaman la atención: HEMA, Glutaraldehído, Fosfonato, PMDM, TEGDMA, UDMA, NTG-GMA, BPDM

Posteriormente se evolucionó a los adhesivos de cuarta generación en los que destaca la formación de “**Capa Híbrida**”, formada por la unión de material restaurador a la estructura dental mediante un pretratamiento de la dentina con ácidos, a veces menos agresivos que los de tercera generación.^{113,114,115}

Dentro del grupo de cuarta generación podemos destacar el Gluma 2000 (Bayer AG, Alemania), Prisma Universal Bond 3 · (LD Caulk), Scotchbond Multiadhesión (3M) .

La evolución de **quinta, sexta y séptima generación** ha sido muy rápida en el tiempo y hay casas comerciales que sólo han producido hasta la sexta generación por ejemplo 3M que desarrolló Scotchbond Multiadesión Plus , como quinta generación , y el Scotchbond 1 como sexta generación.

Los adhesivos de quinta generación ya desarrollaban una adhesión a la dentina orgánica e inorgánica , eran adhesivos de dos componentes es decir **primer** y **bonding** , aplicando el primer en dentina y el bonding en esmalte y dentina.

El tratamiento de esmalte y dentina, previo a la adhesión, comenzaba a dar lugar a distintas opiniones, Así había investigadores que defendían el grabado total (de esmalte y dentina) con el mismo ácido y otros defendían el aplicar ácidos más débiles en dentina debido a una posible toxicidad pulpar de éstos ácidos .

La evolución de los adhesivos y la popularidad de éstos en el uso clínico ha llevado a los investigadores a desarrollar lo que actualmente consideramos como últimos sistemas adhesivos. Los adhesivos de última generación son llamados también adhesivos de un solo paso o **adhesivos monocomponentes**, puesto que ambas resinas pueden mezclarse y presentarse en un solo bote para su aplicación sobre esmalte y dentina. Estos adhesivos se aconseja aplicarlos sobre dentina y esmalte grabado con ácidos, generalmente son adhesivos muy fluidos con bases de acetona, agua o alcohol, pretendiendo que se sientan atraídos por una dentina “húmeda” y favorezcan la penetración de los monómeros en la dentina intertubular y tubular. Este nuevo concepto de adhesión a dentina húmeda ha dado lugar a gran controversia y algunos investigadores tienen opiniones contradictorias a cerca del secado dental post-grabado.

La dentina grabada presenta una pérdida de calcio y fósforo en su estructura mineral, dejando las fibras de colágeno, entre las que se ubican estos iones libres para la penetración de los monómeros hidrófilos de los adhesivos. Estas fibras de colágeno deben mantenerse como una esponja para permitir la imprimación, el secado excesivo de la dentina puede colapsar éstas fibras y así dar lugar, tras la aplicación del adhesivo, a una capa híbrida deficiente o incluso ausente. Por contra hay opiniones que defienden que estas fibras de colágeno mojadas no van a permitir un buen sellado y van a dar lugar a deficiencias en la interfase producida entre la dentina y el adhesivo.

Dentro de la compleja y variada composición de los adhesivos monocomponentes debemos añadir las diferentes bases de los mismos:

Clasificación de los adhesivos según el solvente o base:

1.- Los adhesivos con base de **acetona** producen una evaporación del agua dentinaria favoreciendo la penetración del adhesivo. Algunos de los adhesivos pertenecientes a este grupo son el PRIME&BOND 2.0 (Dentsply), PRIME&BOND 2.1 (Dentsply), PRIME&BOND NT (Dentsply) y el SYNTAC-SPRINT (Ivoclar).

2.- Otras casas comerciales han desarrollado una mezcla de **agua y acetona** como base de su adhesivo, este es el caso por ejemplo de ONE-STEP (Bisco). La proporción de agua y acetona no es facilitada por el fabricante.

3.- El SYNTAC- SINGLE componente (Ivoclar) tiene como base **el agua**, siendo una solución solamente acuosa los fabricantes defienden que al aplicarse sobre un substrato húmedo los monómeros fluirán con más facilidad.

4.- En solución de **alcohol** tenemos el SCOTCHBOND 1 (3M) y el OPTIBOND SOLO (Kerr). Este último presenta además, en su composición, carga inorgánica.

Todos estos adhesivos son fotopolimerizables, y es necesario aplicar dos capas debido a que forman una capa sumamente delgada sobre la superficie de dentina. Tras la aplicación de la 1ª capa es necesario esperar alrededor de 20 segundos; después, se aconseja realizar un secado muy ligero y la

fotopolimerización de esta 1ª capa. Este paso es sumamente importante puesto que la presencia de monómeros no polimerizados dará lugar a una degradación de la adhesión. Después se aplicará la segunda capa y seguidamente el material restaurador seleccionado.

Estudios realizados por Hayakawa y cols¹¹⁶ que comparan la fuerza de adhesión de adhesivos monocomponentes con base acuosa en comparación con adhesivos que no eliminan el smear-layer dan como resultado una mayor fuerza de unión en los monocomponentes, creándose una capas híbridas de 1 a 5 micras.

Investigaciones realizadas con microscopia confocal¹¹⁷ y dirigidas al estudio de la penetración dentinaria de sistemas adhesivos monocomponentes y de dos componentes, demuestran una mayor penetración en la dentina de los sistemas monocomponentes, con una profundidad de tags de resina de 150 micras y una constante penetración de la resina en los conductos laterales de los túbulos dentinarios y en la capa híbrida.

Los adhesivos monocomponentes penetran fácilmente en la dentina grabada, sellando los túbulos y creando capas híbridas, mejorando el sellado marginal y por lo tanto mejorando la sensibilidad dental postoperatoria, la inflamación pulpar y la caries secundaria según los trabajos realizados por Goracci¹¹⁸ y cols.

La gran mayoría de adhesivos no llevan carga inorgánica, *Optibond Solo* es un adhesivo monocomponente con base alcohólica que lleva partículas de carga inorgánica, como ya hemos comentado anteriormente. La presencia de partículas

en la interfase creada por estos adhesivos se cree no perjudica al sellado, según estudios realizados por Boghosian ¹¹⁹ y cols, resultando muy efectivos en obturaciones tipo V, dando un buen resultado clínico con notable disminución de la sensibilidad postoperatoria.

Otros trabajos realizados por Fortin y cols¹²⁰ y Mandras y cols¹²¹ sobre los primeros adhesivos con relleno, demuestran una excelente adaptación marginal “in vitro” y una retención clínicamente excelente.

Los adhesivos con relleno se han diseñado para proporcionar un alivio en las tensiones entre el diente y el material restaurador, sobre todo si la transición entre adhesivo y dentina es progresiva mecánicamente ¹²²

En la actualidad la casa Dentsply ha desarrollado un nuevo adhesivo con carga inorgánica llamado *Prime&Bond NT*. Teóricamente el tamaño de sus partículas es inferior a una micra por eso se denomina técnica de nanopartículas. Tanto el uso clínico como la investigación han de aclarar las ventajas o inconvenientes de esta nueva fórmula de adhesión. *Prime&Bond NT*, tiene una baja viscosidad a pesar de ser un adhesivo con relleno, esto se debe a la tecnología de nanopartículas, y por consiguiente, su penetración en las microporosidades del esmalte parece no comprometer las fuerzas de adhesión a esmalte, ya que los valores tienen los mismos niveles comparados con resinas adhesivas monocomponentes sin relleno como *Prime&Bond 2.1* (Dentsply) y *One-Step* (Bisco). Siendo el relleno capaz de penetrar en los túbulos dentinarios y canales

laterales, se puede extrapolar que las nanopartículas pueden incluso penetrar en las áreas interprismáticas del esmalte.¹²³

Algunos trabajos clínicos¹²⁴ concluyen que los adhesivos monocomponentes dan un buen resultado clínico cuando son aplicados en el sector posterior no encontrando diferencias significativas en el tamaño de la obturación ni entre obturaciones de molares o premolares.

Las últimas investigaciones¹²⁵ llevadas a cabo sobre la fuerza de adhesión obtenida con UDMA/HEMA en distintas proporciones y en solución de acetona concluyen que estos monómeros hidrofílicos polimerizables en solución acetónica son unos candidatos ideales para la utilización de técnicas adhesivas a esmalte y dentina, obteniendo unas fuerzas de unión a dentina de 25.4 Mpa.

III.3.3.TABLAS DE ADHESIVOS

**SISTEMAS ADHESIVOS CON COMPLETA ELIMINACIÓN
DEL SMEAR-LAYER.**

Tabla n°1

PRODUCTO	GRABADOR	PRIMER	BONDING
All-Bond All-Etch Bisco	10% H ₃ PO ₄	2% NTG-GMA 16%BPDM	Bis-GMA UDMA/HEMA
All-Bond 2 All-Etch Bisco	10% H ₃ PO ₄	2% NTG-GMA 16%BPDM	Bis-GMA UDMA/HEMA
One-Stepp Bisco	37% H ₃ PO ₄		BPDM HEMA Bis-GMA Acetona/Agua
Exp Bonding Agent1 Bayer Dental	Oxalic acid Al (NO ₃) ₃ /G	----	Bis-GMA/HEMA/AA THF/Glutaraldehido
Exp Bonding Agent2 Bayer Dental	Oxalic acid Al (NO ₃) ₃ /G	---	Bis-GMA NMENMF/AA
Clearfil Liner Bond System Kuraray	10%ácid cítrico 20% Ca Cl ₂	3% NMSA	MDP
Exp. D/E Bonding System Coltene AG		Acid. Maleico/MA	Isocianato/MA
Denthesive Kulzer	EDTA	Di-HEMA-fosfat MMEM	Bis-GMA
Gluma Bayer Dental	17% EDTA	35% hema 5%Glutaraldehido	55%Bis-GMA 45% TEG-GMA
Mirage Bond Chameleon	2.5% HNO3/4%NPG	10% PMDM	
Restobond 3 Lee farmacéuticas	2.5% HNO3/4%NPG	10% PMDM	MA
Scotchbond 2 3M		55%HEMA 2.5% acid malei.	62.5%Bis-GMA 37.5%HEMA

PRODUCTO	GRABADOR	PRIMER	BONDING
ScotchbondMulti Pourpose 3M	10% Acid Maleico.	HEMA Vitrebond copolimero	Bis-GMA HEMA
Scotchbond 1 3M	37% Acid Ortofosfórico		HEMA Bis-GMA Copolímeros acid. Poliacrílico y piitacónoco Dimetacrilatos Etanol
Superlux Universalbond2 DMG		Acid maleico/MA	Bis-GMA
Syntac Vivadent		25%TEG-DMA,4% a. maleico 35%PEG-DMA, 5% glutaraldehido	60%Bis-GMA 40% PEG-DMA
Syntac Single Vivadent	37% H ₃ PO ₄		Acid. Maleico HEMA MMPAA Agua
Syntac Sprin Vivadent	37% H ₃ PO ₄		
Prime&Bond 2.0 Dentsply	36% H ₃ PO ₄		PENTA TGDMA Resinas Elastoméricas Acetona
Prime&Bond 2.1 Dentsply	36% H ₃ PO ₄		PENTA TGDMA Resinas Elastoméricas Hidrofluoruro Cetilami Acetona
Optibond Solo Keer	37.5% H ₃ PO ₄		GPDM HEMA Bis-GMA Hexafluorosilicato de sodio Dioxido de Silicato Etanol
Tenure Den-Mat	2.5%HNO ₃ 3.5% Al Oxalato	5%NTG-GMA 10%PMDM	Bis-GMA.

**SISTEMAS ADHESIVOS CON PARCIAL ELIMINACIÓN
DEL SMEAR-LAYER**

Tabla n°2

PRODUCTO GRABADOR PRIMER BONDING

Imperva Bond Shofu		HEMA/ 4-AETA	UDMA/4-EATA
J&J LC Dentin-Enamel BA Johnson&Johnson			Fosforic. Bis-GMA
XR-Bond Kerr		3.75% Fosfo. DMA	60%UDMA 30% Teg-DMA 10% Fosfo DMA.
Opti Bond F L Kerr		HEMA GPDM	Bis-GMA HEMA

**SISTEMAS ADHESIVOS CON PRESERVACIÓN O MODIFICACIÓN
DEL SMEAR-LAYER**

Tabla n°3

PRODUCTO	GRABADOR	PRIMER	BONDING
All-Bond Bisco	20% SA-HEMA	2% NTG-GMA 16% BPDM	Bis-GMA UDMA/HEMA
All-Bond 2 Bisco		2% NTG-GMA 16%BPDM	Bis-GMA UDMA/HEMA
Opt. Univ. Bonding Sistem. Jeneric/Pentron		Acido aminico Sulfanato sódico	Policarbonato DMA
Penta Bond II Jeneric/Pentron		Acido aminico Sulfanato sódico	Policarbonato DMA
Pertac Universal Bond Espe			MA/ Acid carboxilico
Prisma Univ. Bond 2 Caulk-Dentsply		30% HEMA 6% PENTA	50% UDMA 25% TEG-DMA 4.5% PENTA 0.5% Glutaraldheido
Prisma Univ. Bond 3 Caulk-Dentsply		30% HEMA 6% PENTA	50% UDMA 25% TEG-DMA 4.5% PENTA 0.5% Glutaraldheido
Probond Caulk-Dentsply		6%PENTA 75%Acetona 19%Etanol	56%UDMA 36% TEG-DMA 5%PENTA 0,7% Glutaraldheido
Tokuso light bond Tokuyama Soda			MCA-10
Tripton GC		0.1% poliexanido	70% TEG-DMA 15% UDMA 10%MPDM/4%aerosil

**COMPLETA FORMULA QUÍMICA DE LAS ABREVIACIONES
MENCIONADAS EN LAS TABLAS ANTERIORES**

Tabla nº4

AA	Acido acético
Bis-GMA	Bisfenol-glicil metacrilato
BPDM	Bifenil dimetacrilato
DMA	Dimetacrilato
EDTA	Acido etilen-diamino tetracético
G	Glicina
HEMA	Hidroxietil metacrilato
MA	Metacrilato
MAC-10	Acido 11-metacriloxietil-1 1-undecadecarboxilico
MDP	10-Metacrilixietil decil-dihidroxifosfato
MMA	Metilmetacrilato
MMEM	Mono-metacriloxietilmetacrilato
MPDM	Metacril propano diol monofosfato
NMENMF	N-metacriloxietil-N-metil formamida
NMSA	Acido 5-aminosilicflico-N- metacrilol
NPG	N-fenilglicina
NTG-GMA	N-tolilglicina-glicidil metacrilato
PEG-DMA	Polietilen glicol-dimetacrilato
PENTA	Ester fosfórico dipentaeritritol pentacrilato
PMDM	Piromellítico dietilmetacrilato
SA-HEMA	Succinil anhidro-hidroxietil metacrilato
TBB	Tri-n-butilborano
TEG-DMA	Trietileno glicol-dimetacrilato
TEG-GMA	Trietileno glicol-glicil metacrilato
THF	Tetrahidrofurano
UDMA	Dimetacrilato de uretano
4-AETA	Acido 4-acriloxietil trimérico
4-META	4-Metacriloxietil trimetacrilato

III.4.MATERIALES DE OBTURACIÓN

En el inicio de la odontología adhesiva la utilización de adhesivos dentales era seguida siempre de la aplicación de un **composite** como material de obturación de relleno, pero la evolución de la odontología adhesiva y la investigación de nuevos materiales nos permite poder utilizar diferentes tipos de material de relleno como son: amalgamas, compomeros, cerómeros y polímeros de vidrio.

Los **composites**^{10,54,87} constan de una fase orgánica (la matriz de polímeros acrílicos) y de una fase inorgánica (partículas de relleno mineral) Ambas fases están unidas química y micromecánicamente gracias al proceso de silanización de las partículas. Las propiedades físico-químicas de un composite se deben al tipo de resina, porcentaje de relleno inorgánico y tipo y tamaño de las partículas.

Los **composites** presentan una serie de problemas inherentes a sus características físico-químicas; especialmente la contracción que sufren durante la reacción de polimerización, lo que a veces lleva al fracaso restaurador, por lo que algunos autores¹²⁶ proponen otros métodos alternativos de restauración en el sector posterior

La adhesión lograda en dentina ha de ser lo suficientemente fuerte como para contrarrestar la contracción de polimerización de los composites. Van a influir distintos factores sobre la contracción de polimerización; entre ellos es muy importante el porcentaje de relleno que presenten. La contracción volumétrica libre de los composites al cabo de 24 horas es de alrededor del 3% para la mayoría de los materiales de microrrelleno e híbridos¹²⁷. Cuando hablamos de materiales fotopolimerizables, el 70% de esta contracción tiene lugar durante el primer minuto, mientras que en los autopolimerizables esto puede durar alrededor de 10 minutos. El grado de contracción, en un momento cualquiera, se relaciona con el porcentaje de polimerización y de enlaces cruzados del propio material y con las propiedades físicas que el material desarrolla durante el mismo periodo de tiempo. Sin embargo, cuando la capa de material es muy gruesa o se trata de materiales muy opacos la fotopolimerización puede verse afectada más allá de un determinado nivel, esto crea un gradiente que hace que el material tenga tendencia a polimerizar hacia el foco de luz, lo que hace aconsejable la aplicación del material restaurador por la técnica incremental.

Si el material restaurador es polimerizado en una cavidad en la cual se encuentre adherido a las paredes cavitarias, la dirección de contracción a la polimerización la ejercerá sobre la propia adhesión, es decir hacia las paredes cavitarias, siempre que las tensiones ejercidas por la masa de composite al polimerizar no sean mayores que la fuerza de adhesión, permitiendo entonces

que el material contraiga alejándose de las paredes cavitarias y dejando un poro. Cuando la adhesión es suficientemente fuerte estas tensiones son compensadas por la deformación elástica del material y por la deformación de las paredes cavitarias²².

Algunos investigadores⁹⁵ han encontrado en los adhesivos hidrofílicos zonas puntuales de despegamiento entre los composites y la resina líquida, hecho que se desconoce si es beneficioso o no, pero que se atribuye a una compensación de la fuerza de polimerización del composite, considerando que éste despegamiento permite el total sellado en la zona tubular de la dentina y la explicación de su buen comportamiento clínico.

Otro avance importante en adhesión se desarrolló entre los adhesivos de tercera y cuarta generación y fué el conseguir la unión de la estructura dental a metales a través de algunos componentes de los adhesivos. De esta forma se consiguió dar otro gran paso en operatoria dental con el concepto de **amalgama adherida**. Las amalgamas adheridas tienen algunas ventajas^{128,129} como es no necesitar de tallados retentivos, en consecuencia no hay que tallar ángulos, surcos, rieleras, cajas ni demás sistemas de cierre, esto implica el permitir conservar mayor cantidad de estructura dental. Además también se obtienen márgenes más sellados con menores filtraciones^{130,131,132} y como la dentina queda sellada no habrá decoloraciones debidas a la migración de iones de plata.

Los sistemas adhesivos para realizar amalgamas adheridas deben cumplir algunos requisitos¹³³ como :

- Tener un fraguado autopolimerizable o dual
- Presentar en su composición relleno con partículas inorgánicas
- Poseer monómeros activos

Las resinas activas son aquellas que presentan monómeros que tienen cierta afinidad por reaccionar químicamente con distintos metales u óxidos metálicos¹³⁴, actualmente hay muchos adhesivos en el mercado que tienen éstos monómeros activos por ejemplo: 4-META, 10-Metacrilato Dihidrógeno Fosfato (MDP), Bisfenil Dimetacrilato (GPDM), Glicerofosfato Dimetacrilato (GPDM), etc.

Algunos trabajos realizados por Berry y cols¹³⁵ no encontraron diferencias significativas en el sellado marginal entre distintos adhesivos y la amalgama, pero sí encontraron una mejora muy importante en el sellado marginal cuando se usan adhesivos dentinarios, en comparación con el uso del barniz copal o bien con la ausencia de bases o fondos cavitario, hecho corroborado por Royse¹³⁶.

Los efectos tóxicos atribuibles al mercurio presente en las amalgamas, ha hecho que se desarrollen unas aleaciones líquidas de galio, con el fin de sustituir el mercurio de las clásicas amalgamas. Las características propias del galio, alterarán las propiedades de las restauraciones en las que este presente. Investigaciones llevadas a cabo por Vera González y cols¹³⁷ aconsejan el uso de adhesivo dental en las aleaciones de galio, al igual que en el caso de las amalgamas adheridas.

Sin embargo la investigación continua en el campo de los materiales, ha permitido el desarrollo de un nuevo grupo de materiales de obturación estéticos, que tienen entidad propia, son los **compómeros**. El primer compómero que se comercializó fue el *Dyract* (De Trey-Denstply).

Inicialmente este nuevo material fue desarrollado como una alternativa a la amalgama para restauraciones tipo V y para restauraciones clase I y II pediátricas, aunque también se utilizan como base o fondo cavitarios en restauraciones de composite (instrucciones del fabricante).

No existe una clasificación y una terminología reconocida para este nuevo grupo de materiales, pero su uso crece constantemente. Fueron desarrollados para combinar ciertas ventajas de los cementos de ionómeros de vidrio y las resinas compuestas¹³⁸. La matriz puede ser similar a la de los cementos convencionales, reforzada por monómeros fotopolimerizables, o bien ser principalmente resinosa con una subestructura iónica adicional. El relleno consiste en esencia en vitroaluminosilicato, como el usado en los ionómeros de vidrio convencionales. La importancia de la reacción ácido-base, que es típica de los cementos de ionómero de vidrio, que sucede durante el fraguado puede variar enormemente de una marca a otra, lo cual justifica su difícil clasificación y descripción¹⁰.

Los beneficios que hay que esperar de esta nueva clase de materiales ionómeros son:

1. Facilidad de manipulación debido al prolongado tiempo de trabajo y rápido fraguado (activado por luz).
2. Resistencia a la contaminación temprana por agua y a la deshidratación.
3. Mayor resistencia inicial y superiores propiedades mecánicas (en comparación con los ionómeros de vidrio tradicionales).
4. Adhesión potencial a los tejidos duros (con acondicionamiento e imprimación de la dentina).
5. Liberación de fluor.

Los primeros compómeros se utilizaban sin solución acondicionadora y adhesivo, pero se observaron algunas deficiencias en la adhesión dentinaria, que probablemente es debido a la insuficiente adhesión a los tejidos duros y la contracción a la polimerización típica de los composites, por eso actualmente se aconseja utilizar un acondicionador y un adhesivo de última generación previo a la aplicación del compómero.

Pertenecen a este grupo de materiales el Dyract , Dycact AP, Dyract Flow, Dyract Seal (De Trey-Denstply); Compoglass, Compoglass Flow (Ivoclar-Vivadent); Elan (Kerr).

Hoy en día también se han desarrollado dos nuevos conceptos de materiales estéticos : **Cerómeros** y **Polímeros de vidrio**. Estos materiales están basados en

los composites, aunque los fabricantes insisten en que debemos considerarlos como otro concepto de material.

Como **Cerómero** tenemos el *Tetric Ceram* (Ivoclar- Vivadent), su definición según la casa comercial es: *Una cerámica optimizada con resina* .

El cerómero consta de una fase orgánica de resina Bis GMA, y de una fase inorgánica que tiene el relleno característico de la porcelana y además el porcentaje de relleno supera el 80% del volumen.

Como **Polímero de vidrio** o **Poliglass** tenemos *Solitaire* (Kluzer) y el *Quadrant* (Cavex), La fase orgánica de estos materiales es de una resina pero no Bis GMA y la fase inorgánica consta del relleno de partículas característico de los composites, pero en un porcentaje también alto, alrededor del 80% del volumen, lo que le confiere unas propiedades especialmente indicadas para restauración de dientes posteriores .

Los adhesivos dentales tienen que permitir la unión de todos estos materiales a la estructura dental, en el caso de los polímeros de vidrio la unión entre resina orgánica de los adhesivos y la resina orgánica de los polímeros de vidrio podría crear algún problema puesto que es diferente, hecho que no sucede con los composites, compomeros y cerómeros basados todos ellos en el Bis GMA.

III.5. BIOCOMPATIBILIDAD DE LOS MATERIALES

Una de las prioridades ante cualquier tratamiento médico es no provocar yatrogenia. En nuestro campo de actuación, que son los tejidos dentales, esta prioridad adquiere especial importancia sobre todo a nivel del complejo pulpodentinario.

La gran mayoría de autores están de acuerdo en considerar que la biocompatibilidad de un material dentario está especialmente en función de su capacidad de aislar la dentina y los tejidos pulpares de su entorno y de la infección.¹³⁹

Como ya hemos expuesto dentina y pulpa están íntimamente relacionadas entre sí a través de los túbulos dentinarios. La posibilidad de acceso a la pulpa de sustancias tóxicas y bacterias a través de los túbulos dentinarios, gracias a la permeabilidad dentinaria, crea muchas dudas acerca de la biocompatibilidad de los materiales empleados en nuestras restauraciones dentales ya sean en el acondicionamiento dentinario o bien en el relleno de la cavidad. Las posibilidades de toxicidad pulpar en la aplicación de distintos materiales dentales se cree que aumenta al aproximarse, en el espesor de la dentina, a la pulpa, pero a su vez las

variaciones histológicas en las características de la dentina no permiten crear un patrón de comportamiento ante la aplicación de los productos¹⁴⁰. Esto obliga a la individualización de la indicación de los materiales y/o técnicas a utilizar en cada caso. Valorando otros datos como : edad del paciente y del diente, sintomatología previa, estado clínico del diente en cuestión, patología asociada, técnica de tratamiento del barrillo dentinario, etc. Así el concepto de profundidad cavitaria pasa a un segundo plano, al ser el estado tubular el factor más importante en la permeabilidad dentinaria.

Desde el inicio del grabado ácido en el esmalte por Bouonocuore⁹, se han planteado dudas acerca de la posible toxicidad pulpar de las sustancias grabadoras, especialmente cuando son aplicadas sobre la dentina profunda.

Como hemos expuesto anteriormente los adhesivos dentales especialmente al ser aplicados sobre dentina han evolucionado considerablemente, tanto en los conceptos químicos como en su aplicación clínica. Considerando en la actualidad que es necesaria una hibridación total de la dentina por los monómeros de los adhesivos⁷⁴.

En el esmalte el grabado está aceptado que sea con un ácido fuerte tipo ortofosfórico, es en la dentina donde la aplicación de un ácido podría desencadenar problemas de lesiones pulpares, hecho que no se ha demostrado y que muchos investigadores niegan.

El Smear-Layer se halla presente en la dentina siempre que ésta ha sido sometida a tratamientos con instrumental rotatorio. Esta capa se encuentra sobre la dentina no existiendo una unión íntima entre ellas. Debido a esto los adhesivos de 2ª generación tenían fuerzas de unión tan pequeñas.

El ácido más utilizado es el **ortofosfórico**^{14,21}, pero por su posible toxicidad pulpar algunos autores proponen el grabado con otros ácidos más débiles como: oxálico al 1,5%, maleico al 10%, cítrico al 10%, etc.

La dentina es un tejido poroso y permeable²⁶, la aplicación de ácidos sobre ella hizo pensar en la posibilidad de inducir lesiones pulpares por toxicidad de los ácidos grabadores. Investigaciones llevadas a cabo por Brännström¹⁴¹ demostraron que los problemas secundarios a obturaciones adhesivas eran debidos a la filtración de bacterias en la interfase. Otros trabajos¹⁴² enfocados a determinar la posible toxicidad pulpar del grabado con ácido ortofosfórico demostraron que sólo existe irritación pulpar en restauraciones adhesivas con técnica de grabado total cuando el margen no estaba sellado, dejando una interfase en la que se apreciaron bacterias. Los cambios pulpares se observaron al tercer día de la restauración, apreciándose cambios moderados en la capa de odontoblastos. La irritación pulpar severa se apreció entre los 30 y 90 días de las obturaciones.

La respuesta inflamatoria, de la pulpa al grabado dentinario, a corto plazo es considerada como nula o moderada, gracias al poder tampón de la dentina sobre los ácidos.

En la actualidad ,como ya hemos mencionado anteriormente, el grabado total es la técnica de elección en la preparación dental para la aplicación de adhesivos dentales. La protección pulpar con distintas bases o fondos cavitarios para evitar la agresión del grabado dentinario está en desuso y algunas investigaciones realizadas en diferentes preparaciones cavitarias, sobre las que se aplican sistemas adhesivos, demuestran un menor sellado de la obturación a nivel dentinario creándose una grietas o gaps de 8 a 15 micras en las muestras protegidas con hidróxido cálcico en contraposición a las muestras en las que la dentina no se cubrió con ningún fondo cavitario en las que se obtuvo una unión íntima entre los adhesivos y la dentina no existiendo gaps¹⁴³ , y permitiendo la penetración de la resina en la dentina tubular.

La eliminación de fondos y bases cavitarias se aconseja, incluso, en casos tan extremos como son los recubrimientos pulpares directos . En éstos casos se recomienda también el grabado ácido total y la utilización de técnica adhesiva. Algunos estudios pilotos¹⁴⁴ realizados por Unterbrink y colaboradores, sobre recubrimientos pulpares directos “in vivo” tratados grabando esmalte y dentina

con ácido ortofosfórico y adhesivos con glutaraldeído registran vitalidad pulpar después de seis meses de la obturación.

Estudios realizados por Goracci¹⁴⁵ confirman la no toxicidad del ácido maleico y la preservación de la morfología y biología del complejo pulpo-dentinario.

Las nuevas técnicas aseguran una adhesión clínicamente satisfactoria. La restauración queda íntegramente impermeabilizada, gracias a una adhesión total con la dentina y el esmalte; la hermeticidad así obtenida, es actualmente considerada como la mejor garantía de integridad pulpar¹³⁹.

Por otro lado las características físico-químicas de las resinas hizo pensar que eran tóxicas para la pulpa cuando eran aplicadas directamente sobre la dentina. Muchas restauraciones estéticas presentaban a corto plazo patología pulpar secundaria, que se justificó pensando que las resinas liberaban monómeros tóxicos para la pulpa. Los trabajos de Brännström¹⁴¹ demostraron que era cierta la patología pulpar secundaria a obturaciones con resina, pero ésta no era debida a la toxicidad de los materiales de obturación sino a una brecha existente entre las paredes cavitarias y la obturación que permite el paso de bacterias.

Además éstos túbulos se comunican con una pulpa muy vulnerable que reacciona adversamente con el insulto mecánico, térmico, biológico o químico. Además la dentina está saturada por oxígeno y agua, variando también el

contenido de ésta última según la profundidad dentinaria, siendo aproximadamente el 13% del volumen total líquido.

Con estas condiciones es difícil conseguir una adhesión estable en medio oral, puesto que a excepción de los enlaces covalentes los demás son degradados dando lugar a filtraciones marginales y caries secundarias.

Según investigaciones del “Instituto de Ingeniería Médica y Dental “, ven poco probable la adhesión química a la dentina tallada, debido a que uno de los materiales es un sólido y la frecuencia de colisiones moleculares es muy baja. La mayoría de las reacciones químicas están diseñadas para tener lugar en solución. Además hay unos criterios limitantes que cualquier reacción en dentina debe cumplir:

- Debe producirse a temperatura ambiente.
- No debe afectar a los monómeros o catalizadores que puedan lesionar la pulpa.
- La reacción se debe completar en un periodo corto de tiempo.

Algunas investigaciones ponen de manifiesto que hasta el 50% del monómero del adhesivo queda sin polimerizar¹⁴⁶ debido al agua y al oxígeno presentes constantemente en la dentina, sobre todo en cavidades profundas.

Los monómeros empleados en los adhesivos pertenecen a la misma familia que los composites y endurecen por polimerización del doble vinílico de sus grupos metacrilados. Esta polimerización nunca llega a completarse totalmente ,

lo que permite la unión de la superficie del adhesivo ya polimerizado con la primera capa del material de restauración o sea del composite.

La biocompatibilidad de una restauración de composite está especialmente en función de la estabilidad del material después de la polimerización. y de la capacidad de impermeabilidad de la restauración.

Todos los estudios de citotoxicidad *in vitro* ponen de manifiesto la acción nefasta de los monómeros sobre el crecimiento celular y su evidente toxicidad biológica.

Por otro lado los fabricantes recuerdan a los profesionales la capacidad alérgica de moléculas como HEMA o TEGMA .

Para formar la capa híbrida mitad biológica y mitad sintética, la mayoría de los monómeros metacrílicos presentan uniones tipo ésteres, este tipo de uniones se hidrolizan en medio acuoso, este proceso forma parte también del normal envejecimiento de los composite. Por otra parte cualquier sustancia orgánica es susceptible de degradarse por fenómenos de hidrólisis y de oxidación.

No se encuentra aún disponible ningún estudio a largo plazo, por lo que es conveniente plantearse el tema de la duración de los productos utilizados, así como la persistencia de la calidad de la adhesión. Conocemos muy poco a cerca de la difusión de los monómeros por los canalículos dentinarios. No conocemos

nada a cerca de la degradación de los polímeros, ni sobre el envejecimiento de nuestros productos.

IV. OBJETIVOS

OBJETIVOS

Para verificar las hipótesis planteadas hemos diseñado los siguientes objetivos:

1.-Analizar el efecto de los ácidos grabadores en la dentina

1.a- Cuantificar químicamente el agua del lavado postgrabado de las superficies dentinarias

1.b- Comparar la morfología dentinaria obtenida con el acondicionamiento de los distintos ácidos grabadores

2.- Valorar el grado de penetración del adhesivo en la dentina:

2.a.- Cuantificar la penetración del adhesivo en la dentina tubular

2.b.- Cuantificar la penetración del adhesivo en la dentina inter y peritubular.

V. MATERIAL Y MÉTODO

MATERIAL

Para la realización de la presente investigación hemos utilizado el siguiente material:

1. 120 terceros molares humanos libres de caries.
2. Glutaraldehido al 2% con tampón fosfato.
3. Motor Dental Navfram nº 003221. (Barcelona, España)
4. Disco de diamante, de 0,3 mm de grosor, para pieza de mano, Edenta AG (Berlin, Alemania).
5. Radiografías periapicales DF 58 Kodak ultra-speed (Size 2), (Rocherter, New York. USA).
6. Líquidos reveladores AGFA: Revelador G150, Fijador G 350 (Lisboa, Portugal).
7. Papel de esmeril de distintos grosores (400, 600, 800, 1000, 1200) de 3M.
8. Parafilm de laboratorio de los Servicios Científico Técnicos de la Universidad de Barcelona (S.C.T.U.B.).
9. Acido ortofosfórico al 37% proanálisis en presentación de gel (Farmacia Carreras, Barcelona).
10. Acido Cítrico al 10% proanálisis en presentación de gel (Farmacia Carreras, Barcelona).

11. Acido Maléico al 10% proanálisis en presentación de gel(Farmacia Carreras, Barcelona).
12. Micropipeta de fluidos densos (S.C.T.U.B.).
13. Pipeta de laboratorio de 10 cc² (S.C.T.U.B.).
14. Agua tridestilada (S.C.T.U.B.).
15. Viales de laboratorio estériles (S.C.T.U.B.).
16. Cronómetro de segundos(S.C.T.U.B.).
17. Adhesivo dental. Prime&Bond 2.0 (Dentsply-De Trey (konstanz)).
18. Composite A.P.H, (Dentsply-De Trey (konstanz))
19. Lámpara de polimerización halógena Astralis 5 (Ivoclar-Vivadent (Liechtenstein)).
20. Resina de inclusión (S.C.T.U.B.).
21. Acido clorhídrico al 40 % (S.C.T.U.B.).
22. Oro y carbono para recubrimiento de muestras (S.C.T.U.B.).
23. Microscopio electrónico de superficie Leica-Cambridge (S.C.T.U.B.).
24. Microscopio electrónico de transmisión Hitachi 600 (S.C.T.U.B.).
25. Material fotográfico.
26. Equipo de Cromatografía iónica (S.C.T.U.B.).
27. Equipo de Espectrómetro de absorción atómica (S.C.T.U.B.).
28. Material para estudio estadístico (SPSS 9.0).

MÉTODO

Para la realización de la investigación hemos utilizado molares humanos libres de caries extraídos por mala oclusión dental. Han sido seleccionados 120 terceros molares humanos de pacientes con edades comprendidas entre los 18 y 28 años. Esta selección se realizó para intentar unificar al máximo la muestra en cuanto al grado de calcificación de la dentina. Una vez extraídos se fijaron inmediatamente en glutaraldehído al 2 %, con el fin de no desnaturalizar el colágeno de la dentina, 24 horas después se realizaron lavados de los molares con tampón fosfato y almacenamiento de éstos en solución de tampón fosfato hasta su procesado.

Una vez seleccionadas las muestras hemos procedido a realizar radiografías periapicales de los molares para poder localizar la altura del techo cameral. Mediante medición desde la cara oclusal (desde el surco coronal), hemos realizado un corte horizontal aproximadamente a un milímetro del techo cameral. Para la realización del corte utilizamos un disco de diamante de 0,3 mm de grosor que utilizamos con motor dental y refrigeración con agua . La figura nº1 nos muestra el molar con el corte horizontal realizado con imagen natural y radiográfica, y en

la figura nº2 un esquema de la realización del corte. De esta forma obtendremos dos superficies de dentina muy iguales y que llamaremos “en espejo”.

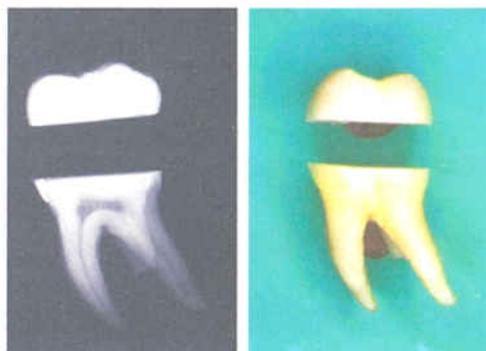


Fig.nº1 Imagen radiográfica y natural de una

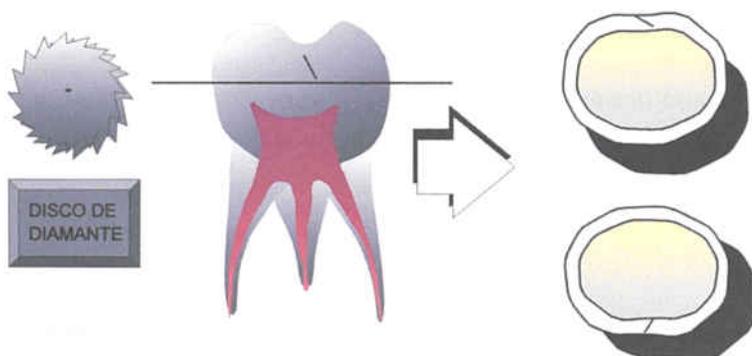


Fig. nº 2 Esquema de la realización del corte

Sobre estas superficies dentinarias obtenidas reproduciremos el smear-layer. Para la reproducción de la capa de Smear-layer o barro dentinario realizamos

unos lijados con papel de esmeril de 400, 500, 600, 800, 1000 y 1200. Aplicando cada papel de esmeril durante 15 segundos en cada una de las superficies de dentina y mojando las superficies dentinarias entre cada lijado con agua destilada, así hasta haber lijado cada superficie con cada uno de los grosores del papel de esmeril.

A partir de aquí dividiremos las muestras en dos grupos porque, tal y como hemos expuesto en los objetivos de esta investigación, por un lado estudiaremos: el análisis químico del agua de lavado de las superficies de dentina acondicionadas con distintos ácidos y el aspecto morfológico de éstas superficies, y por otro lado la interfase creada entre la dentina acondicionada con los distintos ácidos y el adhesivo seleccionado P&B 2.0 y el composite seleccionado (APH), observada con microscopio electrónico de superficie y de transmisión. Estas distintas fases de la investigación necesitan una metodología especial para cada una de ellas, por eso las realizaremos de forma independiente, así las 240 superficies se dividirán en dos para preparar las muestras. Seleccionaremos al azar dos grupos de 60 pares de superficies, es decir 120 superficies dentinarias en total para cada grupo.

Dispondremos de 120 muestras de dentina con smear-layer.

Todas las superficies de dentina fueron cubiertas con parafilm de laboratorio (fig nº3), con una perforación de 2mm para obtener una superficie exacta y uniforme en todas las muestras de dentina sobre la que aplicaremos o no el grabado ácido.

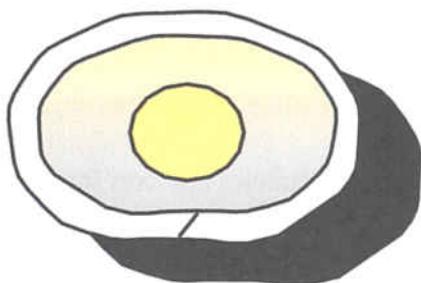


Fig nº3 Representación esquemática para la limitación de la superficie dentinaria a grabar.

Dispondremos de 60 especímenes, (60 superficies de dentina con sus correspondientes 60 superficies pares o en espejo, en total 120 superficies), limitadas a 2mm de exposición de dentina a través del parafilm de laboratorio.

Con los 60 especímenes realizaremos tres grupos de 20 superficies pares de dentina cada uno de ellos.

Grupo 1 - 20 superficies grabadas (A) y 20 superficies no grabadas (AA)

Grupo 2 - 20 superficies grabadas (A) y 20 superficies no grabadas (AA)

Grupo 3 - 20 superficies grabadas (A) y 20 superficies no grabadas (AA)

Los ácidos seleccionados para esta investigación son:

-Acido Ortofosfórico al 37%

- Acido Maleico al 10%

-Acido Cítrico al 10%

Estos ácidos han sido elaborados “pro-análisis” por la farmacia Carreras (Barcelona) para esta investigación y la presentación que se utilizó fue en gel.

Cada grupo se trata con un ácido específico. En el grupo nº1 aplicaremos el ácido **ortofosfórico**, en el nº2 el ácido **Maleico** y en el grupo nº3 el ácido **Cítrico**.

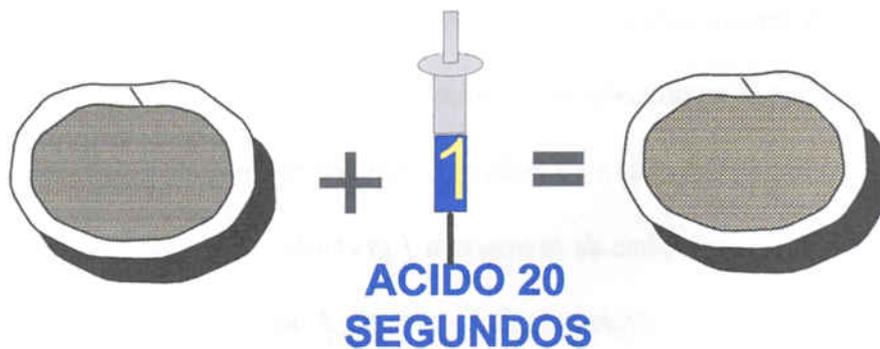


Fig.nº4 Representación del grabado en las superficies de

El ácido aplicado sobre los 2mm de superficie de dentina expuesta fue de 10 microlitros, controlado con una micropipeta de fluidos densos, utilizada normalmente para la manipulación de sangre. El tiempo de aplicación del ácido sobre la dentina fue de 20 segundos (Fig nº4)

Transcurrido este tiempo se lavaron con 10 cc de agua tridestilada de laboratorio y esta agua del lavado se recogió en viales estériles.

Las superficies en espejo, no se grabaron pero se lavaron directamente con 10 cc de agua tridestilada y se recogieron directamente en un vial estéril para poder realizar el mismo análisis que su superficie espejo.

En primer lugar se procedió a la identificación de cada espécimen. De cada superficie se conoce si ha sido o no grabada y con qué ácido.

Fosfórico 1-A: Superficie de la muestra 1 grabada con ácido ortofosfórico

Fosfórico 1-AA: Superficie par de la muestra 1 no grabada

Fosfórico 2-A: Superficie de la muestra 2 grabada con ácido ortofosfórico

Fosfórico 2-AA: Superficie de la muestra 2 no grabada

Fosfórico 3-A: Superficie de la muestra 3 grabada con ácido ortofosfórico

Fosfórico 3-AA: Superficie de la muestra 3 no grabada

1.a- Análisis químico del agua de lavado postgrabado de las superficies dentinarias

De los viales obtenidos con el lavado de los 10 cc de agua tridestilada de las superficies de dentina A (grabadas con distintos ácidos) y las superficies de dentina AA (no grabadas), se realizaron análisis químicos para determinar los diferentes aniones y cationes que podían estar presentes en los mismos.

Los elementos que se estudiaron fueron :

calcio

cloruros

nitratos

fosfatos

sulfatos

carbonatos

flúor

Los métodos utilizados para este estudio han sido, la *Cromatografía Iónica* y la *Absorción Atómica con llama*

a.La Cromatografía Iónica se utilizó para todos los aniones a excepción del calcio que se realizó por Absorción Atómica con llama, debido a que el calcio es un catión .

Los patrones de 1.000 ppm para el estudio de cada anión, se prepararon a partir de las sales sódicas de los correspondientes aniones y según norma EPA 9056.

Los rangos de trabajo para cada detector utilizados fueron los siguientes:

Detector UV: 100, 200, 400, 800, 1000, 2000 ppm nítrico y nitratos. Longitud de onda 214 nm.

Detector Conductividad: 2, 5, 10, 20, 50 ppm cloruro, nitrato, nítrico, fosfato, sulfato, 100ppm sulfato.

A partir de los datos de conductividad podemos decidir si inyectar las muestras directamente o hemos de hacer una dilución previa. La conductividad de la muestra ha de ser inferior a 600 uS/cm.

Es necesario filtrar las muestras y patrones con filtros de 0.45 U.

El disolvente utilizado en la columna WATER IC-PARK ANIONS es: ácido bórico, gluconato sódico, tetraborato sódico, acetonitril, glicerina. El fluido del disolvente es de 1 ml/min.

El volumen de la muestra inyectada (patrones y muestra) es de 80 microlitros y la temperatura de la columna de 35°C.

b. La Espectroscopia de Absorción Atómica (AAS) es un método analítico para la determinación de los elementos basados en la absorción de la radiación por los átomos libres.

El análisis por AAS implica convertir la muestra en vapor atómico y medir la absorbancia del vapor a una longitud de onda característica de cada elemento. Al someter una solución dentro de una llama a una temperatura de 2000-3000 °C, en primer lugar se evapora el disolvente quedando pequeñas partículas sólidas que se funden y vaporizan. El vapor consiste en una mezcla de descompuestos que tienden a descomponerse en los átomos individualizados. A la temperatura de la llama la física demuestra que la inmensa mayoría de los átomos se encuentran en estado fundamental de mínima energía y que al absorber radiación pueden pasar a un estado de energía superior.

Se decidió utilizar este método debido a que es una técnica que nos ofrece grandes ventajas como es ser un método bastante específico, relativamente sencillo de realizar y de un coste económico intermedio.

1.b- Morfología de las superficies dentinarias grabadas.

Una vez realizado el acondicionamiento dentinario, dispusimos de 60 pares de superficies de dentina que se procesaron para observación con microscopio electrónico de superficie y de transmisión.

De cada especimen se procesará la superficie acondicionada para poder comprobar los efectos del ácido grabador, es decir sólo la superficie A de cada especimen.

En primer lugar se eliminó el papel de parafilm de laboratorio con el que habíamos limitado la superficie grabada de las caras de dentina.

A las superficies "A", es decir las acondicionadas se les realizó un corte perpendicular a la superficie, con el objetivo de dividir la muestra en dos mitades y poder procesar una de ellas para observación con microscopio electrónico de superficie y la otra mitad para microscopio de transmisión, necesitando una preparación específica para cada uno de éstos dos métodos de investigación.

En estos momentos tenemos las 60 superficies de dentina grabadas divididas en dos mitades cada una de ellas. Estas 120 muestras se dividirán en dos grupos, uno de ellos se procesará para observación en microscopio electrónico de superficie y el otro para microscopio electrónico de transmisión.

1.b-1.Método para observación con microscopio electrónico de superficie.

Seguidamente, se procedió a la amputación de las raíces con disco de diamante en la mitad de cada una de las muestras destinadas a observación con microscopio electrónico de superficie, con el fin de poder fijar las muestras en la platina del microscopio de una forma sencilla y con las superficies de los planos lo más equiparables posibles, respecto a su posición.

La fijación de las muestras a la platina se realizó con silicona caliente. Una vez fijadas, se pintó con plata coloidal la unión de las muestras a la platina con el fin de eliminar la posible carga electrostática con que pudiera cargarse la muestra.

Las muestras se recubrieron con oro coloidal para poder proceder a su observación con un microscopio Leica- Cambridge .

La observación de las muestras se realizó con electrones secundarios con un kilovoltaje de 10 y un Probe de 75 a una distancia aproximada de la muestra de 10 mm.

De todas las superficies se realizaron micro-fotografías a 3.000 aumentos. Del estudio de éstas fotografías obtendremos los resultados de este parámetro, obteniendo unos valores cuantitativos de:

- Medición de la apertura tubular
- Eliminación del Smear-Layer

El estudio cuantitativo de la apertura tubular se realizó midiendo el diámetro de los túbulos dentinarios presentes en las figuras obtenidas mediante el registro fotográfico de las superficies dentinarias grabadas observadas con microscopio electrónico de superficie.

Realizamos 30 mediciones de cada grupo de superficies grabadas, es decir 30 mediciones para las superficies grabadas con ácido **ortofosfórico**, 30 para las grabadas con ácido **maleico** y 30 para el ácido **cítrico**.

La eliminación del Smear-Layer por acción del grabado se valoró según la presencia, o no, de restos de barro dentinario en las superficies de dentina fotografiadas.

A las figuras les daremos cuatro valores del 0, 1, 2 y 3, según la presencia o no de restos de smear-layer; considerando el valor 0 como la eliminación total de el barro dentinario, y el valor 3 como la presencia de restos de smear-layer en toda la superficie de dentina. Realizamos 30 valoraciones por grupo.

1.b-2.Método para observación con microscopio electrónico de transmisión

Para poder medir la descalcificación obtenida por el grabado en la dentina peritubular e intertubular es necesario procesar las muestras para observarlas con un microscopio electrónico de transmisión, a ello destinamos la mitad de cada una de las muestras obtenidas.

Dispusimos de 60 muestras, a las que se realizaron múltiples secciones a nivel de la superficie dentinaria hasta obtener zonas de aproximadamente 1mm^3 , necesarias para la observación con microscopio electrónico de transmisión; para no perder la orientación de las mismas, al realizar las secciones, se pintó con rotulador negro la zona opuesta a la superficie grabada. Para la obtención de éstos

cortes se ha utilizado un disco de corte de precisión refrigerado con aceite, que va cortando la pieza muy lentamente sin calentarla.

Una vez que dispusimos de esa muestra de 1 mm^3 que contuviese la zona de estudio, es decir la superficie dentinaria grabada, se inició el procesado de la muestra.

El procesado consta de: fijación, lavados, post-fijación, lavados, deshidratación, infiltración-inclusión, orientación de la muestra, polimerización, bloque, piramización del bloque, cortes semifinos y tinción, cortes ultrafinos, contraste, fijación a la rejilla, observación de la muestra Hitachi 600.

La primera fijación la realizamos con glutaraldehído al 2.5 % con el fin de estabilizar la muestra. El poder de penetración es de 0.34 y pertenece al grupo de los dialdehídos. Los lavados se realizaron con tampón fosfato 0.1 M.

La preparación de estos productos se ha de realizar bajo campana y se tienen que preparar al momento de su aplicación. Para la preparación del fijador mezclamos:

Glutaraldehído 25%.....10ml

Tampón Fosfato 0.1 M50ml

Agua destilada.....40ml

La post-fijación la realizamos con Tetraóxido de Osmio, con un poder de penetración de 0.2, es una molécula no polar con contraste electrónico.

La deshidratación la realizamos con acetona a diferentes graduaciones.

50% acetona en agua.....	10 minutos
70% acetona en agua.....	10 minutos
80% acetona en agua.....	2 x 10 minutos
96% acetona en agua.....	2 x 10 minutos
100% acetona en agua.....	3 x 10 minutos

Después de la deshidratación realizamos la inclusión de la muestra en resina epoxy, con las resinas epoxy conseguimos una polimerización uniforme. Tiene pocos cambios en su volumen al polimerizar y es relativamente estable a los efectos de los electrones.

La infiltración-inclusión se realizó poco a poco, agitando la muestra. Los cortes ultrafinos fueron teñidos con acetato de uranilo al 2% sin luz durante 30 minutos y citrato de plomo en presencia de hidróxido sódico durante 10 minutos.

Acetona 100%	
Acetona 100% + resina (3/1) (v/v).....	1-2-4 h
Acetona 100% + resina (2/2) (v/v).....	1-2h-4
Acetona 100% + resina (1/3) (v/v).....	1-4h
Resina.....	1-2h(x2)
Resina.....	2h
Resina.....	2h.

La infiltración depende del tipo de muestra, del grado de deshidratación y de las características del medio de inclusión.

La polimerización la realizamos a 60°C durante 24h, para ello utilizamos una estufa y un agitador magnético, con el fin de eliminar las posibles burbujas que puedan estar presentes en el bloque de resina. En este paso es importante tener en cuenta la posición de la muestra respecto al bloque de resina, para poder realizar cortes perpendiculares a la interfase dentina-adhesivo-composite.

Al bloque de resina se le realizaron varios cortes en un extremo con el fin de hacer una pirámide de él.

Después, en este extremo piramidal, realizamos cortes semifinos de aproximadamente entre 20-50 micras, que son teñidos con azul de metileno al 2.5% y tetraborato de sodio cristalizado al 0.5%. y que observaremos al microscopio óptico para confirmar la orientación de la muestra.

Una vez que confirmamos con los cortes semifinos que tenemos la zona de la muestra objeto de nuestra investigación realizaremos cortes ultrafinos a los cuales aplicamos contraste,(acetato de uranilo al 2% sin luz durante 30 minutos y citrato de plomo en presencia de hidróxido sódico durante 10 minutos) y los colocamos en la rejilla de cobre para observación al microscopio de transmisión HITACHI 600.

El grado de acondicionamiento obtenido en la dentina intertubular, se evaluó por la descalcificación generada por la penetración del ácido en el espesor

de la misma. Las figuras obtenidas con el microscopio electrónico de transmisión nos permitieron medir el límite de la descalcificación realizada en la dentina intertubular por acción del grabado ácido. Realizamos 30 mediciones por grupo.

2.- Preparación de las muestras del segundo grupo para el estudio de la interfase dentina/material de obturación.

Dispusimos de 60 molares, es decir 120 superficies de dentina o 60 pares de superficies en espejo, para esta investigación procesamos solo una superficie de cada molar. Se realizaron tres grupos de 20 molares con 20 superficies de dentina cada uno de ellos, a los que se les realizó la reproducción del barro dentinario, limitación de la superficie a grabar con parafilm de laboratorio, aplicación del ácido seleccionado por grupo, tal y como hemos explicado en la primera parte de esta investigación.

Inmediatamente después al grabado y lavado, se realizó un secado muy ligero con aire de las superficies grabadas, aproximadamente 3 segundos, y se procedió

a la aplicación del adhesivo dental seleccionado, Prime&Bond 2.0, siguiendo las indicaciones de uso del fabricante.

Se aplicaron dos capas, la primera se dejó actuar durante 20 segundos en la superficie de dentina grabada, después se realizó un ligero secado con aire y se polimerizó con luz halógena durante 15 segundos. Inmediatamente se aplicó una segunda capa del adhesivo dental que se polimerizó y la aplicación del composite seleccionado, A P H, Las capas de composite fueron de aproximadamente 1mm condensándose con espátula dental sobre la superficie de dentina, la polimerización se realizó durante 20 segundos, según las indicaciones del fabricante.

Una vez realizada la polimerización se seccionaron con un disco de diamante de 0.3 mm., realizando un corte perpendicular a la interfase dentina-adhesivo-composite Obteniendo de cada superficie dos mitades, en total 120 secciones . De estas secciones, 60 se procesaron para microscopía electrónica de superficie y las otras 60 para observación en microscopía de transmisión (Fig nº5), con el fin de estudiar la interfase dentina-adhesivo-composite (Fig nº6).

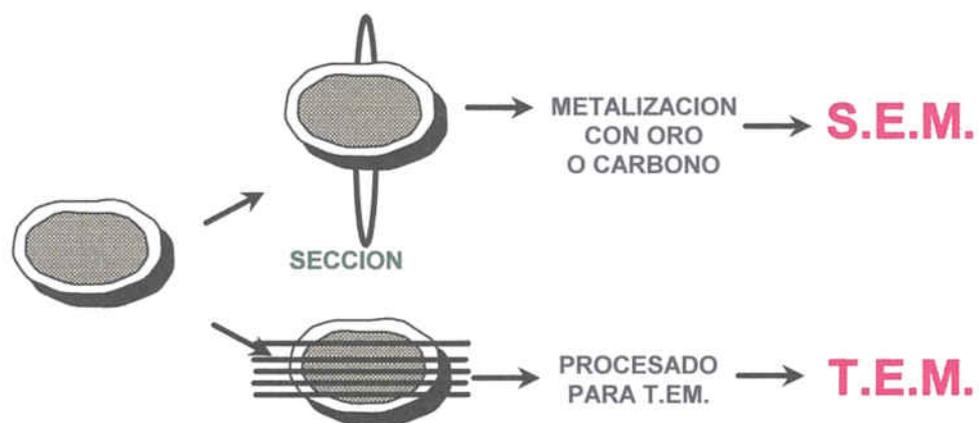


Fig nº5 Esquema del procesamiento de muestras para observación en T.E.M. y S.E.M.

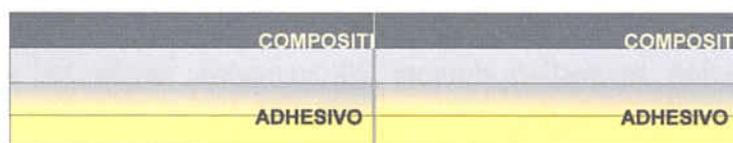


Fig nº6. Representación de la interfase objeto de estudio, tras la sección transversal de la muestra.

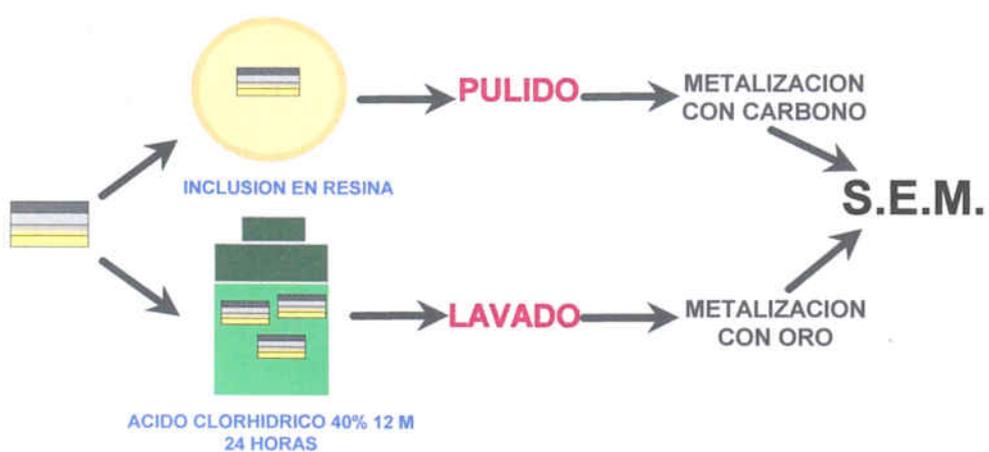


Fig nº7 Representación esquemática del procesamiento de las muestras para estudio con S.

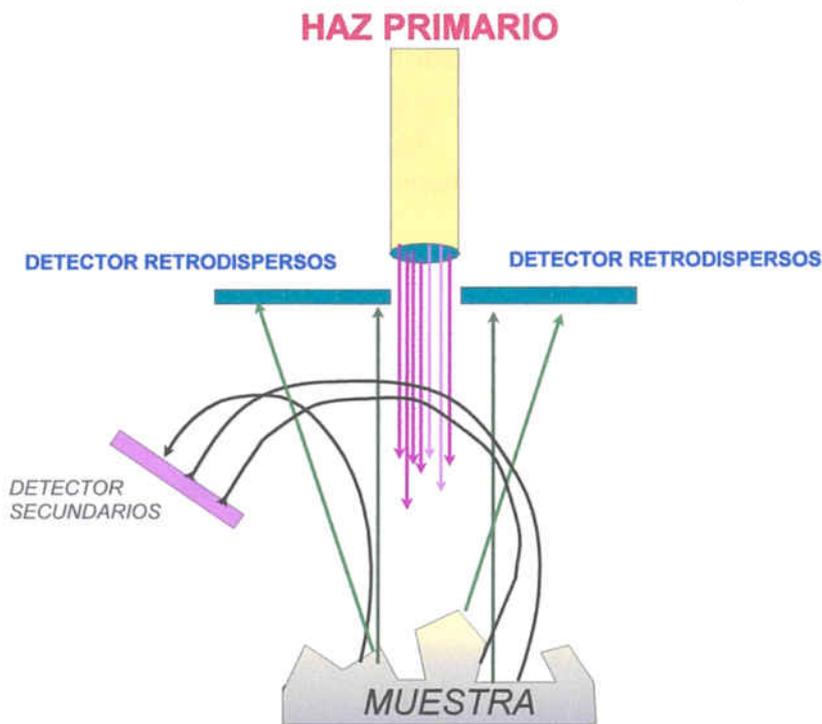
2.a.- Morfología de las proyecciones de resina en la dentina tubular.

Las 60 muestras disponibles se sumergieron en ácido clorhídrico al 40% (Fig^o7), durante 24 horas con el fin de eliminar la dentina y observar las proyecciones (tags) de resina en el interior de los túbulos. Antes de la inmersión se procedió al marcado de los especímenes, con el fin de orientar las muestras y poder proceder a un buen montaje en la platina del microscopio. La orientación de la muestra la realizamos rallando el composite con un lápiz de diamante antes del procesado.

Después de la inmersión en ácido clorhídrico se lavaron con abundante agua y se secaron ligeramente. Después se fijaron a la platina del microscopio, por la zona marcada del composite, con silicona caliente, recubriendo con plata coloidal la platina del microscopio y el margen de la muestra. Por último se cubrieron con oro coloidal para proceder a la observación de las muestras con un microscopio Leica- Cambridge .

La observación de las muestras se realizó con electrones secundarios con un kilovoltaje de 10 y un Probe de 75 a una distancia aproximada de la muestra de 10 mm. (Fig n° 8).

Se realizaron microfotografías de todas las muestras a 3000 aumentos, Se tomaron mediciones del grosor y de la longitud de las proyecciones de resina observadas.



Fig^o8 Esquema del S.E.M. con la representación de los detectores de electrones retrodispersos y secundarios.

2.b.- Morfología de la capa híbrida formada en la dentina inter y peritubular.

Dispusimos de 60 muestras, a las que se realizaron múltiples secciones a nivel de la interfase adhesivo-dentina hasta obtener zonas de aproximadamente 1mm^3 , necesarias para la observación con microscopio electrónico de transmisión; para no perder la orientación de las mismas, al realizar las secciones,

se pintó toda la zona de composite con rotulador negro. Para la obtención de éstos cortes se ha utilizado un disco de corte de precisión refrigerado con aceite, que va cortando la pieza muy lentamente sin calentarla.

Una vez que dispusimos de esa muestra de 1 mm^3 que contuviese la zona de estudio, es decir la interfase dentina-adhesivo-composite se inició el procesado de la muestra, que fue igual al realizado en el estudio de la primera parte de esta investigación para el estudio de la morfología del grabado dentinario con microscopio electrónico de transmisión HITACHI 600.

Se observó la interfase creada entre: composite-adhesivo-dentina. Se realizaron microfotografías de cada grupo y mediciones del espesor de la capa híbrida formada en cada uno de ellos.

3.- MÉTODO ESTADÍSTICO

Estadística descriptiva.

Con los resultados obtenidos en cada parámetro evaluado, se hallaron la media, desviación típica, error típico, límite inferior, límite superior (tablas: 7, 11, 24, 27, 30, 33, 36 y 39) .

Con los resultados del estudio estadístico descriptivo se han realizado unos gráficos (nº 1,2,24-29), para poder representar los valores obtenidos y poder comparar más fácilmente los valores de cada grupo en cada parámetro evaluado.

Estadística inferencial.

Para el análisis estadístico realizamos con cada tabla de resultados unas pruebas encaminadas a demostrar si existían o no diferencias significativas entre los resultados obtenidos con cada uno de los grupos estudiados.

Para aplicar pruebas estadísticas a los resultados obtenidos primero comprobamos la distribución de las muestras y la homogeneidad de las varianzas,

para saber si disponemos de una muestra con distribución normal o no, a pesar del valor n , que en este caso permite aplicar pruebas paramétricas. Sin embargo se realizó la prueba de **KOLMOGOROV-SMIRNOV**, en todos los resultados a analizar, demostrando o no la distribución normal de los resultados y la prueba de homogeneidad de varianzas de **LEVÈNE**.

Cuando dispusimos de tablas de resultados con distribución normal realizamos el estudio estadístico mediante la prueba paramétrica de **ANOVA** para ver si habían diferencias significativas entre todos los grupos pertenecientes a cada parámetro evaluado, en conjunto. Y la prueba de **TUKEY** para el estudio entre cada dos grupos.

Cuando no se cumplieron los requisitos para aplicar pruebas paramétricas aplicamos primero la prueba de **KRUSKAL-WALLIS** para ver si habían diferencias entre los grupos pertenecientes a cada variable, en conjunto, y por último aplicamos la prueba de **U** de **MANN-WHITNEY** para el estudio de los resultados en grupos 2 a 2. En este caso, el estadístico siempre fue la **U** de Mann-Whitney. Para comprobar si el estadístico fue significativo en las situaciones con *empates*, es decir aquellos grupos en los que hemos obtenidos algunos valores iguales entre ellos, se utiliza el contraste **Z**.

VI. RESULTADOS

Parámetro 1

Parámetro 1.a. Valores cuantitativos de la liberación de distintos iones de las superficies de dentina por la acción del grabado

Para el estudio químico del grabado dentinario, se ha realizado el análisis químico del agua del lavado de las superficies A y AA (tablas n°: 5, 6, 9, 10, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21 y 22) (gráficos n° 3-23)

Cada ión estudiado se expresa en dos tablas, la primera corresponde a las superficies de dentina no grabadas (AA) y la segunda a las grabadas (A). En cada tabla se presentan seis columnas. Las impares (1,3 y 5) corresponden a las muestras utilizadas para cada ácido evaluado y las pares (2,4 y 6) a los valores de los distintos iones obtenidos por el estudio del agua del lavado de cada ácido específico.

Las unidades en que se expresan los resultados son en microgramos por mililitros (ug/ul o ppm).

En la primera fila de cada tabla están representados los valores de los blancos estudiados. Recordemos que el blanco es el estudio de los 10 cc³ de agua tridestilada mas los 10 microlitros del ácido seleccionado, sin haber tomado contacto con la superficie de dentina.

Al analizar los resultados se observa que las superficies de todas las muestras que no han sido sometidas a la acción del grabado ácido presentan, prácticamente, los mismos valores (tablas 7,9,13,15,17,19 y 21) , sin embargo las que han sido sometidas a la acción de los ácidos estudiados presentan valores distintos, en la liberación de iones de calcio, fósforo y sulfatos (tablas 6,10 y 18) para cada grupo de estudio. Así en el grupo grabado con ácido ortofosfórico obtenemos una mayor liberación de calcio y de fósforo en todas las superficies, habiendo una variación pequeña entre los valores obtenidos en cada una de las distintas superficies grabadas de este grupo. En el grupo grabado con ácido cítrico es donde obtenemos valores más pequeños de la liberación de calcio y fósforo.

En la tabla 7, se expone la estadística descriptiva de los resultados de la liberación de iones de calcio para los seis grupos estudiados, donde se refleja claramente la media, los valores máximos y mínimos obtenidos en cada grupo. La liberación máxima obtenida en una superficie grabada con ácido corresponde al grupo 1 con una liberación de 11,5 ppm, y la mínima al grupo 3 con un resultado de 1,9 ppm. En algunas superficies hemos obtenido la misma liberación de iones de calcio entre el grupo 1 y 2, lo que indica la presencia de empates a la hora de analizar los resultados estadísticos.

En el gráfico nº 1, se representan los resultados de los seis grupos , con cajas entre los valores máximos, mínimos y la media de cada grupo.

Los valores obtenidos entre las superficies estudiadas en cada uno de los grupos son muy similares, habiendo poca variación entre el contenido de minerales de cada una de las superficies y la cantidad liberada de éstos por acción del ácido.

A excepción del fósforo y del calcio, la liberación del resto de aniones carece de valor, puesto que si existe alguna liberación de los mismos por acción del grabado ácido es mínima y no sensible a la metodología seguida en este estudio.

Los resultados de los seis grupos (tres sometidos al grabado y tres no grabadas) para la **liberación de calcio** presentan, según el análisis de la homogeneidad de varianzas, estadístico de Levène, distribución homogénea entre todos los grupos excepto entre los resultados del grupo grabado con ácido ortofosfórico (grupo 1) y el grabado con maleico (grupo 2), obteniendo un estadístico de Levène de 2,6740E+15 con un una $P < 0.05$. Lo que nos confirma una distribución no homogénea de los resultados entre estos dos grupos, por lo que aplicaremos las pruebas no paramétricas para analizar estadísticamente los resultados entre estos dos grupos y las paramétricas para el resto.

El test de ANOVA ($F(5)=860049$ $p < 0,000$), demuestra una diferencia significativa en el análisis global de los seis grupos para la liberación de calcio. Y el test de Tukey (tabla nº 8), confirma una diferencia significativa $P < 0.000$, entre los grupos 1,2 y 3, cuando son comparados entre ellos y cuando se comparan con

los grupos 4,5 y 6. No se ha encontrado diferencias significativas $P > 1.000$, entre los grupos 4,5 y 6 cuando se comparan entre ellos.

También obtenemos una liberación de calcio significativamente superior al resto de grupos, cuando las superficies son sometidas a la acción del ácido ortofosfórico (grupo 1), seguidas del grupo sometido a la acción del ácido maleico (grupo 2) y por último las pertenecientes al grupo grabado con ácido cítrico (grupo 3). Siendo la diferencia estadísticamente significativa entre todos los grupos. Tal y como podemos ver en la tabla nº8, test de Tukey, y reforzado por el resultado obtenido en la prueba de Mann-Whitney entre el grupo 1 y 2, $Z = -5,336$ $p < 0.000$.

En la tabla nº 11, está expuesto el análisis descriptivo de los resultados obtenidos en la **liberación de fosfato**. Obteniendo en los grupos sometidos a grabado, un valor máximo de 20 ppm en el grupo 1 y un valor mínimo de 2 ppm en el grupo 3, llama la atención que el resultado del grupo 1 es muy superior al resto de grupos debido a que parte de los aniones de fosfato no provienen de la dentina de la muestra, sino de la composición del ácido, por tratarse de ácido ortofosfórico. En la tabla nº 9 y 10, podemos comprobar como el valor del blanco realizado con ácido ortofosfórico es > 20 , el mismo resultado que las muestras en las que el ácido se ha aplicado sobre la superficie de dentina. Es tanta la presencia de iones de fosfato en el grupo 1 que no podemos diferenciar la cantidad que corresponde a la composición química del ácido y la cantidad liberada por la superficie de dentina acondicionada, sin embargo como la composición química

de la dentina es de fosfato calcico, podemos intuir que la liberación de fosfato en el grupo 1, es similar a la liberación de calcio, o por lo menos mayor que el resto de grupos, puesto que se obtiene un grabado más agresivo.

En el gráfico nº 2 , se representan los valores correspondientes a esta tabla de análisis descriptivos de los resultados en la liberación de iones de fosfato.

El estadístico de Levène 29,472, demuestra unos resultados homogéneos en los seis grupos con una $p < 0.000$, lo que nos permite el análisis estadístico con pruebas paramétricas. El test de ANOVA con una $p < 0.000$, confirma la presencia de diferencias significativa entre los grupos. Y con el test de Tukey (Tabla nº12) encontramos diferencias significativas $p < 0.000$, entre los grupos 1,2 y 3, cuando son comparados entre ellos y cuando se comparan con los grupos 4,5 y 6. No se ha encontrado diferencias significativas $P > 1.000$, entre los grupos 4,5 y 6 cuando se comparan entre ellos.

Con respecto al resto de aniones estudiados, no fue necesario realizar análisis estadístico puesto que no existieron diferencias entre los valores de los grupos 1,2,3,4,5,y 6 , lo que demuestra que el efecto del grabado en las superficies de dentina no produce liberación de iones de cloruros, nitratos, sulfatos, carbonatos y fluor, sensibles a la metodología seguida en esta investigación.

Parámetro 1.b. Estudio de la apertura tubular, eliminación de Smear-layer y grabado de la dentina intertubular y peritubular.

La observación cualitativa con microscopio electrónico, de superficie y de transmisión, de las superficies de dentina grabadas y de la obtención de microfotografías, nos han permitido realizar las mediciones óptimas para poder evaluar el grabado dentinario. Los valores cuantitativos estudiados son:

- Medición de la apertura tubular (tabla 23)
- Eliminación del Smear-Layer (tabla 26)
- Medición del grabado en la dentina intertubular (tabla 29)

El estudio cuantitativo de la **apertura tubular** se realiza midiendo el diámetro de los túbulos dentinarios presentes en las figuras obtenidas de las superficies dentinarias grabadas, tal como hemos explicado anteriormente.

Los datos obtenidos están expuestos en la tabla nº 23. Podemos apreciar como la apertura tubular existente en las superficies grabadas con ácido **Ortofosfórico** es mayor que en las grabadas con ácido **Maleico** o ácido **Cítrico**. En la tabla 24 y en el gráfico 24 se exponen los resultados estadísticos

descriptivos de los resultados obtenidos, siendo el diámetro mayor de 4,098 en el grupo 1 y el menor de 2,416 en el grupo 3. Llama la atención un aumento medio de 0.7 micras entre cada uno de los tres grupos, de mayor a menor diámetro en el grupo 1 (ácido ortofosfórico), grupo 2 (ácido maleico) y grupo 3 (ácido cítrico).

En la prueba de homogeneidad de varianzas, test de ANOVA ($F(2)=113.869$ $p<0.000$) encuentra la existencia de diferencias significativas intergrupos y el estadístico de Levène, obtiene una distribución homogénea entre el grupo 2 y 3 (Levène 1.177 $p = 370$), 1y 2 (Levène 2.326 $p=0.55$) y no homogénea entre el grupo 1 y3 (Levene 3.235 $p=0.14$).

El test de Tukey constata una diferencia significativa entre todos los grupos $p<0.000$, tabla 25, reafirmando estos resultados con la prueba de Mann-Whitney entre el grupo 1y2 con un valor de $Z= -5,432$ $p<0.000$ y entre el grupo 1 y3 con un valor de $U=0.500$ $p<0.000$.

La eliminación del Smear-Layer ha dado unos valores cuantitativos que están expuestos en la tabla 26, obteniendo para las muestras grabadas con **Ortofosfórico** una mayor eliminación de barro dentinario, y unos valores de 0 o 1, como puede comprobarse con las figuras 9 a 17, en las cuales se observa una eliminación de la capa de smear-layer y un buen grabado de la dentina intertubular y peritubular, así como una apertura tubular importante.

En las figuras 33 a 41 podemos observar algunos ejemplos de las superficies grabadas con ácido **Maleico**, en las que se aprecia una buena eliminación del barro dentinario, con unos valores cuantitativos similares al grupo anterior, sin embargo la apertura tubular y el grabado de la dentina intertubular y peritubular es menor que en el grupo anterior.

Las figuras 54 a 62 son del grupo grabado con ácido **Cítrico**, en este grupo se han obtenido unos valores de eliminación del barro dentinario de 2-3, es decir el ácido ha sido incapaz de eliminar todos los restos de smear-layer, obteniendo una apertura tubular menor que en los otros dos grupos, no apreciándose en estas imágenes el grabado de la dentina intertubular y peritubular.

En la tabla 27 se exponen los resultados estadísticos descriptivos y en el gráfico 25 la representación de estos datos.

El test de ANOVA, ($F(2)=182.126$ $p < 0.000$), constata la existencia de diferencias significativas intergrupos, presentando una distribución homogénea entre el grupo 1 y 2, (Levene 1.645 $p=0.212$); y no homogénea entre el grupo 1 y 3 (Levene 4.703 $p=0.018$) y entre el grupo 2 y 3 (Levene 6.994 $p=0.004$).

El test de Tukey (Tabla 28), encuentra una diferencia no significativa con una $p=0.675$ en la eliminación del barro dentinario entre el grupo 1 y 2 (tabla 28), y una diferencia significativa entre el resto de grupos, con una prueba de Mann-Whitney $Z=-7.085$ $p > 0.000$ entre el grupo 1 y 3 ; y $Z=-6.800$ $p < 0.000$ entre el grupo 2 y 3.

El grado de acondicionamiento obtenido en la **dentina intertubular**, se evalúa por la descalcificación generada por la penetración del ácido en el espesor de la misma. Las imágenes obtenidas con el microscopio electrónico de transmisión nos permiten medir el límite de la descalcificación realizada en la dentina intertubular por acción del grabado ácido. A partir de estos resultados obtenemos la tabla de datos n° 29, realizando 30 mediciones por grupo.

Encontramos descalcificación dentinaria intertubular con valores comprendidos entre 12.453 micras y 3.899 micras, con una media de 7.689 (tabla 30). El gráfico 26 representa los valores obtenidos por cada grupo, con los valores máximos, mínimos y medios.

El test de ANOVA, ($F(2)=340.584$ $p<0.000$), confirma la existencia de diferencias significativas intergrupos, con una distribución homogénea entre el grupo 1 y 3 (estadístico de Levene 0.856 $p=0.476$) y entre el grupo 2 y 3 (estadístico de Levene 1.060 $p=0.383$), y no homogénea entre el grupo 1 y 2 (estadístico de Levene 3.435 $p=0.023$).

El test de Tukey (Tabla 31), encuentra diferencias significativas entre los tres grupos, tabla 31, con una $p<0.000$. Reafirmado por la prueba de Mann-Whitney entre el grupo 1 y 2 con un valor de $Z=-6.690$ $p<0.000$.

De las figuras 9 a la 17, pueden observarse unas superficies de dentina grabadas con **ácido ortofosfórico**, podemos apreciar como los túbulos dentinarios

son de un tamaño muy uniforme y de un diámetro de alrededor de 3 a 5 micras, se observa una dentina intertubular sin restos de smear-layer. En la figura 14 podemos ver una zona de superficie acondicionada con ortofosfórico a 7.000 aumentos, en ella puede apreciarse el gran ensanchamiento de los túbulos y el adelgazamiento de la dentina intertubular, observándose fibras de colágeno que han quedado expuestas tras la eliminación de calcio y fósforo de la dentina peritubular e intertubular por acción del grabado con ácido ortofosfórico.

Sin embargo, donde podemos apreciar claramente el nivel de descalcificación, obtenido por acción del acondicionamiento con ácido ortofosfórico, es en las imágenes de microscopía de transmisión (figura 18 a la 32).

La figura 18 a la 32 son cortes perpendiculares a la superficie de dentina (4.000 aumentos), que nos permiten estudiar la profundidad de la descalcificación obtenida, y el entramado de fibras de colágeno, tanto en la dentina peritubular como en la intertubular. La zona de dentina acondicionada se aprecia en las imágenes como una zona más clara, debido a que el contraste de electrones varía al variar su composición química de la dentina.

La profundidad de la descalcificación de la dentina intertubular es aproximadamente de unas 6 micras, sin embargo la profundidad del acondicionamiento en la dentina peritubular es mayor, encontrándose a una profundidad de unas 30 micras desde la superficie dentinaria, y una penetración en

la pared del túbulo de 2 a 0.5 micras. Podemos observar que en las conexiones intertubulares, también aparecen fibras de colágeno expuestas, formando puentes que unen túbulos dentinarios y zonas circulares que corresponden a la sección perpendicular de un túbulo secundario, es decir de las conexiones intertubulares. Las figuras 30,31 y32, corresponden a una conexión intertubular desde 8.000 a 20.000 aumentos, en la que se aprecia dentina descalcificada con la consiguiente esponja de fibras de colágeno, con un espesor de 0.5 micras, aproximadamente.

En las muestras tratadas con **ácido maleico** se observa que la apertura tubular es algo menor (figuras 33-41), que en las grabadas con ácido ortofosfórico, unas tres micras, aproximadamente. En la superficie se aprecia algún resto de smear-layer, especialmente en la entrada de los túbulos dentinarios.

En las figuras 42-53 podemos observar la profundidad del grabado y el aspecto de la dentina intertubular acondicionada, que presenta una red de fibras de colágeno abierta de aproximadamente 4 micras, la dentina peritubular está también acondicionada, con un grosor en la pared del túbulo de 1 a 0 micras, y en profundidad (desde la superficie del túbulo) de unas 15 micras. En estas muestras se observa también como las ramificaciones de los túbulos están acondicionadas y aparecen en las fotografías como círculos en el espesor de la dentina (figura 46 y 47).

La descalcificación producida, por el grabado, en la dentina peritubular e intertubular se unen en la superficie, presentado una red continua de fibras colágenas, como una esponja, en la que posteriormente se formará la capa híbrida.

En las superficies grabadas con **ácido cítrico** no se consigue una buena eliminación del smear-layer, como podemos apreciar en las figuras 54-62. Son constantes la presencia de restos de barro dentinario especialmente en la zona peritubular, los túbulos están muy poco ensanchados, siendo de un tamaño aproximado de 2.5 micras. La profundidad del grabado de la dentina intertubular es de unas 2 micras, la dentina peritubular presenta una descalcificación de 1 micra, en grosor del túbulo, y va disminuyendo hasta unas 10 micras desde la superficie grabada (figura de la 63 a la 71). En las figuras 70 y 71 se observan claramente las fibras de colágeno de la dentina peritubular e intertubular.

La calidad del grabado en cuanto al aspecto morfológico de las fibras de colágeno peritubular e intertubular en las dentinas acondicionada con los distintos ácidos es muy similar, variando la capacidad del ácido para profundizar en el espesor de la dentina, pero no para liberar más fibras en la superficie. Las fibras de colágeno aparecen como una red.

Las fibras de colágeno cuya disposición es paralela al corte de la muestra, permiten observar la estriación típica del colágeno, con una longitud de 0,5 a 1

micra. (figura 30-31,45-46,70-71), y las fibras perpendiculares al corte se observan como círculos negros.

Parámetro 2

Parámetro 2.a. Penetración del adhesivo en los túbulos dentinarios

(grosor y longitud de los tags de resina)

Las imágenes obtenidas con microscopio electrónico de superficie de las muestras estudiadas en la tercera fase de la investigación, en las que ya se les ha aplicado el adhesivo y composite sobre las superficies dentinarias de los especímenes a estudio, nos permiten obtener valores cuantitativos del grosor y longitud de las proyecciones de resina, que se exponen en las tablas 32-35.

En la tabla 33, se expone un análisis estadístico descriptivo de los valores registrados en el estudio del grosor de los tags para los tres grupos. Los valores se sitúan entre 4.4 y 2.0 micras, correspondiendo los valores mayores al grupo 1 (acondicionado con ácido ortofosfórico), expuesto en el gráfico 27. El test de ANOVA (F (2) 117.015 $p < 0.000$), constata una diferencia significativa intergrupos con una distribución homogénea entre todos ellos. Entre el grupo 1 y 2 estadístico de Levene 1.464 $p = 0.289$, entre 1 y 3 Levene 1.898 $p = 0.161$ y entre el 2 y 3 Levene 1.768 $p = 0.188$. Lo que permite un estudio estadístico paramétrico en todas las situaciones, realizando el test de Tukey (tabla 34) que

demuestra la existencia de diferencias significativas $p < 0.000$ entre todos los grupos.

En la tabla 36 , se exponen los resultados del estudio estadístico descriptivo de los datos obtenidos en la longitud de los tags de resina, con un valor máximo de 31 micras y un mínimo de 10 con una media de 22, representado en el gráfico 28. El test de ANOVA demuestra una diferencia no significativa intergrupos, con un test de Tukey sin diferencias significativas entre ninguno de los grupos.

Las figuras 72 a la 77 muestran imágenes de dentina que ha sido acondicionada con ácido **Ortofosfórico**. Se puede apreciar como las proyecciones del adhesivo en el interior de los túbulos consigue reproducir fielmente la morfología de los túbulos dentinarios, pudiéndose diferenciar la zona correspondiente a la capa híbrida (Figura 72 *) y como el adhesivo consigue fluir por las conexiones intertubulares (Figura 74) creando una red de resina que favorece la adhesión.

El grosor de estas proyecciones de resina en la zona más proxima a la interfase dental es similar a la apertura tubular obtenida en las superficies acondicionadas con ácido ortofosfórico (Figura 76), por lo que se constata una reproducción del túbulo dentinario.

Las imágenes correspondientes a las muestras grabadas con ácido **Maleico**, (Figura 78-83), en comparación con las muestras correspondientes al ácido ortofosfórico, podemos apreciar, como las proyecciones de resina son más delgadas (Figura 80), reproduciendo la apertura tubular obtenida en las superficies acondicionadas con éste ácido. Se observan conexiones de resina que unen los tags entre sí, sin embargo la longitud de los tags es menor que en el grupo anterior, debido a que la capacidad de penetración de éste ácido en la dentina es menor.

Las imágenes expuestas en las figuras 84-89, corresponden a las muestras acondicionadas con ácido **Cítrico**. Se puede apreciar un claro adelgazamiento del grosor de las proyecciones de resina, (Figura 84), la resina se insinúa en las conexiones intertubulares (Figura 85) sin llegar a unir un tag con otro. En la resina que cubre la superficie de dentina pueden observarse algunas grietas, (Figura 89), que permiten ver la resina compuesta. Los tags de resina son más delgados y más cortos que en las muestras correspondientes a los otros grupos.

En esta fase del estudio, se constata que el adhesivo reproduce fielmente la superficie sobre la que es aplicado, fluyendo por los túbulos dentinarios y por las conexiones intertubular, siempre que éstas se encuentren acondicionadas. El aspecto morfológico de la adhesión obtenido por los distintos grupos es una reproducción de la superficie acondicionada sobre la que ha sido aplicado.

Parámetro 2.b. Penetración del adhesivo en la dentina peri e intertubular.

Se realiza la medición del espesor de la capa híbrida formada por la dentina intertubular y el adhesivo dentinario seleccionado, con las que confeccionaremos la tabla de datos nº 38, a partir de 20 mediciones de especímenes por cada uno de los ácidos seleccionados.

En la tabla 39 se expone el estudio estadístico descriptivo, representado en el gráfico 29. El espesor de capa híbrida obtenido variará entre 11 y 1.4 micras, con un valor medio de 5.3. El test de ANOVA ($F(2) 907.087 p=0.000$), demuestra una diferencia significativa intergrupos. Presentando una distribución homogénea entre el grupo 1 y 3 (Levene 1.055 $p=0.436$), 2 y 3 (Levene 0.783 $p=0.598$) y no homogénea entre el grupo 1 y 2 (Levene 13.443 $p=0.001$).

El test de Tukey demuestra una diferencia significativa entre los resultados de los tres grupos, con una $p<0.000$. Entre el grupo 1 y 2 se confirma con la prueba de Mann-Whitney obteniendo una $U=0.000 p<0.000$.

El estudio de los especímenes nos permite asimismo observar la formación de capa híbrida (figuras 90-125) en los tubulos dentinarios secundarios (túbulos que conectan entre sí a los túbulos dentinarios principales) y la estructura de colágeno en la zona de capa híbrida.

En todos estos cortes, representados en las figuras de la 90 a la 125, se observan cuatro estructuras distintas: 1.dentina, 2.adhesivo, 3.capa híbrida y

4.composite. En los tres grupos estudiados las imágenes son similares, variando el grosor y extensión de la capa híbrida, pero obteniendo en los tres grupos penetración del adhesivo en el interior de la dentina grabada.

Las figuras 90 a la 104 exponen unos ejemplos de las capas híbridas obtenidas en las muestras grabadas con ácido **Ortofosfórico**. El espesor de esta capa es constante, de aproximadamente 6 micra, en la dentina intertubular, y se extiende por la dentina peritubular, permitiendo la formación de capa híbrida en las conexiones intertubulares (Figura 102-105), y en la dentina peritubular.

En la figura 100 y 101 podemos observar la disposición de las fibras de colágeno en la capa híbrida, formando una red con el adhesivo. También se observa entrada de resina compuesta en los túbulos dentinarios.

Las figuras 105-113 son cortes de la interfase correspondientes a las muestras grabadas con ácido **Maleico**, se observa un grosor de capa híbrida en la dentina intertubular menor que en el grupo anterior, con un espesor de aproximadamente 4 micras. También se observan formación de capa híbrida en las conexiones intertubulares (Figura 106-107-108), así como entrada de resina compuesta en los túbulos dentinarios (Figura 107-109).

Las Figuras 114-125, corresponden al grupo acondicionado con ácido **Cítrico**, en este grupo se observa un adelgazamiento importante del espesor de la capa híbrida en la dentina intertubular. En la dentina peritubular el proceso de hibridación está limitado a la entrada del túbulo (Figura 120-123), no apreciándose en las conexiones intertubulares ni a lo largo de la pared de los túbulos. Las fibras de colágeno que forman la capa híbrida de la dentina intertubular presentan una disposición igual al resto de grupos, no apareciendo colapsadas sino enredadas o embebidas en la resina (Figura 115-116).

VII. DISCUSIÓN

La función principal de los diversos sistemas de adhesión dentinal es anclar el composite y otros materiales restauradores a la dentina y al esmalte de la pared cavitaria, para evitar microfisuras por las que puedan infiltrarse microorganismos.

El tallado y la preparación cavitaria producen una serie de superficies de los diversos tejidos dentales, especialmente en dentina con la producción de la llamada *capa de barro dentinario*, siempre y cuando utilicemos para nuestras preparaciones instrumental rotatorio. Actualmente podemos tallar las cavidades con microaeroabrasión¹⁴⁷ o con laser¹⁴⁸, las superficies obtenidas en dentina mediante la utilización de estas técnicas es muy diferente y pueden alterar el resultado de las técnicas adhesivas, puesto que ninguna de las dos técnicas van a crear una capa en la dentina similar al barro dentinario^{147,148}.

En el desarrollo de los adhesivos dentales y en su investigación ha desempeñado un papel principal el tratamiento dado a la capa de barro dentinario: Adhesivos que incorporan a la interfase el barro dentinario modificado previamente por la aplicación de primers. Adhesivos que eliminan de la interfase el barro dentinario mediante la aplicación previa de acondicionadores. Adhesivos que disuelven el barro dentinario, mediante la incorporación de acondicionadores en el mismo adhesivo.

El adhesivo seleccionado en este trabajo correspondió al segundo grupo de los expuestos anteriormente, es decir a los que eliminan, en primer lugar, la capa de barro dentinario. Esto implica la realización de un acondicionamiento en la dentina, previo a la aplicación del adhesivo. Se han indicado diferentes productos químicos con este fin, especialmente ácidos fuertes o débiles, orgánicos o inorgánicos, etc.

El ácido ortofosfórico, el ácido maleico y el ácido cítrico están indicados para este efecto, al igual que otros productos expuestos en la revisión de conocimientos. Puesto que algunos fabricantes y algunos investigadores indican unos u otros, especialmente los tres ácidos anteriormente citados, **nos motivó para seleccionarlos en este trabajo**. La eficacia de cada uno de ellos forma parte de los objetivos de esta investigación.

Por un lado hemos investigado los efectos que producen cada uno de estos tres ácidos sobre superficies de dentina a las que se ha reproducido una capa de barro dentinario lo más similar posible entre ellas; y por otro lado se ha estudiado la capacidad de unión o penetración del adhesivo sobre cada una de estas superficies acondicionadas.

Uno de los objetivos del acondicionamiento dentinario es eliminar la capa de barro dentinario y producir una eliminación del material inorgánico de la dentina peritubular e intertubular, con la consiguiente apertura tubular y exposición de las

fibras de colágeno o material orgánico de la dentina peri e intertubular, siendo el responsable de la permeabilidad dentinaria⁵⁷. Por lo que se consideraron la cuantificación del material inorgánico eliminado por el acondicionamiento, los restos de barro dentinario presente en las superficies tras el grabado, el diámetro de los túbulos dentinarios y la profundidad de dentina inter y peritubular con eliminación de material orgánico y exposición de fibras de colágeno.

Para poder constatar el grado de penetración del adhesivo en las diferentes superficies acondicionadas con los distintos ácidos valoramos diferentes parámetros, el grosor y longitud de los tags de resina, es decir la capacidad del adhesivo de penetrar en la dentina tubular y de formar una red de unión mecánica en el interior de la dentina. Y por otro lado se ha valorado el grosor de la capa formada por la dentina inter y peritubular y los monómeros del adhesivo, es decir la capa híbrida en la que se produce una unión química del adhesivo con las fibras de colágeno acondicionadas.

Sabemos que las características químicas y morfológicas de la dentina varían²⁶ con las características propias de cada tipo de diente, la edad dental, la profundidad en el espesor de la dentina, las posibles agresiones como caries, abrasiones, desgastes o atricciones, tratamientos dentales, etc.

La variación de las características histológicas propias del diente puede llegar a alterar los resultados de la investigación, por lo que seleccionamos terceros molares libres de caries de pacientes jóvenes, con el fin de unificar al máximo las características histológicas de la muestra y poder reducir en todo lo posible estas diferencias.

La altura dentinaria elegida en este trabajo es la de un milímetro por encima del techo cameral, midiendo desde el surco, en esta zona el número de túbulos dentinarios por mm^2 , pertenece a una zona intermedia de la dentina²⁸, en la que podemos ver los efectos del acondicionamiento tanto en la dentina peri e intertubular, como la apertura tubular y penetración del adhesivo en los túbulos principales y secundarios.

La reproducción del barro dentinario se hizo siguiendo el protocolo de otros investigadores que reproducen la capa de smear-layer, con lijados de la superficie de dentina con papel de smeril de diferentes grosores. Esta forma de reproducción de la capa de barro dentinario creímos que era fácilmente reproducible en todas las muestras por lo que fue seleccionada como método en esta investigación.

Los adhesivos que modifican el barro dentinario, están fundamentados en la idea de que la capa de barro dentinario es una capa protectora para la dentina y la pulpa. A este grupo pertenecen los primeros adhesivos dentales. Para preservar la capa protectora de barro dentinario se evitaba el grabado dentinario con ácidos,

limitando el grabado dental al esmalte y aplicando en dentina unos primers incapaces de exponer las fibras de colágeno de la dentina⁶².

Actualmente la mayoría de adhesivos tienen como objetivo la adhesión directa a la estructura histológica de la dentina. A este grupo pertenece el adhesivo utilizado en esta investigación (*Prime&Bond 2.0*). Estos adhesivos necesitan eliminar la capa de barro dentinario mediante la aplicación de un ácido en dentina y esmalte, es decir, mediante el *grabado total*¹⁴⁹. Finger y cols consideran que los adhesivos cuyos monómeros hidrofílicos van disueltos en acetona son ideales para penetrar en la estructura dental acondicionada, consiguiendo fuerzas de unión de 25 Mpa.

La presentación de los acondicionadores dentales puede ser en forma líquida o de gel, este punto también puede afectar la eficacia de estos productos por modificar su capacidad de mojabilidad y de penetración en la superficie de dentina, y su dificultad en la eliminación tras su aplicación, necesitando un lavado más abundante la presentación en gel.

Los estudios de Kanka⁶⁵ nos advierten de la posibilidad de dejar restos de oxalato de sílice en las superficies de dentina, cuando utilizamos grabadores en presentación de gel, estos restos pueden posteriormente alterar la interfase adhesivo-dentina. El oxalato de sílice se utiliza como espesante de los acondicionadores, por lo que según las diferentes presentaciones de las distintas casas comerciales puede variar su concentración. En este trabajo se prefirió la

presentación en gel por considerar que podíamos controlar mejor la extensión de la superficie en la que aplicamos el grabado ácido. No se seleccionaron presentaciones comerciales de estos productos prefiriendo su elaboración en farmacia, para así, igualar al máximo las características de su presentación, variando únicamente el ácido que la compone. El tiempo de aplicación que se realizó es de 20 segundos, realizando un lavado con agua estandarizado y un secado de 3 segundos.

La aplicación de productos con un PH bajo sobre la dentina, que es un tejido poroso, podía provocar un daño pulpar irreversible. Esta idea llevó a la utilización de fondos y bases cavitarias en dentina, limitando la adhesión al esmalte. El fracaso de estas técnicas en algunos casos y las investigaciones que demuestran que la vitalidad pulpar es compatible con un PH alto o bajo¹⁴⁵, permitiendo la formación de dentina reparadora¹⁵⁰, han llevado a la utilización de ácidos en el acondicionamiento dentinario, ampliando la capa adhesiva a esmalte y dentina permitiendo así un sellado mayor de la restauración. No podemos estar de acuerdo, ni en desacuerdo con los investigadores que ven una agresión tóxica para la vitalidad dental en el grabado ácido de la dentina, puesto que en nuestra investigación no se ha estudiado este aspecto. Pero sí estamos de acuerdo con los investigadores que consideran básico el grabado dentinario para obtener una interfase íntegra, independientemente de la altura dentinaria, garantizando el sellado de la cavidad pulpar¹³⁹.

Sin embargo, el grabado ácido en capas profundas de dentina sigue siendo controvertido^{151,152}, especialmente si se trata de dentina con exposición pulpar. Estos trabajos señalan que la protección pulpar adhesiva fracasa en primates, con un 41% de necrosis pulpares entre los días 26 y 75 después del tratamiento. Además, Pameijer ha descrito efectos histológicos desastrosos en pulpas expuestas de monos grabadas y en donde se aplicó una protección pulpar y un adhesivo experimental¹⁵³. Estos trabajos son opuestos a los hallados por Akimoto y cols¹⁵⁴, Otsuki y cols¹⁵⁵ y Cox y cols¹⁵⁶, en los que las pulpas expuestas de los primates cicatrizaron y evidenciaron histológicamente la formación de puentes dentinarios con tres sistemas adhesivos diferentes como protección pulpar adhesiva.

Actualmente es aceptado por muchos autores^{157, 158}, con los que estamos de acuerdo, que el mejor procedimiento clínico para realizar una buena protección pulpar y un sellado dentinario eficaz, en la realización de obturaciones dentales, es la aplicación de grabado en toda la dentina expuesta en la cavidad operatoria, incluso con exposición pulpar, según Cox. El procedimiento más fiable para sellar eficazmente las restauraciones evitando la sensibilidad postoperatoria e infección bacteriana, son los sistemas adhesivos hidrofílicos e hidrofóbicos. Consecuentemente el uso de protectores pulpares, como el hidróxido de calcio, en la clínica diaria debe omitirse debajo de restauraciones adhesivas. Esto permitirá una mayor y mejor interfase dentinaria para la adhesión y el sellado. Según Cox y

cols¹⁵⁶ la pulpa dental mantendrá su vitalidad fisiológica mientras el sellado adhesivo impida el acceso de las bacterias y sus componentes tóxicos. Sin embargo, pese a las técnicas de remoción de caries de que disponemos, hemos de ser conscientes que debajo del límite de nuestra preparación persisten bacterias en lugares distantes, llegando incluso a alcanzar la dentina reparativa secundaria o terciaria, en las proximidades de la pulpa¹⁵⁹. Estos interesantes trabajos de Llamas y cols indican que a pesar de un buen sellado y una interfase sin filtraciones podemos dejar bacterias en la dentina, hecho que complica más las conclusiones de los distintos investigadores sobre este problema y que mantiene abierto un amplio campo de investigación.

No podemos olvidar que el grabado dentinario realiza una limpieza cavitaria con la eliminación de algunos gérmenes presentes en el barro dentinario¹⁶⁰, pero también aumenta la permeabilidad dentinaria, permitiendo más fácilmente el acceso hasta la pulpa de los microorganismos que se filtrarán o se dejarán debajo de las restauraciones.

Así pues para conseguir una buena adhesión, consideramos, que lo primero que se tiene que hacer es preparar la dentina para aumentar la difusión a su través de los monómeros de resina hidrofílicos, mediante la realización del grabado ácido¹⁶¹, desmineralizando la superficie de dentina y preparando el “andamio de colágeno”¹⁴⁹.

Este andamio de colágeno expuesto por la eliminación del material inorgánico disuelto por el acondicionador, es muy sensible a nuestra actitud clínica, pudiendo colapsarse por un secado excesivo de la preparación, no permitiendo la penetración de los monómeros hidrofílicos del adhesivo y llevando a un fracaso en la adhesión. Algunos autores encuentran mejor adhesión cuando la dentina permanece húmeda o bien como proponen algunas casas comerciales, cuando después del secado se procede a la rehumidificación de la dentina a adherir. Nos parece oportuno un ligero secado de 3 segundos, como aconsejan las investigaciones llevadas a cabo por Tay^{66,67,68}, intentando en ningún caso desecar la dentina, puesto que aplicaremos un adhesivo cuyo solvente es la acetona y requiere una superficie con un cierto grado de humedad para poder difundir a su través.

Los impregnadores o primers se pincelan a continuación y son los verdaderos agentes que promueven la adhesión. Estos contienen monómeros hidrofílicos que poseen afinidad con el entramado de fibrillas de colágeno, y además contienen un componente hidrofóbico para obtener la copolimerización con la resina adhesiva. Estos monómeros se hallan disueltos en disolventes orgánicos, como acetona o etanol. Debido a sus características pueden desplazar el agua presente en la superficie dentinaria y en el entramado de colágeno húmedo¹⁶². El objetivo de la impregnación es transformar la superficie dentinaria hidrofílica en un sustrato hidrofóbico y esponjoso, que permita la penetración y humectación por parte de la

resina adhesiva. El resultado de este proceso es la hibridación o la formación de la llamada capa híbrida, resultando ser un extracto de dentina desmineralizada en donde las fibras colágenas y la resina se mezclan, formando un complejo muy resistente a las fuerzas de contracción durante la polimerización de las resinas compuestas.

PRIME & BOND 2.0 es un agente monocomponente de unión en el que la función de cada uno de los componentes es muy específica, así la acetona es el solvente del adhesivo y tiene como función la de transportador efectivo y estable de los otros componentes. Actúa desplazando el agua y ayuda a la buena infiltración en la dentina asegurando una excelente unión micromecánica.

El PENTA ayuda a mojar la superficie de la dentina gracias a la presencia de grupos hidrofílicos. Actúa como promotor de la adhesión formando unión iónica con el calcio en dentina y esmalte. La combinación de resinas rígidas y flexibles (Resinas elastoméricas), altamente unidas da lugar a una red capaz de absorber grandes situaciones de stress. Gracias a esto se absorbe el stress de la contracción de polimerización y de las fuerzas masticatorias. Ello asegura una unión duradera y sellado marginal. La aportación de fluor en los adhesivos reduce la sensibilidad postoperatoria y el riesgo de caries secundaria.

Las indicaciones de Prime&Bond 2.0 son, fundamentalmente restauraciones de composite y compómero, reparaciones y restauraciones de cerámica, Inlays de

composite, restauraciones de amalgama, reparaciones de composite, barniz cavitario adhesivo y barniz protector para áreas cervicales hipersensibles.

La fuerza de unión entre composite y dentina húmeda grabada utilizando Prime&Bond 2.0, según el fabricante es de 21.8 Mpa¹⁶³.

Para la utilización clínica es aconsejable después de la preparación de la cavidad realizar un grabado tanto de esmalte como de dentina durante 20 segundos. Después se aconseja el lavado abundante para la eliminación de todos los restos de grabado durante 15 segundos. Eliminar el exceso de agua de la cavidad con un chorro de aire dirigido a los márgenes del esmalte. Evitar desecar la dentina, dejando una superficie húmeda.

Secar las áreas acondicionadas 2-5 segundos con aire libre de contaminación de aceite y agua, evitando desecar la dentina, dejando una superficie húmeda pero no mojada sobre la superficie.

Prime & Bond 2.0 se aplica en dos capas. Una primera capa abundante que ha de mojar dentina y esmalte, se deja reposar durante 20 segundos, posteriormente se elimina el exceso soplando suavemente con una jeringa de aire durante unos pocos segundos, luego se fotopolimeriza durante 10 segundos y se aplica una segunda capa de la que también eliminaremos el exceso de solvente y polimerizaremos nuevamente durante otros 10 segundos. Inmediatamente aplicaremos el material restaurador. Según Walshaw⁶⁹ es imprescindible para una buena adhesión el secado tras la aplicación de la primera capa del adhesivo,

eliminando los restos de solvente y manteniendo los monómeros hidrofílicos en el interior de la dentina, especialmente en adhesivo con solventes de alcohol o acetona. Conclusiones con las que podemos estar de acuerdo por los buenos resultados que hemos obtenido siguiendo estos consejos de aplicación. Con los que hemos observado un relleno por parte del adhesivo de toda la profundidad de dentina acondicionada en los diferentes grupos.

Una de las ventajas que presentan los adhesivos monocomponentes con solución de acetona es que tiene una técnica de aplicación sencilla, reduce la sensibilidad postoperatoria y ayuda a prevenir la caries secundaria, tiene una excelente mojabilidad a la dentina, asegurando un mejor contacto entre el adhesivo y la estructura del diente, presenta una buena penetración en dentina creando las microretenciones. La acetona actúa como desinfectante durante la aplicación y desplaza el agua existente en la dentina permitiendo la entrada de la resina en la estructura de la dentina.

Los adhesivos dentales que infiltran el colágeno, cerrando los túbulos dentinarios y sus anastomosis laterales, protegen la dentina del ambiente bucal. Sin embargo, es aún difícil estandarizar un proceso operativo para obtener un sellado perfecto en todas las condiciones clínicas.

Este proceso aparentemente sencillo está sujeto a multitud de variantes, que pueden llevar a un fracaso en la técnica adhesiva, tal y como hemos expuesto la presentación líquida o gel del acondicionador, la concentración del ácido, el

tiempo de aplicación, y la forma de eliminación (tiempo de lavado y secado) pueden mejorar o empeorar la capacidad de unión del adhesivo, dando lugar a la formación de espacios vacíos en la interfase.

Los estudios clínicos demuestran sensibilidad postoperatoria con frecuencia que oscila entre 0 a 30% de restauraciones adhesivas¹⁶⁴. Se considera que esta sensibilidad postoperatoria puede derivar de la existencia de espacios vacíos en la capa adhesiva, que pueden transmitir presiones hidráulicas a los odontoblastos. Estos espacios vacíos corresponden a dentina no impregnada de monómeros adhesivos, la aplicación clínica de adhesivos monocomponentes requiere la aplicación de suficientes capas como para asegurar una impregnación completa del colágeno expuesto por acción del grabado dentinario¹⁶⁵. Así mismo también es imprescindible una correcta relación entre los solventes del adhesivo y los monómeros de resina para poder impregnar y rellenar todas las fibras de colágeno expuestas y toda la dentina desmineralizada¹⁶⁶.

El método de aplicación del adhesivo que se ha realizado en este trabajo, ha permitido la correcta distribución de los monómeros hidrofílicos y la correcta impregnación de la dentina inter y peritubular, tal y como podemos comprobar en las fig 90-125, y la difusión a través de la dentina tubular fig 72-89; por lo que consideramos imprescindible la aplicación de dos capas como mínimo para la correcta función del adhesivo utilizado.

También es discutible, la posible debilidad creada en el andamio de fibras de colágeno expuesto tras el grabado dentinario con ácido ortofosfórico al 37% dando lugar al desprendimiento de la capa híbrida y a la llamada nanofiltración, con el consiguiente fracaso restaurador y pulpar. Nosotros no hemos encontrado desprendimiento de la interfase por debajo de la capa híbrida, ni colágeno desnaturalizado o apelmazado, en las muestras tratadas con ácido ortofosfórico al 37% durante 20 segundos,(Fig 90-104), por lo que pensamos que este grabado agresivo no afecta sustancialmente la integridad estructural del colágeno, sino que favorece la penetración de resina en un mayor grado de la dentina intertubular y peritubular, tal y como demostramos en nuestro estudio de espesor de la capa híbrida, encontrando diferencias estadísticamente significativas en el grosor de la capa híbrida formada en la dentina grabada con ácido ortofosfórico en comparación con las muestras grabadas con ácido maleico o ácido cítrico. Autores como Van Meebeek , Lambrechts y cols ¹⁸³ opinan que el grabado con ácido ortofosfórico al 37% permite una hibridación perfecta de la resina y el colágeno. Sin embargo hay que insistir en la correcta aplicación del adhesivo para poder permitir el relleno del andamio de fibras de colágeno por los monómeros hidrofílicos.

Actualmente, en la adhesión a dentina no puede hablarse de una técnica estandarizada, sino del tipo de dentina y del sistema de unión utilizado. La mayor resistencia adhesiva se obtiene con la dentina peritubular e intertubular, con la

formación de la “capa híbrida”. Pero la cantidad de dentina peritubular e intertubular varía según la profundidad de la dentina, lo que puede ser causa de los diferentes resultados de los distintos investigadores, puesto que en ningún caso partimos de muestras idénticas.

En la dentina más próxima a la pulpa es donde menos dentina intertubular existe, por lo que el sellado dentinario, en esta zona tan crítica para la pulpa, es menor que en la zona más próxima al esmalte, esto para algunos autores también justificaría la colocación de fondos cavitarios¹⁶⁷. Sin embargo la capa híbrida y las proyecciones de resina en los túbulos van a favorecer el sellado hermético del complejo dentino-pulpar contra la microfiltración y la invasión bacteriana¹⁸³, lo que desaconseja la aplicación de fondos cavitarios, idea que compartimos puesto que la aplicación de fondos impediría la difusión del adhesivo en la dentina y la consiguiente unión adhesiva, independientemente de la profundidad dentinaria de nuestra preparación cavitaria.

La integridad de la interfase de la unión resina-dentina dependerá de la contribución de la dentina peri e intertubular¹⁶⁸. Esta contribución de dentina inter y peritubular va a venir condicionada por la altura dentinaria en la que estemos trabajando, dentro de lo que es el espesor de la dentina y por la capacidad de eliminación de materia inorgánica de la dentina por el acondicionador.

La hibridación triangular formada en la transición entre la dentina peri e intertubular, ha sido descrita como la hibridación de los *resin-tags*¹⁶⁹. La

retención adicional y el sellado hermético pueden ser también el resultado de la formación de tags microscópico de resina en los canales laterales que irradian de los túbulos principales. Tales tags de tamaño nanométrico en los ramales de los túbulos laterales están hibridizados, con el fenómeno descrito como hibridación tubular lateral ¹⁶⁹. En las muestras grabadas con ácido cítrico no hemos observado la formación de estos microtags de resina, ni la hibridación de la dentina peritubular. Sin embargo las muestras tratadas con ácido maleico (fig 106,107 y 113) y ácido ortofosfórico (fig 102,103 y 104) son capaces de permitir la penetración en la dentina peri e intertubular del adhesivo, obteniendo una buena capa de hibridación llegando a los tubulos laterales, sellando la interfase. Por nuestros resultados compartimos la idea de los investigadores¹⁶⁹ que defienden la necesidad de la formación del fenómeno de hibridación tanto de los resins-tags principales como laterales, para obtener una interfase hermética y sellada.

Tanto la capa híbrida como las proyecciones de resina en el interior de los túbulos dentinarios son indiscutibles para obtener un buen sellado y una buena adhesión, especialmente la capa híbrida, los tags de resina van a contribuir a mejorar la fuerza de adhesión, y en los casos de desprendimientos de la interfase a nivel de la parte superior o inferior de la capa híbrida, zona considerada más débil de la unión micromecánica¹⁷⁰, el sellado tubular mantendrá los túbulos taponados¹⁷¹, reduciendo la permeabilidad tubular y su potencial para desencadenar una irritación pulpar¹⁷². En el estudio de las proyecciones de resina

en el interior de los túbulos se ha comprobado, como el adhesivo Prime&Bond 2.0, rellena todos los espacios creados por el ácido grabador en las superficies de dentina, reproduciendo con el grosor de los tags de resina el diámetro obtenido en la apertura tubular por la acción del grabado ácido específico de cada grupo, encontrando diferencias significativas, (tablas 25 y 34), en ambos parámetros (apertura tubular y grosor de los tags) entre los tres grupos estudiados.

Estamos de acuerdo con la idea de Van Meerbeek y cols de que las proyecciones de resina en el interior de los túbulos dentinarios pueden mejorar la fuerza de adhesión de los diferentes sistemas adhesivos, por lo que cuanto mayor sea la red de tags de resina creada por el adhesivo en el interior de la dentina mayor será la fuerza de adhesión. Pero la hibridación tanto de la dentina intertubular como de la pared de los túbulos es necesaria para mantener el sellado hermético de la interfase, hecho que no hemos constatado que se produzca en las muestras grabadas con ácido cítrico por lo que consideramos insuficiente éste acondicionador dentinario, en la concentración y tiempo aplicado.

Según Nakajima¹⁷³ y cols, cuando realizamos técnicas adhesivas con adhesivos de un solo paso, se necesita ácido ortofosfórico (32%-37%) como grabador, para conseguir unas fuerzas de unión óptimas. Lo más importante es que algunos acondicionadores ácidos no son suficientemente fuertes como grabadores de la dentina, especialmente la esclerótica o afecta de caries. En sus investigaciones muestras grabadas con ácido ortofosfórico al 10% a las que se

aplica un adhesivo monocomponentes y observadas al microscopio electrónico de barrido, revelaron una pérdida de la mitad de las capas híbridas creadas por cualquier sistema adhesivo. Está claro, según este autor, que el ácido ortofosfórico al 32-37% es el requerido, para adecuadamente grabar dentina afectada por caries para conseguir una alta fuerza de adhesión y una buena infiltración en la dentina desmineralizada. Nosotros hemos encontrado unos resultados similares a esta investigación en cuanto al buen resultado de las muestras grabadas con ácido ortofosfórico al 37%, pero nuestra investigación se ha realizado en condiciones diferentes, por tratarse en nuestro caso de dientes sin caries en contraposición al autor que ha desarrollado su investigación sobre dentina esclerótica.

En la actualidad, la mayor parte de los adhesivos modernos emplean ácido ortofosfórico en concentraciones superiores al 30%, grabando conjuntamente esmalte y dentina, entre 15 y 30 segundos, a excepción de la dentina esclerótica que requiere un aumento del tiempo de grabado para hacerla receptiva al adhesivo¹⁷⁴, Nakajima y cols estudiaron sobre todo el efecto de diferentes concentraciones del ácido ortofosfórico en la dentina esclerótica, manteniendo el mismo tiempo de aplicación del ácido, sin embargo el tiempo, es importante pudiendo mejorar o empeorar el efecto del acondicionador. El tiempo de aplicación del acondicionador en la dentina en nuestra investigación fue de 20 segundos y según los resultados nos parece suficiente para poder obtener una

superficie de dentina receptiva a la adhesión en las muestras grabadas con ortofosfórico al 37%. Sin embargo en las muestras tratadas con ácido maleico y ácido cítrico, podría ser interesante ampliar la investigación comparando si un aumento del tiempo de aplicación mejoraba los parámetros estudiados.

Otros autores como García-Godoy¹⁷⁵ y cols concluyen que la fuerza de adhesión, en el caso del ácido ortofosfórico no varía con la concentración y siempre era superior a la obtenida con el ácido maleico al 10% o prescindiendo de grabado.

Holtan y cols⁵⁸, también obtienen una mayor fuerza de adhesión de un mismo adhesivo con el grabado con ácido ortofosfórico, seguida del maleico y oxálico; investigación con la concuerdan nuestros resultados, a pesar de la distinta metodología y objetivos planteados.

En investigaciones realizadas por Maskaroni¹⁷⁶ comparan el efecto del grabado ortofosfórico al 37% y del ácido poliacrílico, ambos durante 30 segundos, siendo los resultados siempre superiores con el ácido ortofosfórico. Similares resultado obtuvieron Stephen¹⁷⁷ y cols comparando el grabado del ácido ortofosfórico al 37% y del ácido nítrico 2.5%. Todos estos trabajos concluyen que el grabado con ácido ortofosfórico al 37% durante 30 segundos, mejora la fuerza de adhesión.

Estamos de acuerdo con las investigaciones de Shimada y cols⁵⁹, en las que concluye que la interfase entre el adhesivo y la dentina va a depender más del

acondicionador y de las características de la dentina que de las características del propio adhesivo.

Por los resultados obtenidos en esta investigación las superficies de dentina grabadas con ácido ortofosfórico o ácido maleico, obtienen una eliminación del barro dentinario sin diferencias significativas entre ambos grupos, sin embargo el grabado con ácido maleico no elimina totalmente el smear-layer, resultados que coinciden con las investigaciones de Shimada y cols⁵⁹. El grabado con ácido ortofosfórico mejora todos los parámetros cuantificados de la adhesión en este estudio, como son: *mayor espesor de la capa híbrida, proyecciones de resina en los túbulos dentinarios de mayor grosor y mayor longitud*, permite la hibridación de las proyecciones de resina en la dentina tubular y se observan proyecciones de resina en los túbulos laterales con fenómenos de hibridación. Los otros ácidos estudiados producen una interfase menor entre el adhesivo y la dentina permitiendo una menor penetración del adhesivo a todos los niveles, que las muestras grabadas con ácido ortofosfórico. Por lo cual ratificamos la mejora de la adhesión obtenida con un adhesivo monocomponente cuando es utilizado en dentina preparada con ácido ortofosfórico al 37%. Estando de acuerdo con los resultados Maskaroni y Stephen, de que obtenemos mejores resultados en las muestras grabadas con ácido ortofosfórico, pero creemos que no es necesaria una aplicación de 30 segundos en la dentina, puesto que 20 segundos nos han dado un buen resultado.

Trabajos como el de Der Horng y cols¹⁷⁸ y cols obtienen mejores resultados con el grabado con ácido ortofosfórico al 37% durante 15 segundos, disminuyendo la adhesión cuando se incrementaba el tiempo de grabado especialmente en 60 segundos. Estos trabajos contrastan con los resultados obtenidos por Surmont y cols¹⁷⁹ y por Vila y cols¹⁸⁰ en los cuales el incremento del tiempo de grabado de 15 a 60 segundos con ácido ortofosfórico, no representaba una diferencia significativa en la fuerza de adhesión.

Las últimas tendencias en odontología adhesiva proponen la aplicación del grabado dental mediante un gel autograbadador, *primers-grabadores*, estos adhesivos disuelven en barro dentinario y pertenecen al tercer grupo de adhesivos. Estos primers autograbadores no requieren del lavado tras su aplicación, esta técnica disminuye el tiempo de trabajo clínico y a la vez elimina el lavado y secado dental tras la aplicación del ácido acondicionador, sin embargo estudios encaminados a determinar su eficacia demuestran mejores resultados en muestras grabadas con ácido ortofosfórico¹⁸¹. Según Hotta¹⁸² y cols conseguiremos mayor adhesión si utilizamos adhesivo sin mezclar con primers que unido a él, porque las mezclas inhiben los radicales libres de polimerización y empeoran las propiedades mecánicas. Van Meerbeek¹⁸³ insiste en que hay una gran controversia sobre la capacidad de grabado de estos sistemas, además de la discutible fuerza de unión y durabilidad de estos adhesivos. Perdigo y cols¹²³ creen que el monómero

acídico (Phenyl-P) que contienen los primers-grabadores no tiene la efectividad de los grabadores convencionales, necesitando alargar el tiempo de aplicación clínica para poder obtener un mejor grabado. Sin embargo trabajos in vitro realizados por Hanning¹⁸⁴ concluyen que los autograbadores proporcionan una adhesión duradera y un perfecto sellado marginal. Otras investigaciones realizadas por Vila y cols¹⁸⁵ no encuentran diferencias estadísticamente significativas entre la resistencia a la cizalla de dos adhesivos, uno autograbador y otro de grabado convencional.

Sería interesante ampliar los estudios que hemos realizado comparando el efecto de los autograbadores en contraposición a los resultados obtenidos por el ácido ortofosfórico al 37%.

La sensibilidad de la técnica clínica en odontología adhesiva y pequeñas variaciones como: la variabilidad histológica de la dentina en cada diente y en cada altura dentinaria, la forma dada al diseño cavitario, el instrumental utilizado para su tallado, la aplicación de un acondicionador en gel o en líquido, la aplicación clínica entre 15 y 30 segundos, etc; pueden alterar el éxito clínico en odontología adhesiva, por eso todavía no existe una pauta aceptada por todos los investigadores y clínicos en la adhesión a dentina¹⁶⁷.

No olvidemos que la función principal de los diversos sistemas de adhesión dentinal es anclar el composite y otros materiales restauradores a la dentina y al esmalte de la pared cavitaria, por lo que las características químicas y mecánicas

de estos materiales influyen sustancialmente en el resultado final de la adhesión. Concentrémonos en analizar las tensiones que sufre la interfase creada entre la dentina y el adhesivo cuando sobre éste aplicamos un material compuesto que ha de sufrir el fenómeno de la polimerización.

Como ya hemos expuesto en la revisión de conocimientos los composites tienen diferentes propiedades según su composición: resina y tipo y tamaño de partícula⁵⁴. Los materiales compuestos sufren un fenómeno de reducción volumétrica durante la fase de polimerización, ya sea de autopolimerización o fotopolimerización. En los composites híbridos de fotopolimerización esta contracción volumétrica es de alrededor del 3%¹²⁷. El composite utilizado en esta investigación pertenece a este grupo, se trata de un material microhíbrido de fotopolimerización. Consideramos oportuna la selección de este material por tratarse de un composite con amplia indicación clínica y por pertenecer al mismo fabricante que el adhesivo utilizado.

Hemos realizado la polimerización de las muestras con una lámpara halógena no progresiva, de una intensidad de 620 mW/ cm², lo que crea una polimerización relativamente lenta del composite y adhesivo, en contraposición con la polimerización rápida de las lámparas de plasma o láser. Actualmente este aspecto está en constante estudio no pudiendo en la actualidad saber si la polimerización lenta o rápida mejora las propiedades de los composites tanto en el

momento de la polimerización como en la estabilidad definitiva de los composites¹⁸⁶.

El adhesivo necesita tener una fuerza de adhesión a la dentina capaz de resistir la fuerza de contracción a la polimerización del composite¹⁰⁴, esto genera una tensión en la capa de adhesión, que en muchas ocasiones determina una fractura en la interfase, que puede ser cohesiva (entre adhesivo y composite) o adhesiva (entre adhesivo y dentina), según cual sea la zona de mayor debilidad.

Finger y cols¹²⁵ consideran que los adhesivos cuyos monómeros hidrofílicos están disueltos en acetona son ideales, consiguiendo fuerzas de unión de 25 Mpa, las investigaciones de la casa Dentsply obtienen un fuerza de adhesión de 21.8 Mpa¹⁶³ para Prime&bond 2.0. Nosotros no hemos estudiado la fuerza de adhesión de los diferentes grupos, pero sí ha sido, en todas las muestras, suficiente para contrarrestar la fuerza de contracción del composite.

En las muestras estudiadas no hemos encontrado fracturas en la interfase en ninguno de los grupos, pero sí hemos constatado importantes diferencias en el espesor de capas híbridas creadas entre la dentina y el adhesivo, así como en el grosor de los tags de resina, puntos vitales para mantener la interfase sin grietas tras el proceso de polimerización. Sin embargo, González y cols⁹⁵ han hallado zonas de desprendimiento entre la resina del adhesivo y el composite, y atribuyen

este hecho a una compensación de la contracción a la polimerización, describiéndolo como un hecho beneficioso para el sellado de la interfase.

Creemos que en nuestra investigación la fuerza generada en el momento de la polimerización en la interfase, estaría muy compensada por el contenido de resinas elastoméricas del adhesivo y por la posibilidad de contraer el composite hacia la dentina, pues no se trata de cavidades sino de superficies de dentina, en las que tan solo una zona del composite va a estar adherida, permitiendo su disminución de volumen en las otras superficies libres. Esto hace que extrapolemos nuestros resultados a la clínica siempre con prudencia, pues no podemos olvidar que se trata de una investigación “in vitro”, sobre dientes libres de caries y sobre superficies de dentina, al igual que la mayoría de investigaciones sobre adhesión¹⁴⁰. Las distintas formas de las preparaciones cavitarias van a dar lugar a diferentes zonas de tensión en el momento de la polimerización, lo que puede generar una fractura en la interfase.

El volumen de la masa de composite a adherir, la forma cavitaria en la que se va a aplicar el composite, la intensidad y tiempo de polimerización pueden aumentar o disminuir esta fuerza destructora de la adhesión.

Por otro lado, desde la industria se intenta mejorar la composición de los adhesivos dentales, para lo cuál, algunos fabricantes añaden a los adhesivos carga inorgánica nanométrica con el fin de aumentar la resistencia de la interfase y aliviar las tensiones entre el diente y el material restaurador, todavía es pronto para

saber si estos adhesivos ofrecen mejores resultados que los adhesivos sin relleno¹²³. En los trabajos realizados por Vila y cols¹⁸⁵ encuentran mayor resistencia a la rotura en la interfase del adhesivo con carga estudiado en su investigación, sin embargo no es estadísticamente significativa en comparación a la resistencia a la rotura de la interfase formada por adhesivos monocomponentes sin carga.

A pesar de las distintas investigaciones que se realizan, tanto la rapidez con que la industria modifica los adhesivos, como la sensibilidad de estos productos en la utilización por los distintos investigadores y clínicos, hacen muy difícil obtener conclusiones definitivas sobre las indicaciones clínicas, método de aplicación y resultados reales sobre la efectividad y durabilidad del sellado en la interfase dental. Lo que genera un estímulo investigador creciente sobre este tema, no queriendo dar por concluida esta investigación, sino considerándola sólo una pequeña visión parcial de todos los problemas que genera la adhesión dental.

VIII. CONCLUSIONES

1.-CONCLUSIONES DEL EFECTO DEL GRABADO EN LA DENTINA

LIBERACIÓN DE IONES

1.a-1 Se ha encontrado liberación de *calcio y fósforo* en todas las muestras sometidas a algún tipo de ácido grabador, encontrando diferencias significativas entre todos los grupos.

1.a-2 No se ha detectado diferencia significativa en la liberación de iones de *cloruros, nitratos, flúor y carbonatos* entre las superficies sometidas a grabado y las no grabadas; ni entre la aplicación de los tres tipos de ácidos estudiados.

1.a-3 La aplicación de ácido sobre una superficie de dentina cubierta de barro dentinario produce liberación de calcio y fósforo, no encontrando liberación de iones de fluor , nitratos, carbonatos y cloruros. El grado de liberación de calcio y fósforo es significativo entre los tres grupos estudiados, siendo de mayor a menor: ácido ortofosfórico, ácido maleico y ácido cítrico.

MORFOLOGÍA DE LA SUPERFICIE DENTINARIA

1.b-1 Según el tipo ácido grabador aplicado vamos a obtener una mayor o menor eliminación de la capa de barro dentinario, no encontrando diferencias significativas entre las muestras grabadas con ácido *ortofosfórico* y las grabadas con ácido *maleico*, pero sí entre estos dos grupos y las grabadas con ácido *cítrico*.

1.b-2. El grabado dentinario produce una apertura de los túbulos dentinarios y una desmineralización de la dentina *peri e intertubular*, en todos los grupos, demostrando una diferencia significativa de estos efectos cuando las muestras han sido tratadas con ácido *ortofosfórico*, en comparación con las tratadas con ácido *maleico* o *cítrico*.

2. CONCLUSIONES DE LA INTERFASE DENTINA-ADHESIVO-COMPOSITE

PROYECCIONES DE RESINA EN DENTINA TUBULAR

2.a-1 Se obtiene penetración del adhesivo en la dentina tubular en todas las muestras.

2.a-2 Se obtienen una diferencia estadísticamente significativa en el valor del grosor de las proyecciones de resina en los túbulos dentinarios entre todos los grupos, siendo de mayor a menor grosor en las muestras grabadas con ácido ortofosfórico, maleico y cítrico.

2.a-3 La longitud obtenida por las proyecciones de resina es mayor en las muestras grabadas con ortofosfórico y menor en las grabadas con cítrico, no presentando diferencias estadísticamente significativas entre ninguno de los grupos estudiados.

PROYECCIONES DE RESINA EN DENTINA INTERTUBULAR

2.b-1 Los monómeros de resina del adhesivo penetran en la dentina intertubular de todas las muestras, relleno la zona de desmineralización producida por el efecto del grabado dentinario

2.b-2 Los valores en micras del espesor de capa híbrida formada por los diferentes grupos es estadísticamente significativos entre todos ellos, obteniendo un valor de mayor a menor en la formada por ácido ortofosfórico, maleico y cítrico.

2.b-3 Se aprecian fenómenos de hibridación en los túbulos laterales en las muestras grabadas con ácido ortofosfórico y con maleico, no observándolos en las pertenecientes al grupo de ácido cítrico.

IX. TABLAS

**TABLA DE RESULTADOS EXPRESADOS EN ppm (ug/ml) EN LAS
SUPERFICIES DE DENTINA NO GRABADAS**

1	2	3	4	5	6
ORTOFOSFO	Ca ppm	MALEICO	Ca ppm	CITRICO	Ca ppm
Blanco	<0.4	Blanco	<0.4	Blanco	<0.4
AA 1	0.5	AA 1	<0.4	AA1	<0.4
AA 2	0.5	AA 2	<0.4	AA 2	<0.4
AA 3	<0.4	AA 3	<0.4	AA 3	<0.4
AA 4	0.5	AA 4	0.5	AA 4	0.5
AA 5	0.5	AA 5	<0.4	AA 5	<0.4
AA 6	0.5	AA 6	<0.4	AA 6	<0.4
AA 7	<0.4	AA 7	0.6	AA 7	0.5
AA 8	0.5	AA 8	<0.4	AA 8	<0.4
AA 9	<0.4	AA 9	<0.4	AA 9	0.5
AA 10	<0.4	AA 10	<0.4	AA 10	<0.4
AA 11	0.5	AA 11	<0.4	AA 11	<0.4
AA 12	0.5	AA 12	0.5	AA 12	<0.4
AA 13	<0.4	AA 13	<0.4	AA 13	<0.4
AA 14	0.5	AA 14	<0.4	AA 14	<0.4
AA 15	0.5	AA 15	0.6	AA 15	<0.4
AA 16	0.5	AA 16	<0.4	AA 16	<0.4
AA 17	<0.4	AA 17	<0.4	AA 17	<0.4
AA 18	0.5	AA 18	<0.4	AA 18	<0.4
AA 19	<0.4	AA 19	<0.4	AA 19	<0.4
AA 20	<0.4	AA 20	<0.4	AA 20	<0.4
GRUPO	4		5		6

Tabla n°5

**TABLA DE RESULTADOS EXPRESADOS EN ppm (ug/ml) EN LAS
SUPERFICIES DE DENTINA GRABADAS**

1	2	3	4	5	6
ORTOFOSFO	Ca ppm	MALEICO	Ca ppm	CITRICO	Ca ppm
Blanco	<0.4	Blanco	<0.4	Blanco	<0.4
A 1	7.7	A 1	6.9	A 1	2.6
A 2	9.5	A 2	9.1	A 2	2.2
A.3	11.4	A.3	5.8	A.3	2.6
A.4	9.8	A.4	6.1	A.4	2.3
A.5	10.9	A.5	5.2	A.5	2.7
A.6	11.5	A.6	4.3	A.6	2.5
A.7	9.9	A.7	8	A.7	2.8
A.8	10.4	A.8	5.8	A.8	2.2
A.9	11.2	A.9	7.1	A.9	2.6
A.10	9.2	A.10	6.7	A.10	2.5
A.11	9.7	A.11	8.3	A.11	2.0
A.12	10.3	A.12	7.8	A.12	2.5
A.13	9.9	A.13	5.9	A.13	1.9
A.14	11.2	A.14	7.5	A.14	2.8
A.15	10.8	A.15	6.9	A.15	2.4
A.16	11	A.16	8.0	A.16	2.7
A.17	11.3	A.17	7.1	A.17	2.3
A.18	10.8	A.18	5.5	A.18	2.8
A.19	10.1	A.19	8.3	A.19	2.2
A.20	10.2	A.20	7.7	A.20	2.6
GRUPO	1		2		3

Tabla n°6

PRUEBA DESCRIPTIVOS LIBERACIÓN DE CALCIO

Descriptivos
CAL00001

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	Límite superior	Mínimo	Máximo
1,00	20	10,340	,923	,206	9,908	10,772	7,7	11,5	
2,00	20	6,900	1,231	,275	6,324	7,476	4,3	9,1	
3,00	20	2,460	,264	5,912E-02	2,336	2,584	1,9	2,8	
4,00	20	,460	5,026E-02	1,124E-02	,436	,484	,4	,5	
5,00	20	,430	6,569E-02	1,469E-02	,399	,461	,4	,6	
6,00	20	,415	3,663E-02	8,192E-03	,398	,432	,4	,5	
Total	120	3,501	3,888	,355	2,798	4,204	,4	11,5	

Tabla nº 7

PRUEBA DE TUKEY PARA LA LIBERACIÓN DE CALCIO

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: CAL00001

HSD de Tukey

		Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	Límite inferior	Límite superior
	(I)	(J)					
	CAL00002	CAL00002					
	1,00	2,00	3,440	,202	,000	2,855	4,025
		3,00	7,880	,202	,000	7,295	8,465
		4,00	9,880	,202	,000	9,295	10,465
		5,00	9,910	,202	,000	9,325	10,495
		6,00	9,925	,202	,000	9,340	10,510
	2,00	1,00	-3,440	,202	,000	-4,025	-2,855
		3,00	4,440	,202	,000	3,855	5,025
		4,00	6,440	,202	,000	5,855	7,025
		5,00	6,470	,202	,000	5,885	7,055
		6,00	6,485	,202	,000	5,900	7,070
	3,00	1,00	-7,880	,202	,000	-8,465	-7,295
		2,00	-4,440	,202	,000	-5,025	-3,855
		4,00	2,000	,202	,000	1,415	2,585
		5,00	2,030	,202	,000	1,445	2,615
		6,00	2,045	,202	,000	1,460	2,630
	4,00	1,00	-9,880	,202	,000	-10,465	-9,295
		2,00	-6,440	,202	,000	-7,025	-5,855
		3,00	-2,000	,202	,000	-2,585	-1,415
		5,00	3,000E-02	,202	1,000	-,555	,615
		6,00	4,500E-02	,202	1,000	-,540	,630
	5,00	1,00	-9,910	,202	,000	-10,495	-9,325
		2,00	-6,470	,202	,000	-7,055	-5,885
		3,00	-2,030	,202	,000	-2,615	-1,445
		4,00	-3,000E-02	,202	1,000	-,615	,555
		6,00	1,500E-02	,202	1,000	-,570	,600
	6,00	1,00	-9,925	,202	,000	-10,510	-9,340
		2,00	-6,485	,202	,000	-7,070	-5,900
		3,00	-2,045	,202	,000	-2,630	-1,460
		4,00	-4,500E-02	,202	1,000	-,630	,540
		5,00	-1,500E-02	,202	1,000	-,600	,570

* La diferencia entre las medias es significativa al nivel .05.

Tabla nº 8

**TABLA DE RESULTADOS EXPRESADOS EN ppm (ug/ml) EN LAS
SUPERFICIES DE DENTINA NO GRABADAS (fosfatos)**

1	2	3	4	5	6
ORTOFOSF O	Fos ppm	MALEICO	Fos ppm	CITRICO	Fos ppm
Blanco	>20	Blanco	2	Blanco	2
AA 1	2	AA 1	2	AA 1	2
AA 2	2	AA 2	2	AA 2	2
AA 3	2	AA 3	2	AA 3	2
AA 4	2	AA 4	2	AA 4	2
AA 5	2	AA 5	2	AA 5	2
AA 6	2	AA 6	2	AA 6	2
AA 7	2	AA 7	2	AA 7	2
AA 8	2	AA 8	2	AA 8	2
AA 9	2	AA 9	2	AA 9	2
AA 10	2	AA 10	2	AA10	2
AA 11	2	AA 11	2	AA11	2
AA 12	2	AA 12	2	AA12	2
AA 13	2	AA 13	2	AA13	2
AA 14	2	AA 14	2	AA14	2
AA 15	2	AA 15	2	AA15	2
AA 16	2	AA 16	2	AA16	2
AA 17	2	AA 17	2	AA17	2
AA 18	2	AA 18	2	AA18	2
AA 19	2	AA 19	2	AA19	2
AA 20	2	AA 20	2	AA20	2
Grupo	4		5		6

Tabla nº9

**TABLA DE RESULTADOS EXPRESADOS EN ppm (ug/ml) EN LAS
SUPERFICIES DE DENTINA GRABADAS (fosfatos)**

1	2	3	4	5	6
ORTOFOSFO	Fos ppm	MALEICO	Fos ppm	CITRICO	Fos ppm
Blanco	>20	Blanco	2	Blanco	2
A.1	>20	A.1	8,5	A.1	3,7
A.2	>20	A.2	12,6	A.2	3,6
A.3	>20	A.3	11,5	A.3	3,1
A.4	>20	A.4	8,6	A.4	4,2
A.5	>20	A.5	5,4	A.5	2,7
A.6	>20	A.6	6,3	A.6	3,5
A.7	>20	A.7	7,1	A.7	4,1
A.8	>20	A.8	5,9	A.8	3,6
A.9	>20	A.9	7,2	A.9	3,8
A.10	>20	A.10	5,9	A.10	3,5
A.11	>20	A.11	6,4	A.11	3,2
A.12	>20	A.12	5,8	A.12	3,9
A.13	>20	A.13	7,3	A.13	3,1
A.14	>20	A.14	9,8	A.14	3,7
A.15	>20	A.15	8,6	A.15	4
A.16	>20	A.16	6,9	A.16	3,8
A.17	>20	A.17	7,5	A.17	3,9
A.18	>20	A.18	9,1	A.18	3,1
A.19	>20	A.19	8	A.19	3,6
A.20	>20	A.20	6,7	A.20	3,3
Grupo	1		2		3

Tabla n°10

DESCRIPTIVOS LIBERACIÓN DE FOSFATOS

Descriptivos
FOS00001

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	Límite superior	Mínimo	Máximo
1,00	20	20,000	,000	,000	20,000	20,000	20,0	20,0	
2,00	20	7,770	1,908	,427	6,877	8,663	5,4	12,6	
3,00	20	3,505	,522	,117	3,261	3,749	2,0	4,2	
4,00	20	2,000	,000	,000	2,000	2,000	2,0	2,0	
5,00	20	2,000	,000	,000	2,000	2,000	2,0	2,0	
6,00	20	2,000	,000	,000	2,000	2,000	2,0	2,0	
Total	120	6,213	6,570	,600	5,025	7,400	2,0	20,0	

Tabla nº 11

TUKEY LIBERACIÓN DE FOSFATOS

Comparaciones múltiples
Variable dependiente: FOS00001
HSD de Tukey

		Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	Límite superior	Límite inferior
(I)	(J)						
VAR00002	VAR00002						
1,00	2,00	12,230	,255	,000	11,490	12,970	
	3,00	16,495	,255	,000	15,755	17,235	
	4,00	18,000	,255	,000	17,260	18,740	
	5,00	18,000	,255	,000	17,260	18,740	
	6,00	18,000	,255	,000	17,260	18,740	
2,00	1,00	-12,230	,255	,000	-12,970	-11,490	
	3,00	4,265	,255	,000	3,525	5,005	
	4,00	5,770	,255	,000	5,030	6,510	
	5,00	5,770	,255	,000	5,030	6,510	
	6,00	5,770	,255	,000	5,030	6,510	
3,00	1,00	-16,495	,255	,000	-17,235	-15,755	
	2,00	-4,265	,255	,000	-5,005	-3,525	
	4,00	1,505	,255	,000	,765	2,245	
	5,00	1,505	,255	,000	,765	2,245	
	6,00	1,505	,255	,000	,765	2,245	
4,00	1,00	-18,000	,255	,000	-18,740	-17,260	
	2,00	-5,770	,255	,000	-6,510	-5,030	
	3,00	-1,505	,255	,000	-2,245	-,765	
	5,00	,000	,255	1,000	-,740	,740	
	6,00	,000	,255	1,000	-,740	,740	
5,00	1,00	-18,000	,255	,000	-18,740	-17,260	
	2,00	-5,770	,255	,000	-6,510	-5,030	
	3,00	-1,505	,255	,000	-2,245	-,765	
	4,00	,000	,255	1,000	-,740	,740	
	6,00	,000	,255	1,000	-,740	,740	
6,00	1,00	-18,000	,255	,000	-18,740	-17,260	
	2,00	-5,770	,255	,000	-6,510	-5,030	
	3,00	-1,505	,255	,000	-2,245	-,765	
	4,00	,000	,255	1,000	-,740	,740	
	5,00	,000	,255	1,000	-,740	,740	

* La diferencia entre las medias es significativa al nivel .05.

Tabla nº12

**TABLA DE RESULTADOS EXPRESADOS EN ppm (ug/ml) EN LAS
SUPERFICIES DE DENTINA NO GRABADAS (cloruros)**

1	2	3	4	5	6
ORTOFOSFO	Ppm clor	MALEICO	Ppm clor	CITRICO	Ppm clor
Blanco	2	Blanco	2	Blanco	2
AA 1	2	AA 1	2	AA 1	2
AA 2	2	AA 2	2	AA 2	2
AA 3	2	AA 3	2	AA 3	2
AA 4	2	AA 4	2	AA 4	2
AA 5	2	AA 5	2	AA 5	2
AA 6	2	AA 6	2	AA 6	2
AA 7	2	AA 7	2	AA 7	2
AA 8	2	AA 8	2	AA 8	2
AA 9	2	AA 9	2	AA 9	2
AA 10	2	AA 10	2	AA 10	2
AA 11	2	AA 11	2	AA 11	2
AA 12	2	AA 12	2	AA 12	2
AA 13	2	AA 13	2	AA 13	2
AA 14	2	AA 14	2	AA 14	2
AA 15	2	AA 15	2	AA 15	2
AA 16	2	AA 16	2	AA 16	2
AA 17	2	AA 17	2	AA 17	2
AA 18	2	AA 18	2	AA 18	2
AA 19	2	AA 19	2	AA 19	2
AA 20	2	AA 20	2	AA 20	2
Grupo	4		5		6

Tabla nº13

**TABLA DE RESULTADOS EXPRESADOS EN ppm (ug/ml) EN LAS
SUPERFICIES DE DENTINA GRABADAS (cloruros)**

1	2	3	4	5	6
ORTOFOSFO	Ppm clor	MALEICO	Ppm clor	CITRICO	Ppm clor
Blanco	2	Blanco	2	Blanco	2
A 1	2	A 1	2	A 1	2
A 2	2	A 2	2	A 2	2
A.3	2	A.3	2	A.3	2
A.4	2	A.4	2	A.4	2
A.5	2	A.5	2	A.5	2
A.6	2	A.6	2	A.6	2
A.7	2	A.7	2	A.7	2
A.8	2	A.8	2	A.8	2
A.9	2	A.9	2	A.9	2
A.10	2	A.10	2	A.10	2
A.11	2	A.11	2	A.11	2
A.12	2	A.12	2	A.12	2
A.13	2	A.13	2	A.13	2
A.14	2	A.14	2	A.14	2
A.15	2	A.15	2	A.15	2
A.16	2	A.16	2	A.16	2
A.17	2	A.17	2	A.17	2
A.18	2	A.18	2	A.18	2
A.19	2	A.19	2	A.19	2
A.20	2	A.20	2	A.20	2
Grupo	1		2		3

Tabla nº14

**TABLA DE RESULTADOS EXPRESADOS EN ppm (ug/ml) EN LAS
SUPERFICIES DE DENTINA NO GRABADAS (nitratos)**

1	2	3	4	5	6
ORTOFOSFO	Ppm nitra	MALEICO	Ppm nitra	CITRICO	Ppm nitra
Blanco	2	Blanco	2	Blanco	2
AA 1	2	AA 1	2	AA 1	2
AA 2	2	AA 2	2	AA 2	2
AA 3	2	AA 3	2	AA 3	2
AA 4	2	AA 4	2	AA 4	2
AA 5	2	AA 5	2	AA 5	2
AA 6	2	AA 6	2	AA 6	2
AA 7	2	AA 7	2	AA 7	2
AA 8	2	AA 8	2	AA 8	2
AA 9	2	AA 9	2	AA 9	2
AA 10	2	AA10	2	AA 10	2
AA 11	2	AA11	2	AA 11	2
AA 12	2	AA12	2	AA 12	2
AA 13	2	AA13	2	AA 13	2
AA 14	2	AA14	2	AA 14	2
AA 15	2	AA15	2	AA 15	2
AA 16	2	AA16	2	AA 16	2
AA 17	2	AA17	2	AA 17	2
AA 18	2	AA18	2	AA 18	2
AA 19	2	AA19	2	AA 19	2
AA 20	2	AA20	2	AA 20	2
Grupo	4		5		6

Tabla nº 15

**TABLA DE RESULTADOS EXPRESADOS EN ppm (ug/ml) EN LAS
SUPERFICIES DE DENTINA GRABADAS (nitratos)**

1	2	3	4	5	6
ORTOFOSFO	Ppm nitratos	MALEICO	Ppm nitratos	CITRICO	Ppm nitra
Blanco	2	Blanco	2	Blanco	2
A.1	2	A.1	2	A.1	2
A.2	2	A.2	2	A.2	2
A.3	2	A.3	2	A.3	2
A.4	2	A.4	2	A.4	2
A.5	2	A.5	2	A.5	2
A.6	2	A.6	2	A.6	2
A.7	2	A.7	2	A.7	2
A.8	2	A.8	2	A.8	2
A.9	2	A.9	2	A.9	2
A.10	2	A.10	2	A.10	2
A.11	2	A.11	2	A.11	2
A.12	2	A.12	2	A.12	2
A.13	2	A.13	2	A.13	2
A.14	2	A.14	2	A.14	2
A.15	2	A.15	2	A.15	2
A.16	2	A.16	2	A.16	2
A.17	2	A.17	2	A.17	2
A.18	2	A.18	2	A.18	2
A.19	2	A.19	2	A.19	2
A.20	2	A.20	2	A.20	2
Grupo	1		2		3

Tabla n°16

**TABLA DE RESULTADOS EXPRESADOS EN ppm (ug/ml) EN LAS
SUPERFICIES DE DENTINA NO GRABADAS (sulfatos)**

1	2	3	4	5	6
ORTOFOSFO	Ppm sulfa	MALEICO	Ppm sulfa	CITRICO	Ppm sulfa
Blanco	2	Blanco	2	Blanco	2
AA 1	2	AA 1	2	AA 1	2
AA 2	2	AA 2	2	AA 2	2
AA 3	2	AA 3	2	AA 3	2
AA 4	2	AA 4	2	AA 4	2
AA 5	2	AA 5	2	AA 5	2
AA 6	2	AA 6	2	AA 6	2
AA 7	2	AA 7	2	AA 7	2
AA 8	2	AA 8	2	AA 8	2
AA 9	2	AA 9	2	AA 9	2
AA 10	2	AA 10	2	AA10	2
AA 11	2	AA 11	2	AA11	2
AA 12	2	AA 12	2	AA12	2
AA 13	2	AA 13	2	AA13	2
AA 14	2	AA 14	2	AA14	2
AA 15	2	AA 15	2	AA15	2
AA 16	2	AA 16	2	AA16	2
AA 17	2	AA 17	2	AA17	2
AA 18	2	AA 18	2	AA18	2
AA 19	2	AA 19	2	AA19	2
AA 20	2	AA 20	2	AA20	2
Grupo	4		5		6

Tabla nº17

**TABLA DE RESULTADOS EXPRESADOS EN ppm (ug/ml) EN LAS
SUPERFICIES DE DENTINA GRABADAS (sulfatos)**

1	2	3	4	5	6
ORTOFOSFO	Ppm sulfa	MALEICO	Ppm sulfa	CITRICO	Ppm sulfa
Blanco	2	Blanco	50	Blanco	2
A.1	2	A.1	50	A.1	2
A.2	2	A.2	50	A.2	2
A.3	2	A.3	50	A.3	2
A.4	2	A.4	50	A.4	2
A.5	2	A.5	50	A.5	2
A.6	2	A.6	50	A.6	2
A.7	2	A.7	50	A.7	2
A.8	2	A.8	50	A.8	2
A.9	2	A.9	50	A.9	2
A.10	2	A.10	50	A.10	2
A.11	2	A.11	50	A.11	2
A.12	2	A.12	50	A.12	2
A.13	2	A.13	50	A.13	2
A.14	2	A.14	50	A.14	2
A.15	2	A.15	50	A.15	2
A.16	2	A.16	50	A.16	2
A.17	2	A.17	50	A.17	2
A.18	2	A.18	50	A.18	2
A.19	2	A.19	50	A.19	2
A.20	2	A.20	50	A.20	2
Grupo	1		2		3

Tabla 18

TABLA DE RESULTADOS EXPRESADOS EN ppm (ug/ml) EN LAS SUPERFICIES DE DENTINA NO GRABADAS (carbonatos)

ORTOFOSFO	Ppm carbo	MALEICO	Ppm carbo	CITRICO	Ppm carbo
Blanco	50	Blanco	50	Blanco	50
AA 1	50	AA 1	50	AA 1	50
AA 2	50	AA 2	50	AA 2	50
AA 3	50	AA 3	50	AA 3	50
AA 4	50	AA 4	50	AA 4	50
AA 5	50	AA 5	50	AA 5	50
AA 6	50	AA 6	50	AA 6	50
AA 7	50	AA 7	50	AA 7	50
AA 8	50	AA 8	50	AA 8	50
AA 9	50	AA 9	50	AA 9	50
AA 10	50	AA 10	50	AA 10	50
AA 11	50	AA 11	50	AA 11	50
AA 12	50	AA 12	50	AA 12	50
AA 13	50	AA 13	50	AA 13	50
AA 14	50	AA 14	50	AA 14	50
AA 15	50	AA 15	50	AA 15	50
AA 16	50	AA 16	50	AA 16	50
AA 17	50	AA 17	50	AA 17	50
AA 18	50	AA 18	50	AA 18	50
AA 19	50	AA 19	50	AA 19	50
AA 20	50	AA 20	50	AA 20	50
Grupo	4		5		6

Tabla n°19

**TABLA DE RESULTADOS EXPRESADOS EN ppm (ug/ml) EN LAS
SUPERFICIES DE DENTINA GRABADAS (carbonatos)**

1	2	3	4	5	6
ORTOFOSFO	Ppm carb	MALEICO	Ppm carb	CITRICO	Ppm carb
Blanco	50	Blanco	50	Blanco	50
A 1	50	A 1	50	A 1	50
A 2	50	A 2	50	A 2	50
A.3	50	A.3	50	A.3	50
A.4	50	A.4	50	A.4	50
A.5	50	A.5	50	A.5	50
A.6	50	A.6	50	A.6	50
A.7	50	A.7	50	A.7	50
A.8	50	A.8	50	A.8	50
A.9	50	A.9	50	A.9	50
A.10	50	A.10	50	A.10	50
A.11	50	A.11	50	A.11	50
A.12	50	A.12	50	A.12	50
A.13	50	A.13	50	A.13	50
A.14	50	A.14	50	A.14	50
A.15	50	A.15	50	A.15	50
A.16	50	A.16	50	A.16	50
A.17	50	A.17	50	A.17	50
A.18	50	A.18	50	A.18	50
A.19	50	A.19	50	A.19	50
A.20	50	A.20	50	A20	50
Grupo	1		2		3

Tabla n°20

**TABLA DE RESULTADOS EXPRESADOS EN ppm (ug/ml) EN LAS
SUPERFICIES DE DENTINA NO GRABADAS (fluor)**

1	2	3	4	5	6
ORTOFOSFO	Ppm fluor	MALEICO	Ppm fluor	CITRICO	Ppm fluor
Blanco	1	Blanco	1	Blanco	1
AA 1	1	AA 1	1	AA 1	1
AA 2	1	AA 2	1	AA 2	1
AA 3	1	AA 3	1	AA 3	1
AA 4	1	AA 4	1	AA 4	1
AA 5	1	AA 5	1	AA 5	1
AA 6	1	AA 6	1	AA 6	1
AA 7	1	AA 7	1	AA 7	1
AA 8	1	AA 8	1	AA 8	1
AA 9	1	AA 9	1	AA 9	1
AA 10	1	AA 10	1	AA 10	1
AA 11	1	AA 11	1	AA 11	1
AA 12	1	AA 12	1	AA 12	1
AA 13	1	AA 13	1	AA 13	1
AA 14	1	AA 14	1	AA 14	1
AA 15	1	AA 15	1	AA 15	1
AA 16	1	AA 16	1	AA 16	1
AA 17	1	AA 17	1	AA 17	1
AA 18	1	AA 18	1	AA 18	1
AA 19	1	AA 19	1	AA 19	1
AA 20	1	AA 20	1	AA 20	1
Grupo	4		5		6

Tabla n°21

**TABLA DE RESULTADOS EXPRESADOS EN ppm (ug/ml) EN LAS
SUPERFICIES DE DENTINA GRABADAS (fluor)**

1	2	3	4	5	6
ORTOFOSFO	Ppm fluor	MALEICO	Ppm fluor	CITRICO	Ppm fluor
Blanco	1	Blanco	1	Blanco	1
A.1	1	A.1	1	A.1	1
A.2	1	A.2	1	A.2	1
A.3	1	A.3	1	A.3	1
A.4	1	A.4	1	A.4	1
A.5	1	A.5	1	A.5	1
A.6	1	A.6	1	A.6	1
A.7	1	A.7	1	A.7	1
A.8	1	A.8	1	A.8	1
A.9	1	A.9	1	A.9	1
A.10	1	A.10	1	A.10	1
A.11	1	A.11	1	A.11	1
A.12	1	A.12	1	A.12	1
A.13	1	A.13	1	A.13	1
A.14	1	A.14	1	A.14	1
A.15	1	A.15	1	A.15	1
A.16	1	A.16	1	A.16	1
A.17	1	A.17	1	A.17	1
A.18	1	A.18	1	A.18	1
A.19	1	A.19	1	A.19	1
A.20	1	A.20	1	A.20	1
Grupo	2		2		3

Tabla n°22

DIAMETRO DE LA APERTURA TUBULAR (MICRAS)

SUPERFICIE	ÁCIDO FOSFÓRICO	SUPERFICIE	ACIDO MALEICO	SUPERFICIE	ACIDO CÍTRICO
A 1	3.8	A 1	3.2	A 1	2.5
A 2	3.5	A 2	3.3	A 2	2.9
A.3	4.0	A.3	2.7	A.3	2.5
A.4	3.7	A.4	3.0	A.4	2.8
A.5	3.1	A.5	2.8	A.5	2.4
A.6	4.4	A.6	3.3	A.6	3.0
A.7	4.2	A.7	3.4	A.7	2.4
A.8	3.9	A.8	3.5	A.8	2.2
A.9	4.0	A.9	2.8	A.9	2.6
A.10	3.8	A.10	3.4	A.10	2.8
A.11	3.6	A.11	3.7	A.11	2.0
A.12	3.9	A.12	3.2	A.12	3.0
A.13	3.7	A.13	3.2	A.13	2.9
A.14	4.7	A.14	3.0	A.14	2.2
A.15	4.0	A.15	2.7	A.15	2.4
A.16	3.9	A.16	2.9	A.16	2.8
A.17	4.2	A.17	3.8	A.17	2.5
A.18	4.3	A.18	3.6	A.18	2.7
A.19	4.0	A.19	3.0	A.19	3.0
A. 20	3.5	A. 20	2.9	A. 20	2.9
A. 21	4.4	A. 21	4.0	A. 21	2.7
A. 22	3.9	A. 22	3.1	A. 22	3.1
A. 23	3.6	A. 23	3.5	A. 23	2.8
A. 24	3.8	A. 24	3.6	A. 24	2.1
A. 25	3.9	A. 25	4.0	A. 25	2.9
A. 26	4.0	A. 26	3.8	A. 26	1.9
A. 27	4.2	A. 27	3.2	A. 27	2.0
A. 28	4.5	A. 28	3.0	A. 28	2.2
A. 29	4.6	A. 29	3.5	A. 29	2.6
A. 30	3.9	A. 30	3.3	A. 30	1.8
Grupo	1		2		3

Tabla nº23

DESCRIPTIVOS DIAMETRO TUBULOS

Descriptivos VAR00001	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	Límite superior	Mínimo	Máximo
1,00	30	3,967	,352	6,421E-02	3,835	4,098	3,1	4,7	
2,00	30	3,280	,368	6,719E-02	3,143	3,417	2,7	4,0	
3,00	30	2,553	,368	6,725E-02	2,416	2,691	1,8	3,1	
Total	90	3,267	,682	7,191E-02	3,124	3,410	1,8	4,7	

Tabla n°24

TUKEY DIAMETRO DE LOS TUBULOS

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: VAR00001

HSD de Tukey

		Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
(I)	(J)				Límite inferior	Límite superior
VAR00002	VAR00002					
1,00	2,00	,687	9,367E-02	,000	,463	,910
	3,00	1,413	9,367E-02	,000	1,190	1,637
2,00	1,00	-,687	9,367E-02	,000	-,910	-,463
	3,00	,727	9,367E-02	,000	,503	,950
3,00	1,00	-1,413	9,367E-02	,000	-1,637	-1,190
	2,00	-,727	9,367E-02	,000	-,950	-,503

* La diferencia entre las medias es significativa al nivel .05.

Tabla n°25

GRADO DE ELIMINACION DEL SMEAR- LAYER

SUPERFICIE	ACIDO FOSFORICO	SUPERFICIE	ACIDO MALEICO	SUPERFICIE	ACIDO CITRICO
A 1	0	A 1	0	A 1	2
A 2	0	A 2	0	A 2	2
A.3	0	A.3	0	A.3	2
A.4	1	A.4	0	A.4	1
A.5	0	A.5	0	A.5	2
A.6	0	A.6	0	A.6	2
A.7	0	A.7	0	A.7	2
A.8	0	A.8	0	A.8	3
A.9	0	A.9	2	A.9	2
A.10	0	A.10	1	A.10	2
A.11	1	A.11	0	A.11	2
A.12	0	A.12	0	A.12	1
A.13	0	A.13	0	A.13	3
A.14	0	A.14	0	A.14	2
A.15	0	A.15	0	A.15	2
A.16	0	A.16	1	A.16	2
A.17	1	A.17	0	A.17	3
A.18	0	A.18	0	A.18	2
A.19	0	A.19	0	A.19	3
A. 20	0	A. 20	0	A. 20	2
A. 21	0	A. 21	0	A. 21	3
A. 22	0	A. 22	0	A. 22	3
A. 23	0	A. 23	0	A. 23	1
A. 24	0	A. 24	1	A. 24	2
A. 25	0	A. 25	0	A. 25	2
A. 26	0	A. 26	0	A. 26	2
A. 27	0	A. 27	0	A. 27	2
A. 28	0	A. 28	0	A. 28	2
A. 29	0	A. 29	1	A. 29	2
A. 30	0	A. 30	0	A. 30	2
Grupo	1		2		3

Tabla n°26

SMEAR LAYER DESCRIPTIVOS

**Descriptivos
VAR00001**

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	Límite superior	Mínimo	Máximo
1,00	30	,10	,31	5,57E-02	-1,39E-02	,21		0	1
2,00	30	,20	,48	8,84E-02	1,92E-02	,38		0	2
3,00	30	2,10	,55	,10	1,90	2,30		1	3
Total	90	,80	1,03	,11	,58	1,02		0	3

Tabla nº27

TUKEY SMEAR LAYER

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: VAR00001

HSD de Tukey

		Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	Límite inferior	Límite superior
(I)	(J)						
VAR00002	VAR00002						
1,00	2,00	-,10	,12	,675	-,38	,18	
	3,00	-2,00	,12	,000	-2,28	-1,72	
2,00	1,00	,10	,12	,675	-,18	,38	
	3,00	-1,90	,12	,000	-2,18	-1,62	
3,00	1,00	2,00	,12	,000	1,72	2,28	
	2,00	1,90	,12	,000	1,62	2,18	

* La diferencia entre las medias es significativa al nivel .05.

Tabla n°28

MEDICION DEL GRABADO DE LA DENTINA INTERTUBULAR (MICRAS)

SUPERFICIE	ACIDO FOSFORICO	SUPERFICIE	ACIDO MALEICO	SUPERFICIE	ACIDO CITRICO
A 1	11	A 1	7	A 1	4
A 2	10	A 2	8	A 2	3
A.3	12	A.3	8	A.3	4
A.4	9	A.4	7	A.4	4
A.5	14	A.5	6	A.5	5
A.6	12	A.6	8	A.6	4
A.7	11	A.7	7	A.7	6
A.8	15	A.8	7	A.8	4
A.9	13	A.9	7	A.9	4
A.10	11	A.10	8	A.10	4
A.11	12	A.11	5	A.11	5
A.12	10	A.12	6	A.12	4
A.13	15	A.13	9	A.13	4
A.14	13	A.14	7	A.14	5
A.15	12	A.15	8	A.15	4
A.16	14	A.16	5	A.16	4
A.17	12	A.17	8	A.17	4
A.18	11	A.18	8	A.18	4
A.19	12	A.19	7	A.19	5
A. 20	10	A. 20	7	A. 20	4
A. 21	12	A. 21	5	A. 21	3
A. 22	10	A. 21	7	A. 22	4
A. 23	11	A. 22	6	A. 23	3
A. 24	10	A. 24	9	A. 24	5
A. 25	13	A. 25	7	A. 25	4
A. 26	14	A. 26	7	A. 26	4
A. 27	12	A. 27	6	A. 27	4
A. 28	10	A. 28	8	A. 28	4
A. 29	13	A. 29	6	A. 29	4
A. 30	12	A. 30	8	A. 30	4
Grupo	1		2		3

Tabla n°29

DESCRIPTIVOS PARA DENTINA INTERTUBULAR GRABADA

Descriptivos VAR00001	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
1,00	30	11,867	1,570	,287	11,280	12,453	9,0	15,0
2,00	30	7,067	1,081	,197	6,663	7,470	5,0	9,0
3,00	30	4,133	,629	,115	3,899	4,368	3,0	6,0
Total	90	7,689	3,404	,359	6,976	8,402	3,0	15,0

Tabla nº 30

TUKEY PARA DENTINA INTERTUBULAR GRABADA

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: VAR00001
HSD de Tukey

		Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
(I)	(J)				Límite inferior	Límite superior
VAR00002 VAR00002						
1,00	2,00	4,800	,299	,000	4,087	5,513
	3,00	7,733	,299	,000	7,020	8,447
2,00	1,00	-4,800	,299	,000	-5,513	-4,087
	3,00	2,933	,299	,000	2,220	3,647
3,00	1,00	-7,733	,299	,000	-8,447	-7,020
	2,00	-2,933	,299	,000	-3,647	-2,220

* La diferencia entre las medias es significativa al nivel .05.

Tabla n°31

GROSOR DE LOS TAGS DE RESINA (MICRAS)

MUESTRA	ACIDO FOSFORICO	MUESTRA	ACIDO MALEICO	MUESTRA	ACIDO CITRICO
A 1	3.4	A 1	3.2	A 1	2.3
A 2	3.7	A 2	3.5	A 2	2.0
A.3	3.2	A.3	3.0	A.3	2.4
A.4	3.3	A.4	3.8	A.4	2.2
A.5	4.0	A.5	2.9	A.5	2.3
A.6	3.9	A.6	3.2	A.6	2.5
A.7	3.8	A.7	3.6	A.7	2.4
A.8	4.1	A.8	2.8	A.8	2.5
A.9	3.9	A.9	3.3	A.9	2.9
A.10	4.0	A.10	3.1	A.10	3.0
A.11	4.4	A.11	3.7	A.11	2.0
A.12	3.9	A.12	3.3	A.12	2.6
A.13	4.1	A.13	4.0	A.13	2.2
A.14	3.8	A.14	3.1	A.14	2.2
A.15	3.7	A.15	3.0	A.15	2.4
A.16	4.0	A.16	3.2	A.16	2.5
A.17	3.9	A.17	2.8	A.17	2.6
A.18	3.9	A.18	3.2	A.18	2.4
A.19	3.8	A.19	3.1	A.19	2.8
A. 20	4.0	A. 20	3.0	A.20	2.4
Grupo	1		2		3

Tabla n°32

DESCRIPTIVOS GROSOR DE LOS TAGS DE RESINA

Descriptivos VAR00001	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	Límite superior	Mínimo	Máximo
1,00	20	3,840	,282	6,300E-02	3,708	3,972	3,2	4,4	
2,00	20	3,240	,328	7,341E-02	3,086	3,394	2,8	4,0	
3,00	20	2,430	,264	5,898E-02	2,307	2,553	2,0	3,0	
Total	60	3,170	,650	8,388E-02	3,002	3,338	2,0	4,4	

Tabla n°33

TUKEY GROSOR DE LOS TAGS DE RESINA

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: VAR00001

HSD de Tukey

		Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
(I)	(J)				Límite inferior	Límite superior
VAR00002	VAR00002					
1,00	2,00	,600	9,251E-02	,000	,377	,823
	3,00	1,410	9,251E-02	,000	1,187	1,633
2,00	1,00	-,600	9,251E-02	,000	-,823	-,377
	3,00	,810	9,251E-02	,000	,587	1,033
3,00	1,00	-1,410	9,251E-02	,000	-1,633	-1,187
	2,00	-,810	9,251E-02	,000	-1,033	-,587

* La diferencia entre las medias es significativa al nivel .05.

Tabla nº34

LONGITUD DE LOS TAGS DE RESINA (MICRAS)

MUESTRA	ACIDO FOSFORICO	MUESTRA	ACIDO MALEICO	MUESTRA	ACIDO CITRICO
A 1	22	A 1	18	A 1	15
A 2	30	A 2	20	A 2	18
A.3	25	A.3	24	A.3	26
A.4	27	A.4	16	A.4	29
A.5	19	A.5	22	A.5	19
A.6	31	A.6	15	A.6	17
A.7	27	A.7	19	A.7	26
A.8	27	A.8	26	A.8	16
A.9	20	A.9	30	A.9	12
A.10	17	A.10	28	A.10	10
A.11	22	A.11	26	A.11	17
A.12	17	A.12	15	A.12	20
A.13	19	A.13	24	A.13	28
A.14	21	A.14	26	A.14	15
A.15	27	A.15	18	A.15	29
A.16	30	A.16	30	A.16	18
A.17	21	A.17	26	A.17	29
A.18	28	A.18	29	A.18	28
A.19	27	A.19	18	A.19	26
A. 20	20	A. 20	28	A. 20	22
Grupo	1		2		3

Tabla n°35

DESCRIPTIVOS LONGITUD DE LOS TAGS DE RESINA

Descriptivos VAR00001	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
1,00	20	23,85	4,52	1,01	21,73	25,97	17	31
2,00	20	22,90	5,13	1,15	20,50	25,30	15	30
3,00	20	20,70	6,45	1,44	17,68	23,72	10	29
Total	60	22,48	5,50	,71	21,06	23,90	10	31

Tabla n°36

TUKEY LONGITUD DE LOS TAGS DE RESINA

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: VAR00001

HSD de Tukey

		Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
(I)	(J)				Límite inferior	Límite superior
VAR00002 VAR00002						
1,00	2,00	,95	1,72	,845	-3,18	5,08
	3,00	3,15	1,72	,167	-,98	7,28
2,00	1,00	-,95	1,72	,845	-5,08	3,18
	3,00	2,20	1,72	,411	-1,93	6,33
3,00	1,00	-3,15	1,72	,167	-7,28	,98
	2,00	-2,20	1,72	,411	-6,33	1,93

Tabla n°37

ESPESOR DE LA CAPA HIBRIDA (MICRAS)

MUESTRA	ACIDO FOSFORICO	MUESTRA	ACIDO MALEICO	MUESTRA	ACIDO CITRICO
A 1	8.5	A 1	4.5	A 1	1.5
A 2	7.9	A 2	5.0	A 2	2.0
A.3	10	A.3	4.8	A.3	1.6
A.4	8.9	A.4	4.9	A.4	1,4
A.5	9.6	A.5	5.0	A.5	2.0
A.6	9.9	A.6	4.9	A.6	2.1
A.7	8.4	A.7	5.1	A.7	1.9
A.8	10.4	A.8	4.2	A.8	1.6
A.9	9.9	A.9	4.8	A.9	1.9
A.10	8.9	A.10	3.9	A.10	1.5
A.11	10.1	A.11	5.1	A.11	2.0
A.12	10.6	A.12	5.7	A.12	2.1
A.13	11	A.13	3.8	A.13	2.0
A.14	9.4	A.14	5.3	A.14	2.1
A.15	9.5	A.15	4.9	A.15	1.9
A.16	8.9	A.16	5.7	A.16	1.7
A.17	10	A.17	3.9	A.17	1.9
A.18	9.9	A.18	4.2	A.18	1.5
A.19	10.5	A.19	4.0	A.19	1.6
A. 20	9.8	A. 20	4.7	A. 20	1.9
Grupo	1		2		3

Tabla n°38

DESCRIPTIVOS ESPESOR DE LA CAPA HÍBRIDA

Descriptivos VAR00001	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
1,00	20	9,605	,806	,180	9,228	9,982	7,9	11,0
2,00	20	4,720	,567	,127	4,455	4,985	3,8	5,7
3,00	20	1,810	,234	5,226E-02	1,701	1,919	1,4	2,1
Total	60	5,378	3,294	,425	4,527	6,229	1,4	11,0

Tabla nº39

TUKEY ESPESOR DE LA CAPA HÍBRIDA

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: VAR00001

HSD de Tukey

		Diferencia Error		Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
(I)	(J)	de medias	típico (I-J)		Límite inferior	Límite superior
VAR00002 VAR00002						
1,00	2,00	4,885	,185	,000	4,440	5,330
	3,00	7,795	,185	,000	7,350	8,240
2,00	1,00	-4,885	,185	,000	-5,330	-4,440
	3,00	2,910	,185	,000	2,465	3,355
3,00	1,00	-7,795	,185	,000	-8,240	-7,350
	2,00	-2,910	,185	,000	-3,355	-2,465

* La diferencia entre las medias es significativa al nivel .05.

Tabla nº40

X.GRÁFICOS

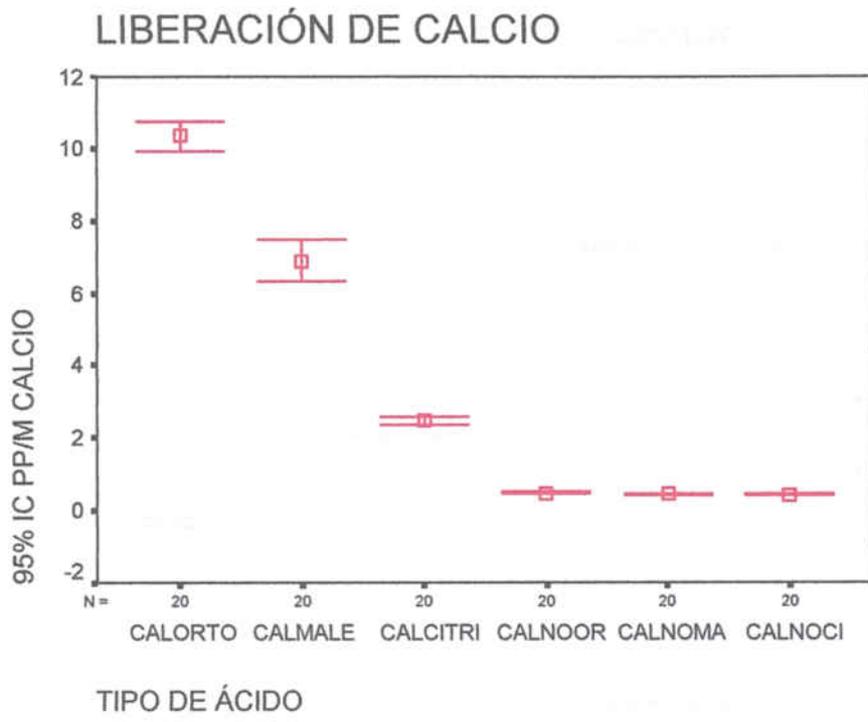


Grafico nº1

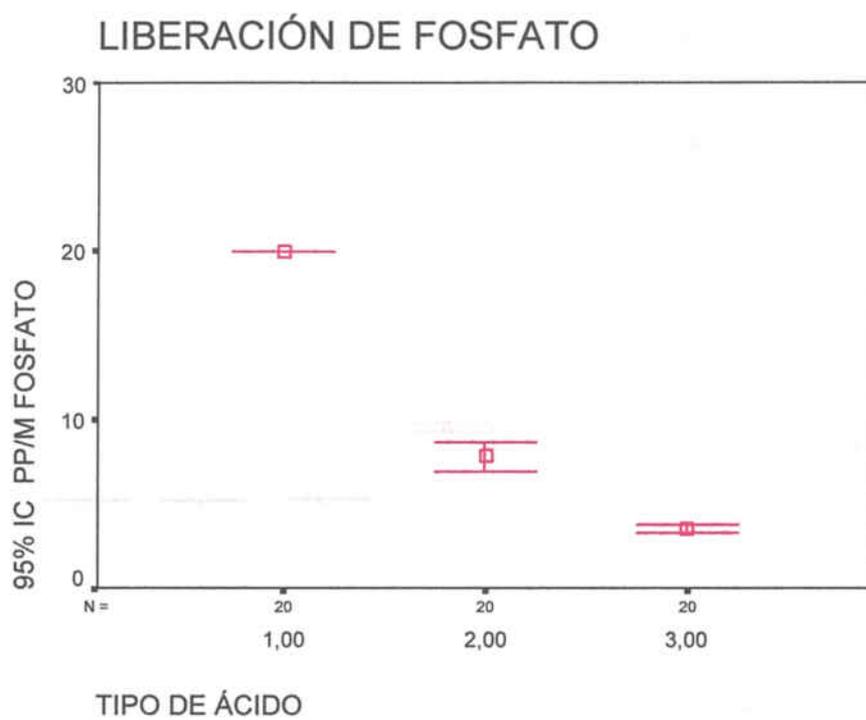


Grafico nº2

ACIDO FOSFORICO / CALCIO

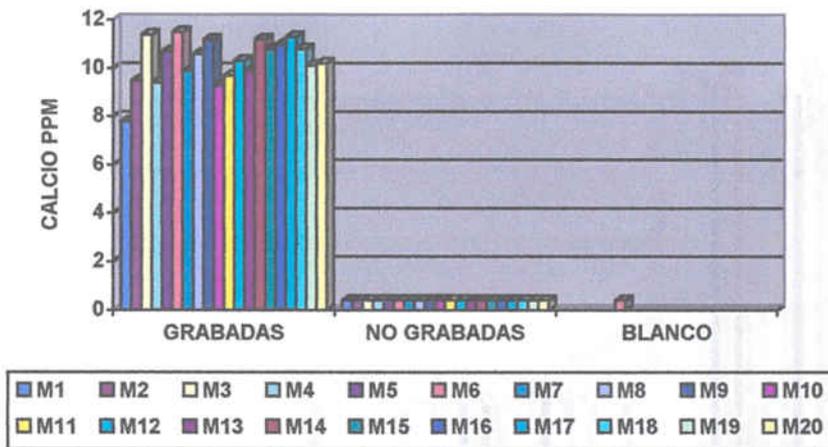


Grafico n°3

ACIDO MALEICO / CALCIO

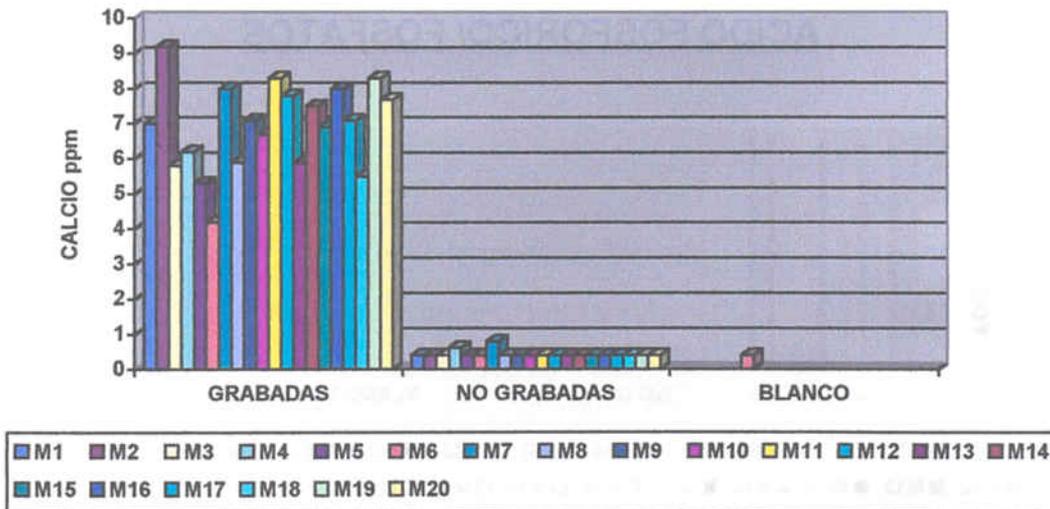


Grafico n°4

ACIDO CITRICO/CALCIO

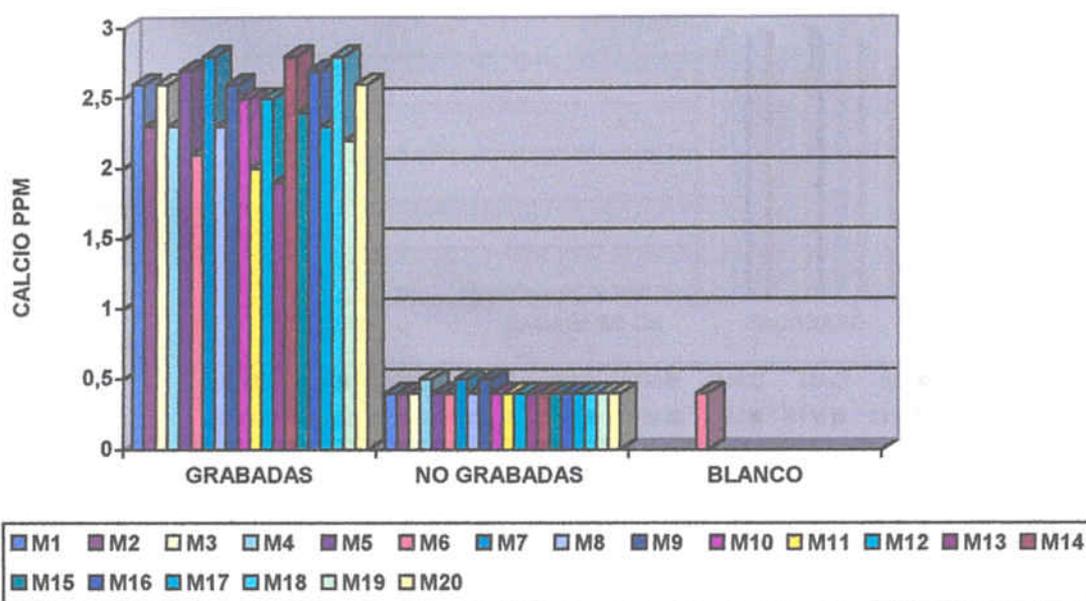


Gráfico nº5

ACIDO FOSFORICO/ FOSFATOS

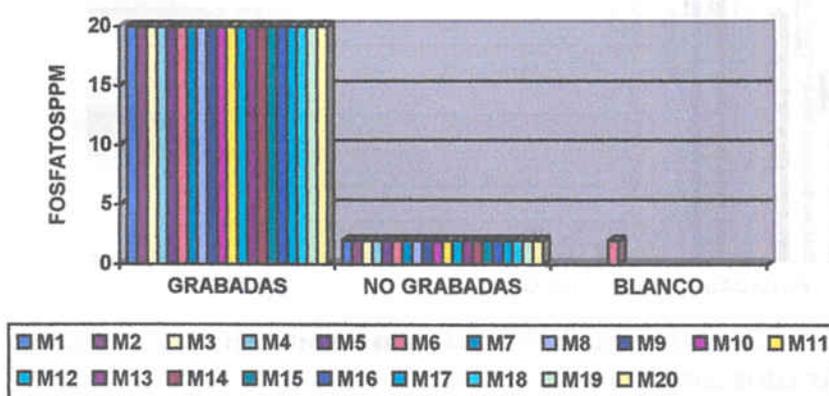


Gráfico nº6

ACIDO MALEICO / FOSFATOS

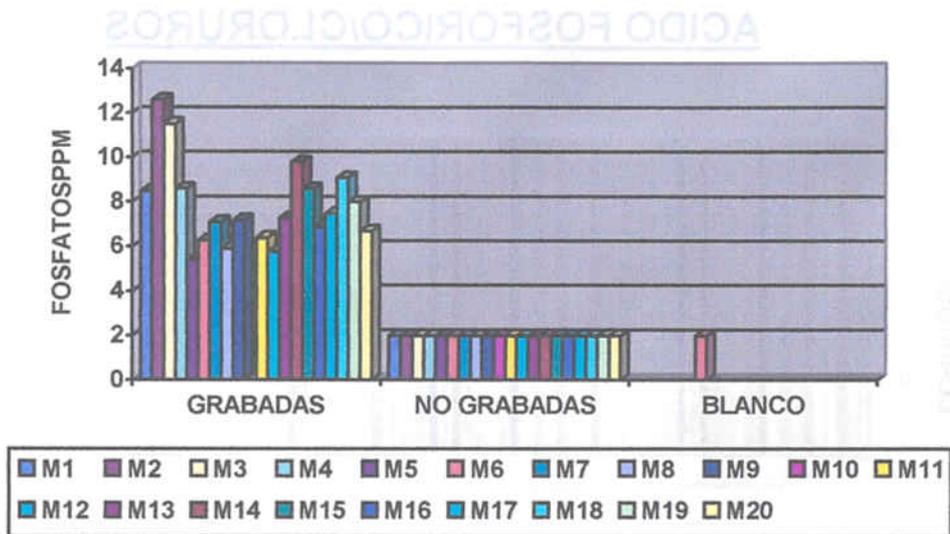


Gráfico nº7

ACIDO CITRICO/FOSFATOS

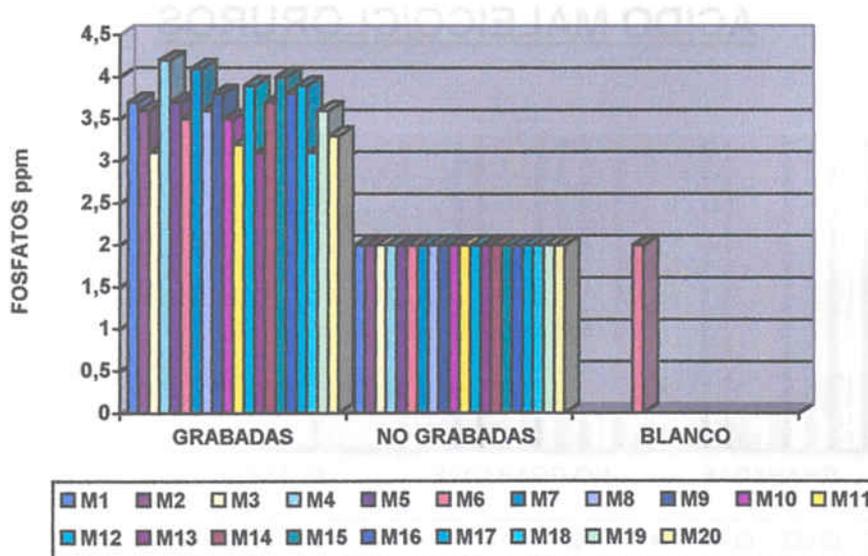


Gráfico nº8

ACIDO FOSFORICO/CLORUROS

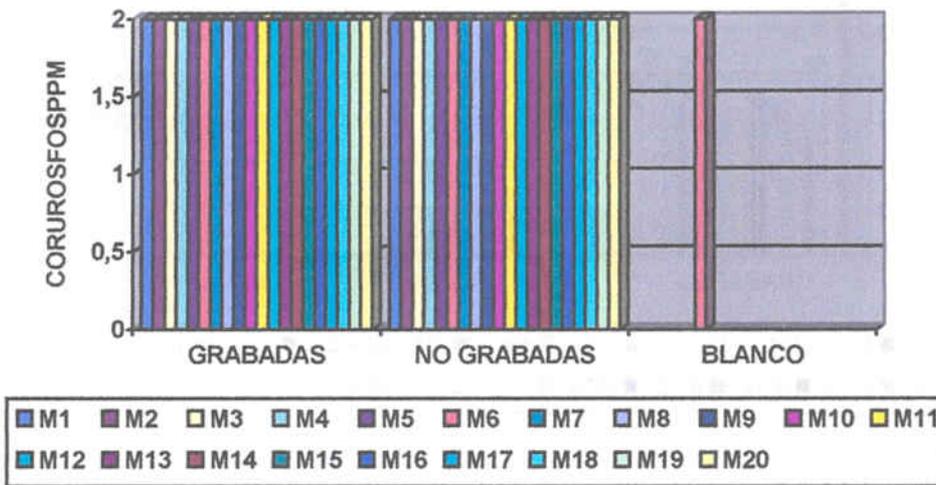


Gráfico n°9

ACIDO MALEICO/CLORUROS

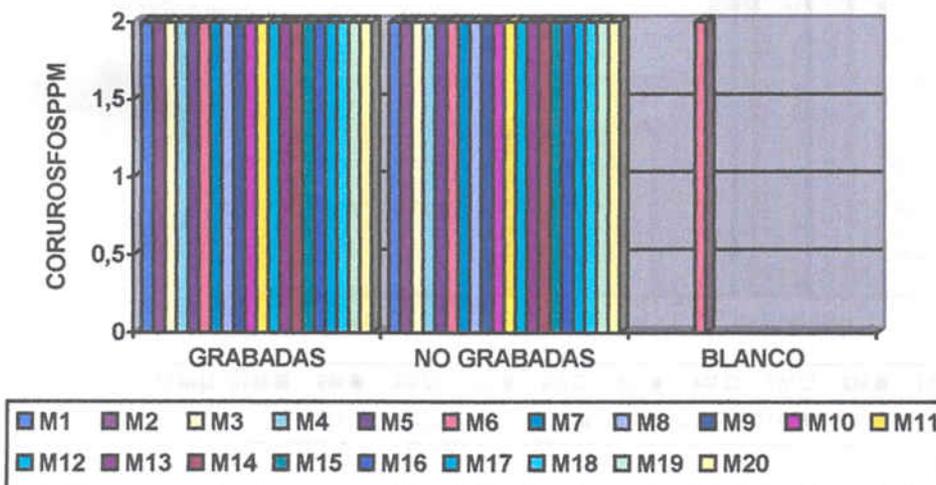


Gráfico n° 10

ACIDO CITRICO/CLORUROS

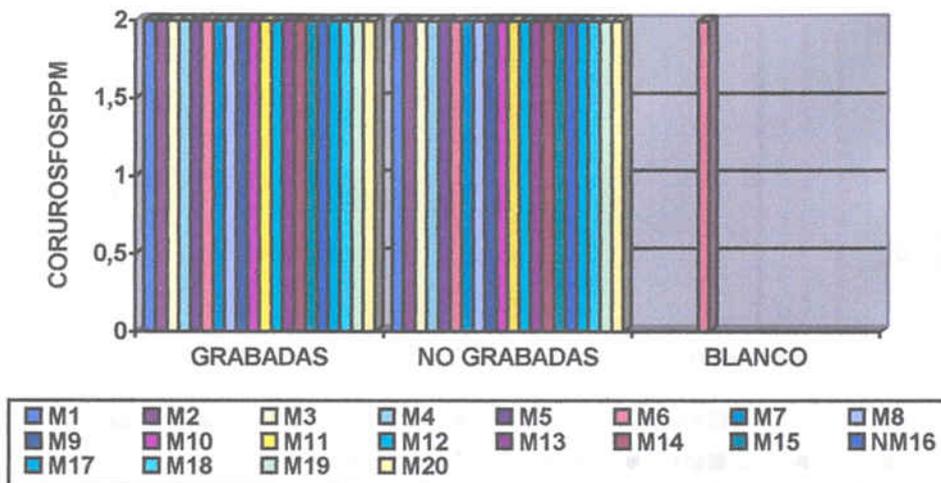


Gráfico nº11

ACIDO FOSFORICO/NITRATOS

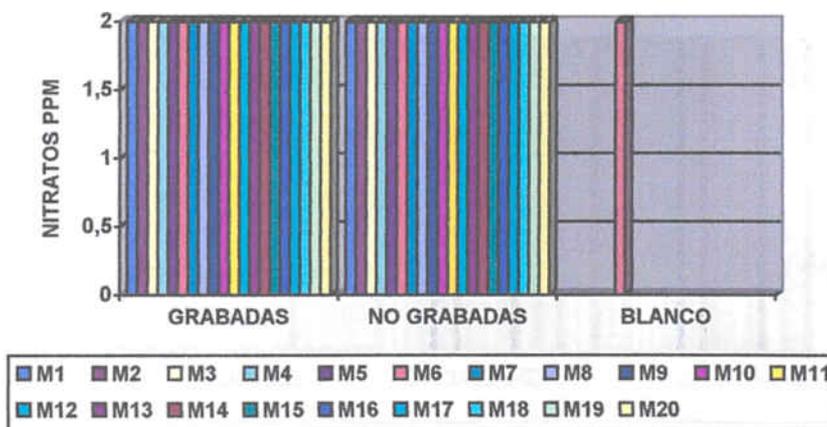


Gráfico nº12

ACIDO MALEICO/NITRATOS

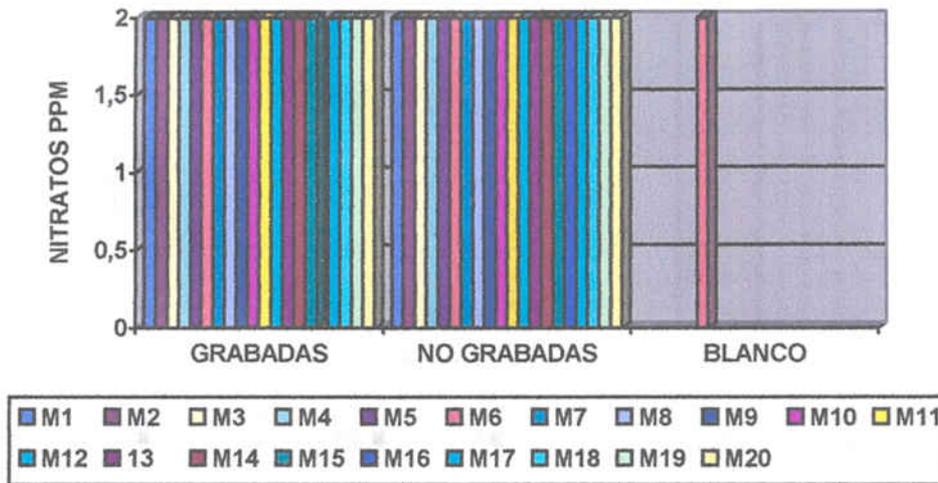


Gráfico nº13

ACIDO CITRICO/NITRATOS

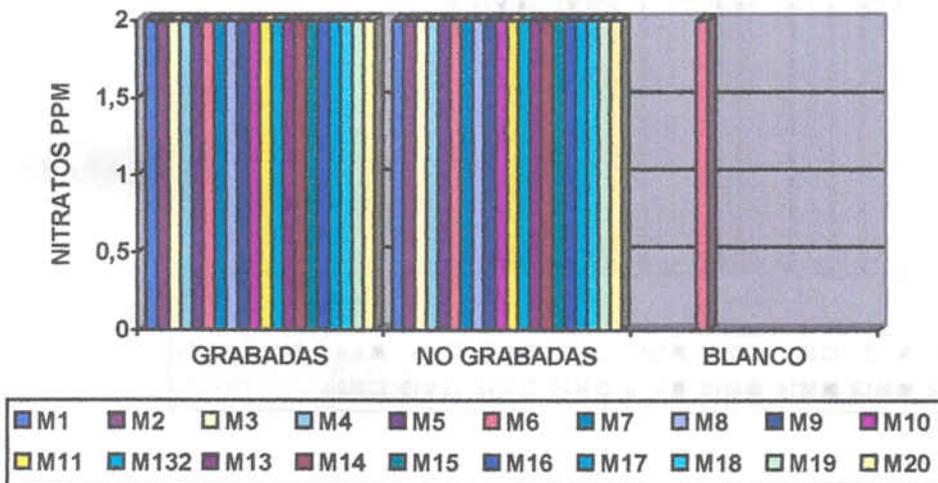


Gráfico nº14

ACIDO FOSFORICO/SULFATOS

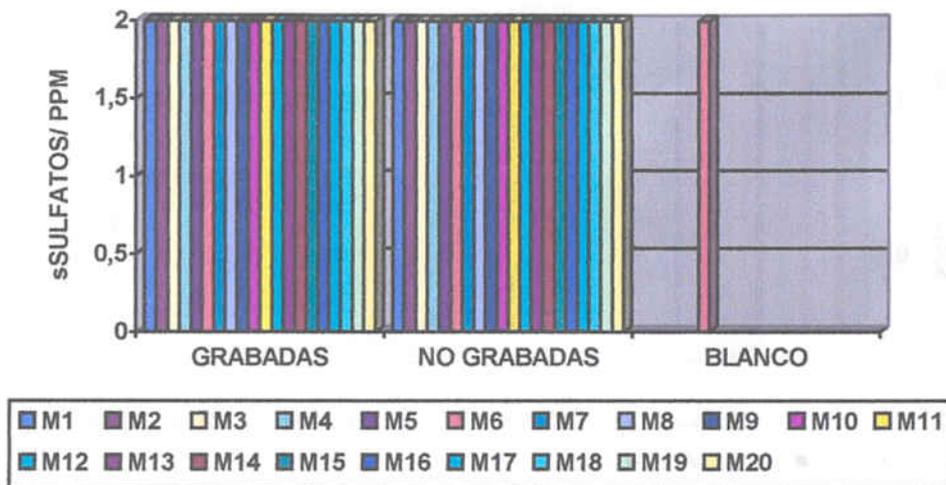


Gráfico nº15

ACIDO MALEICO/SULFATOS

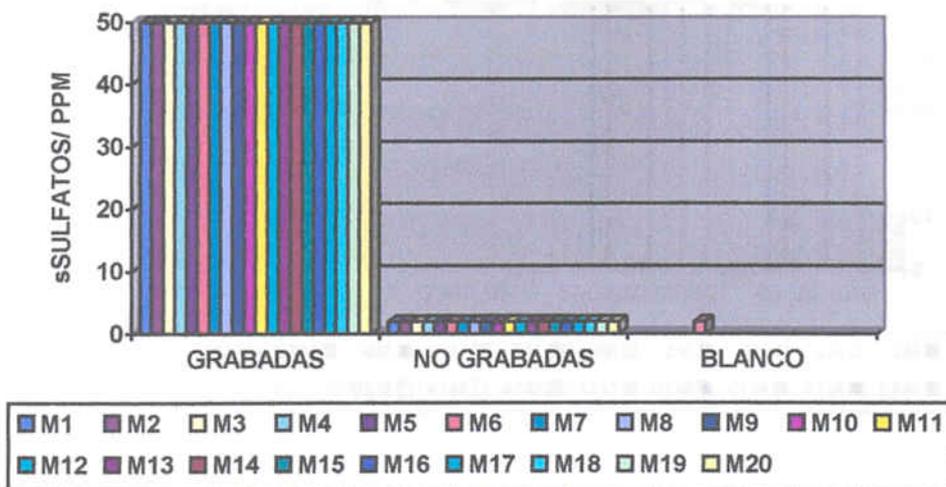


Gráfico nº16

ACIDO CITRICO/SULFATOS

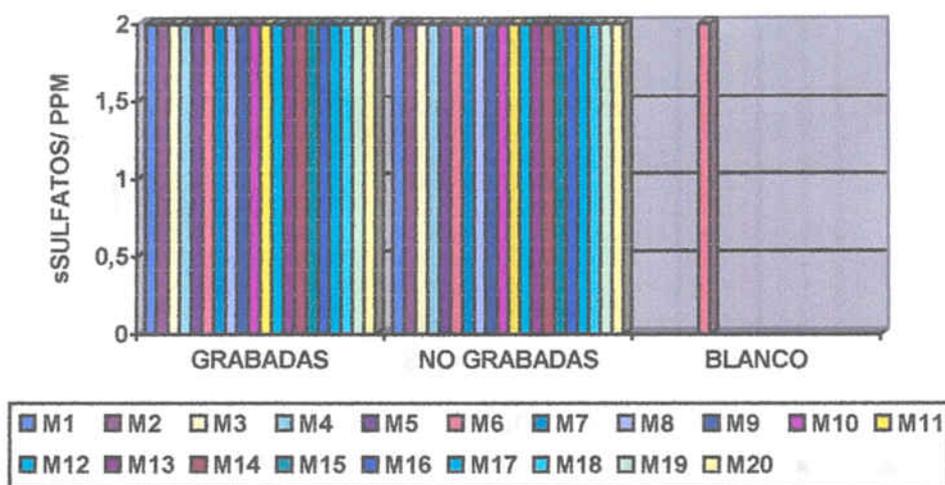


Gráfico nº17

ACIDO FOSFORICO/CARBONATOS

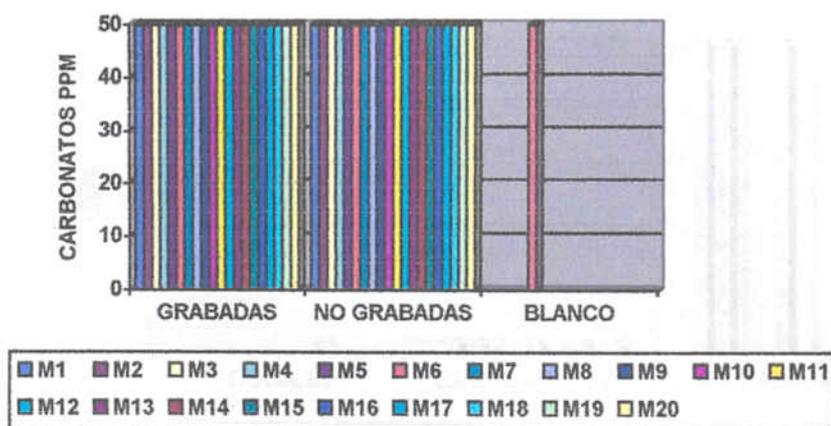


Gráfico nº18

ACIDO MALEICO /CARBONATOS

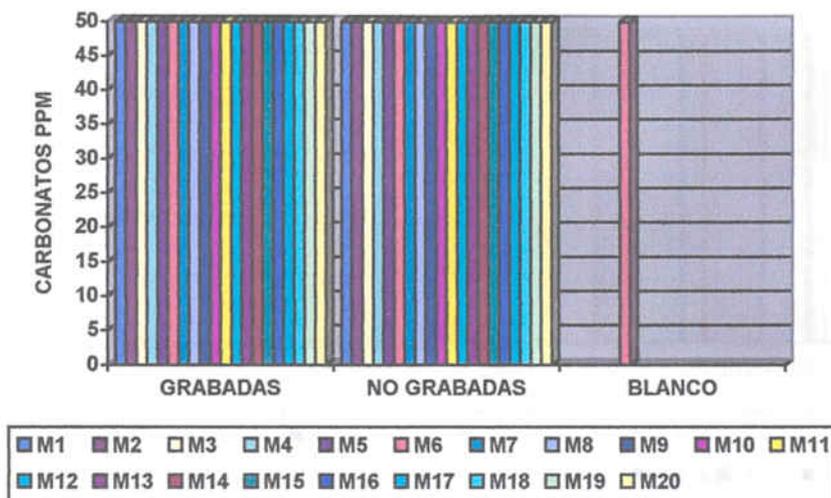


Gráfico nº19

ACIDO CITRICO /CARBONATOS

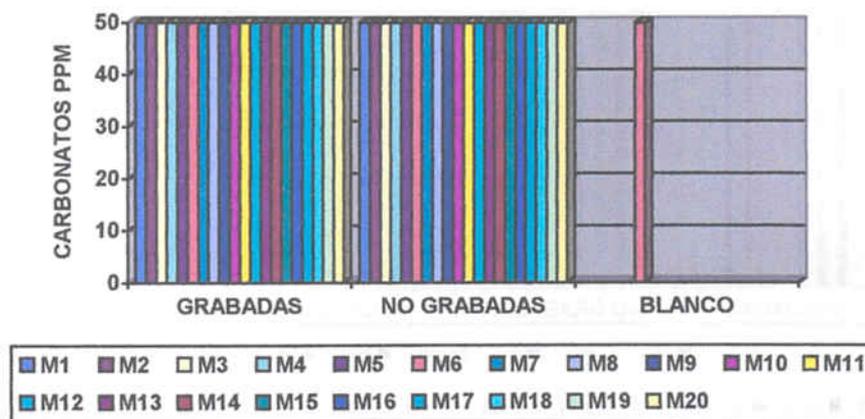


Gráfico nº20

ACIDO FOSFORICO/ FLUOR

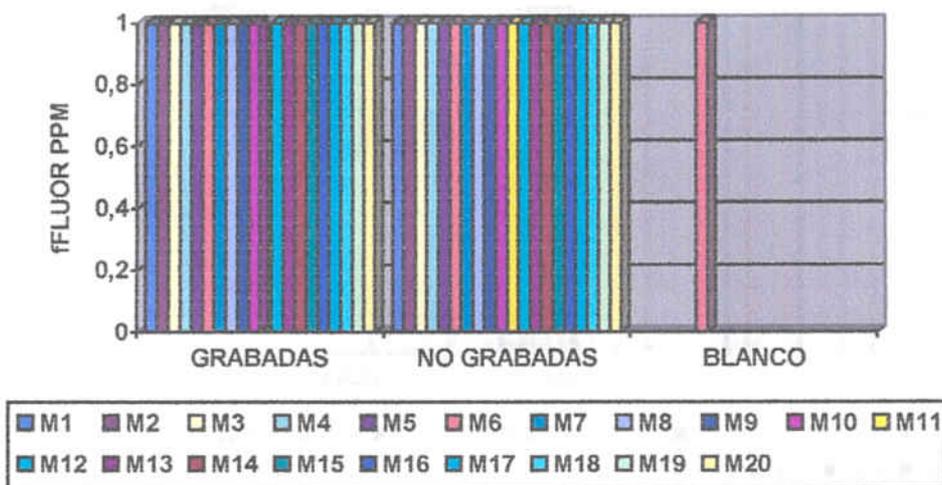


Gráfico nº21

ACIDO MALEICO / FLUOR

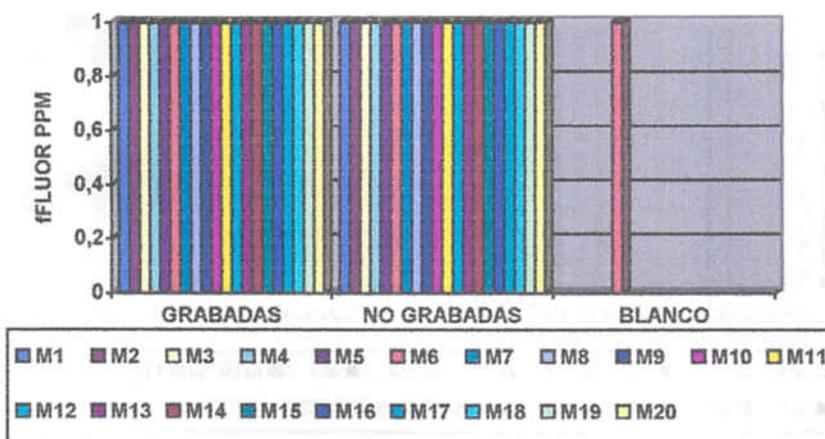


Gráfico nº22

ACIDO CITRICO / FLUOR

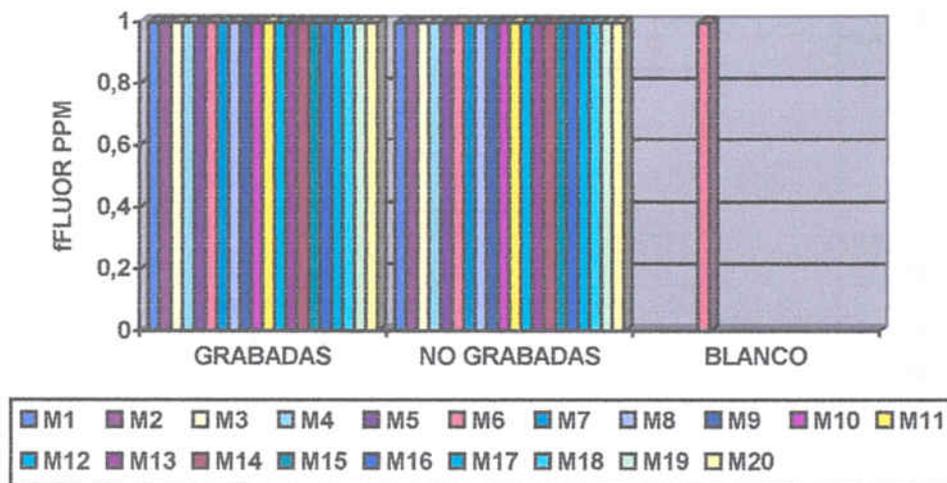


Gráfico nº 23

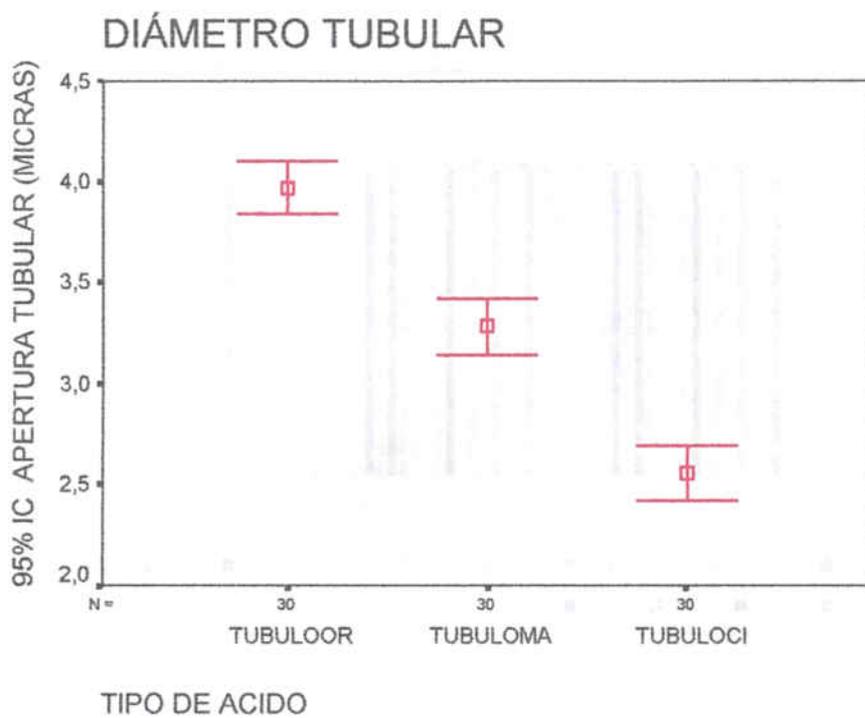


Gráfico nº24

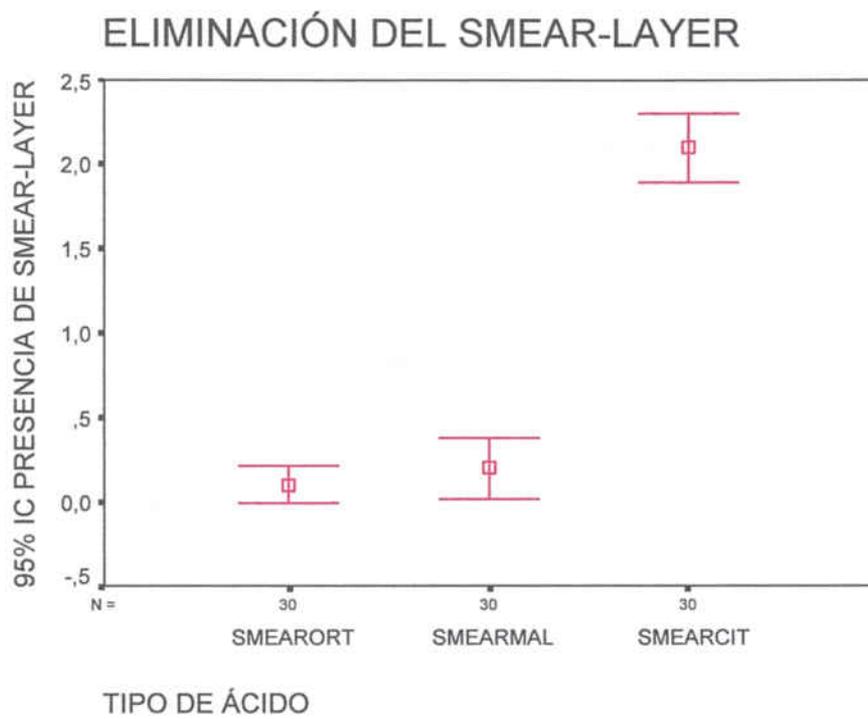


Gráfico n°25

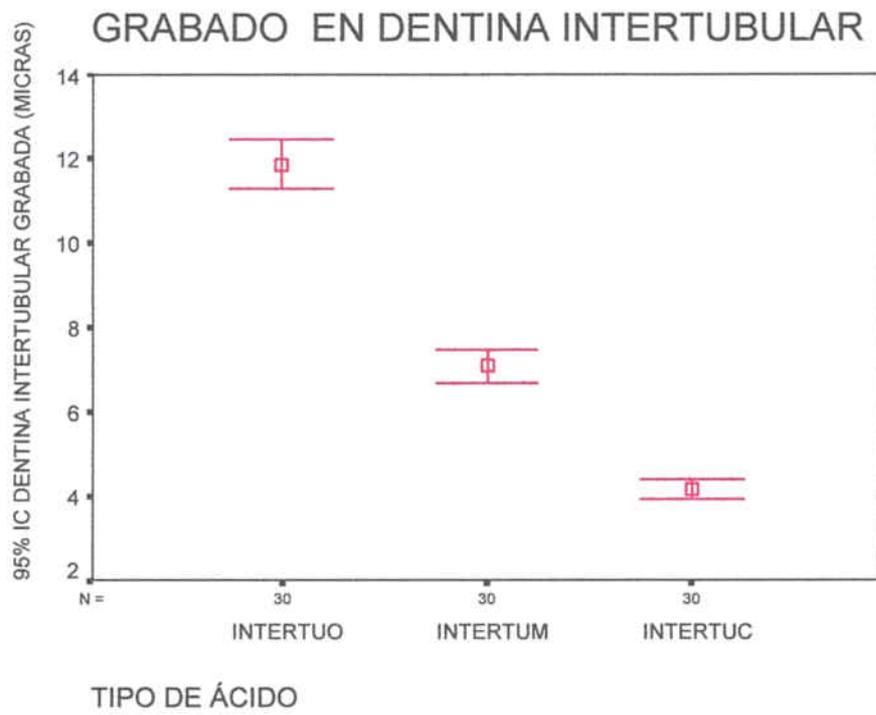


Gráfico nº26

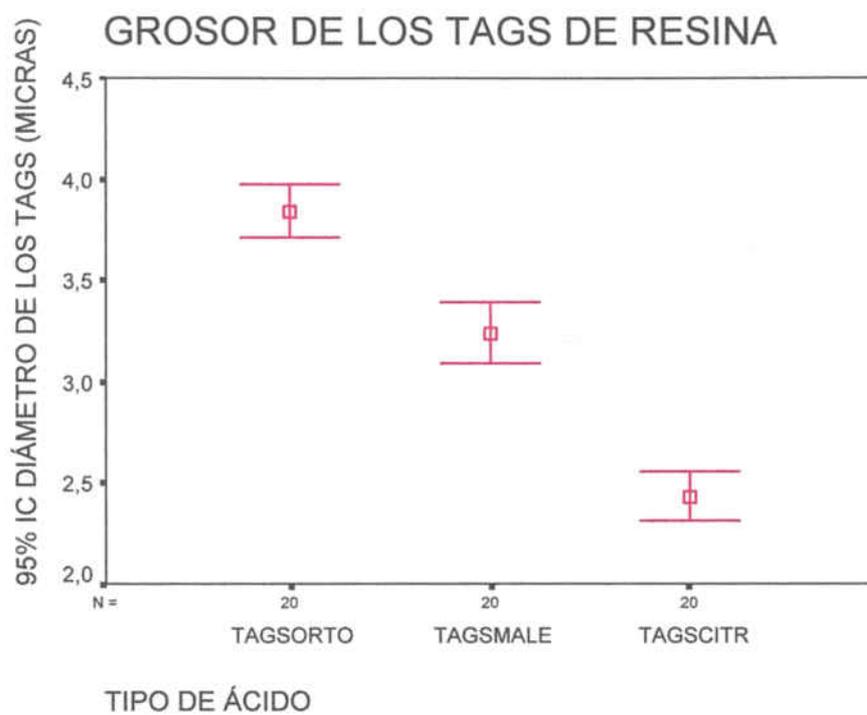


Gráfico n°27

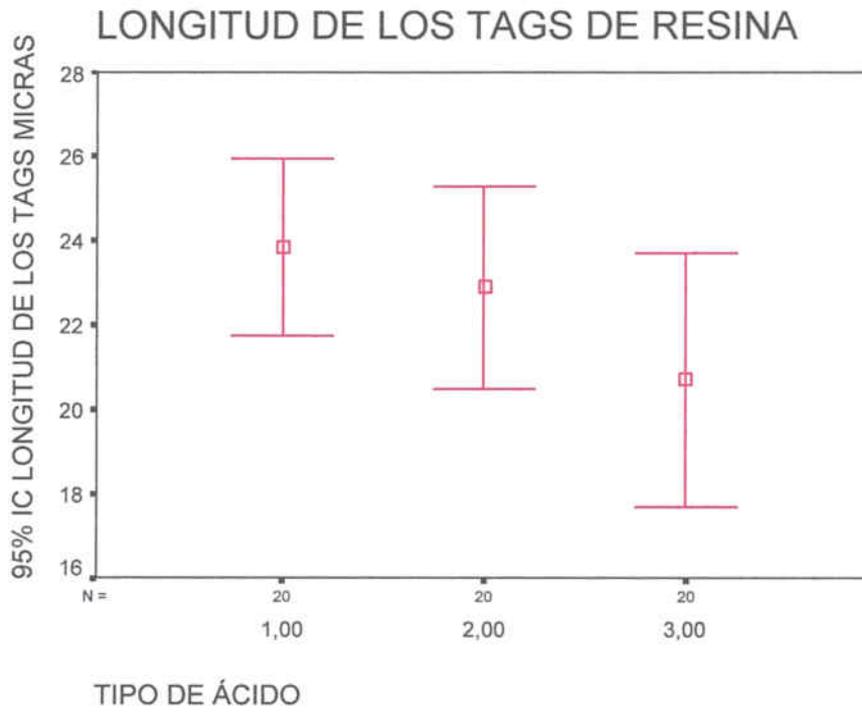


Gráfico n° 28

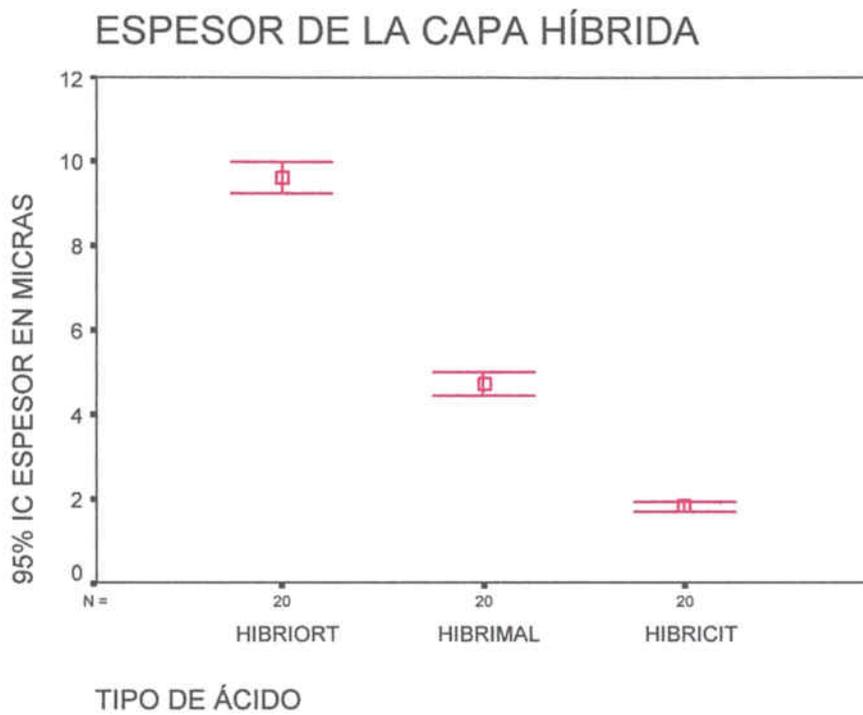


Grafico n°29

XI. FIGURAS

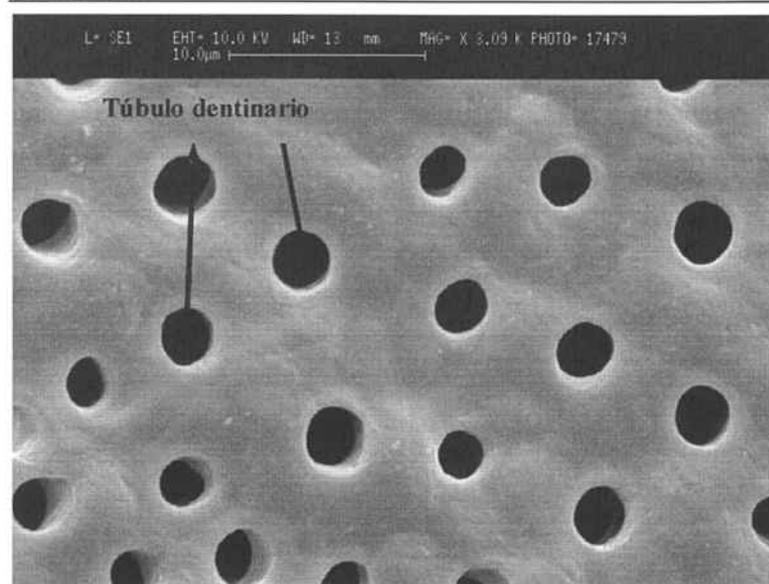


Fig 9. Superficie de Dentina
grabada con Ac.
Ortofosfóricox 3.000 S.E.M.

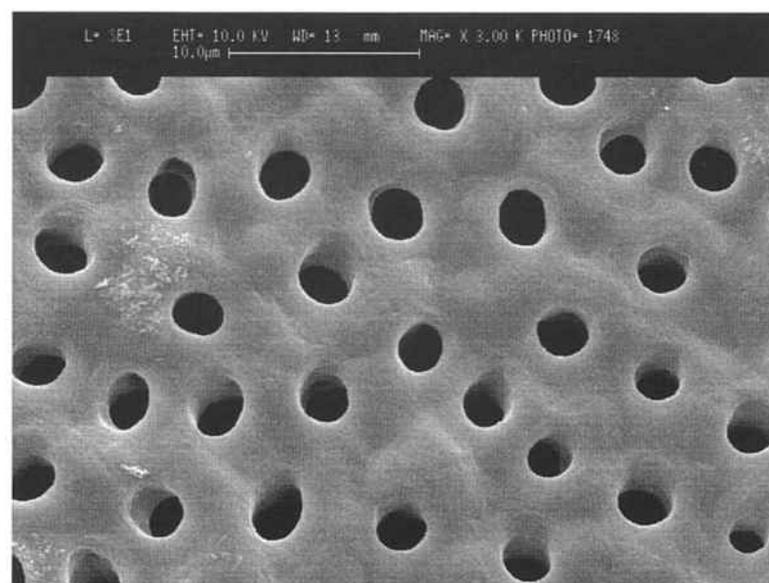


Fig 10. Superficie de Dentina
grabada con Ac.
Ortofosfóricox 3.000 S.E.M.

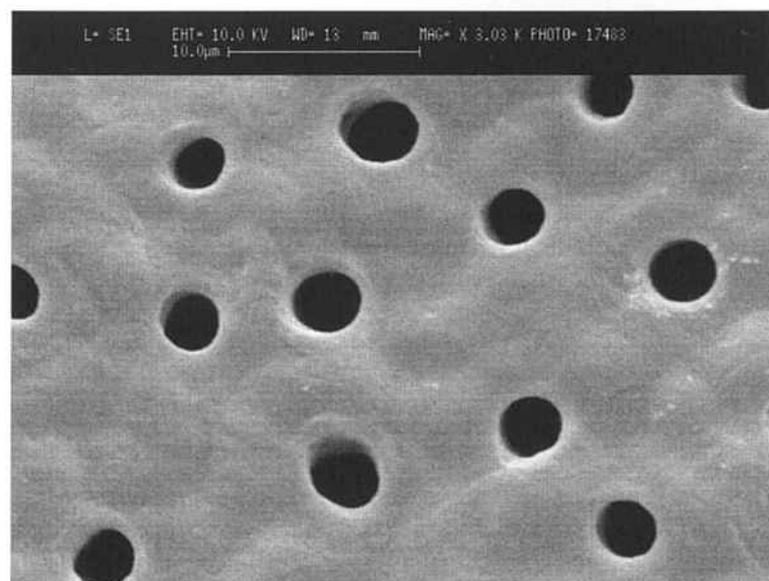


Fig 11. Superficie de Dentina
grabada con Ac.
Ortofosfóricox 3.000 S.E.M.

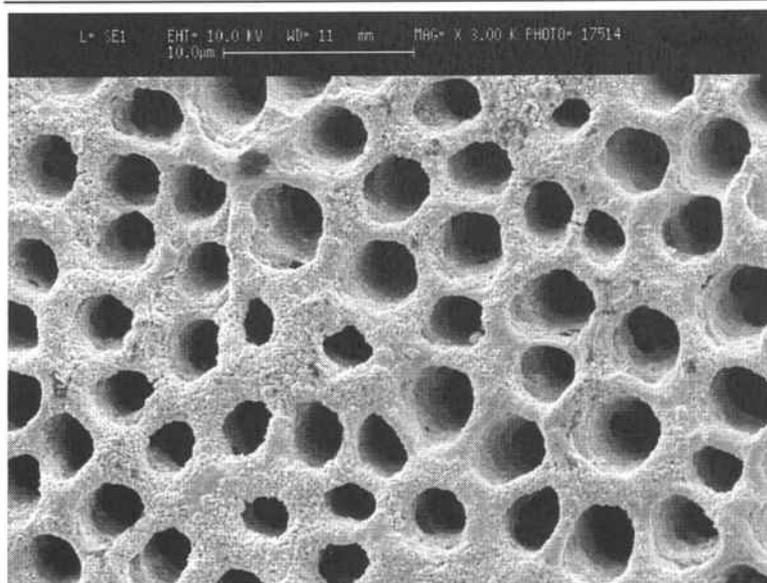


Fig 12. Superficie de Dentina grabada con Acid. Ortofosfórico x 3.000 S.E.M.

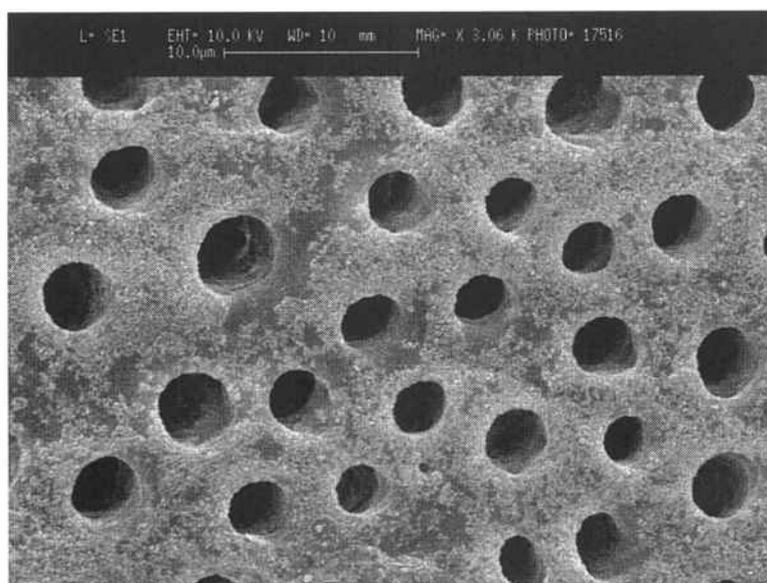


Fig 13. Superficie de Dentina grabada con Acid. Ortofosfórico x 3.000 S.E.M.

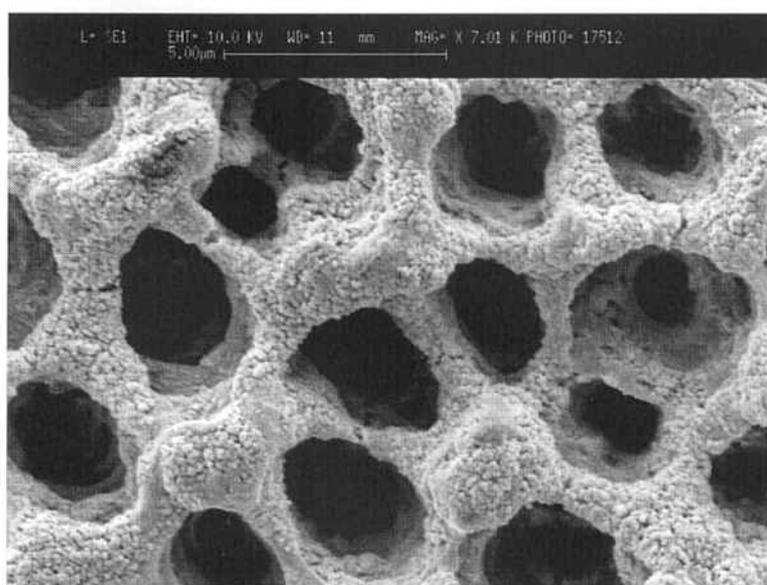


Fig 14. Superficie de Dentina grabada con Acid. Ortofosfórico x 3.000 S.E.M.

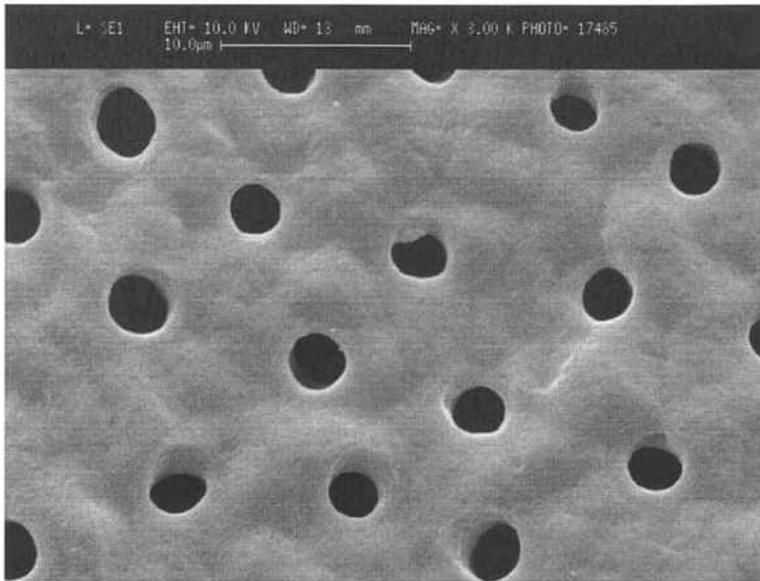


Fig 15. Superficie de Dentina grabada con Acd. Ortofosfóricox 3.000 S.E.M.

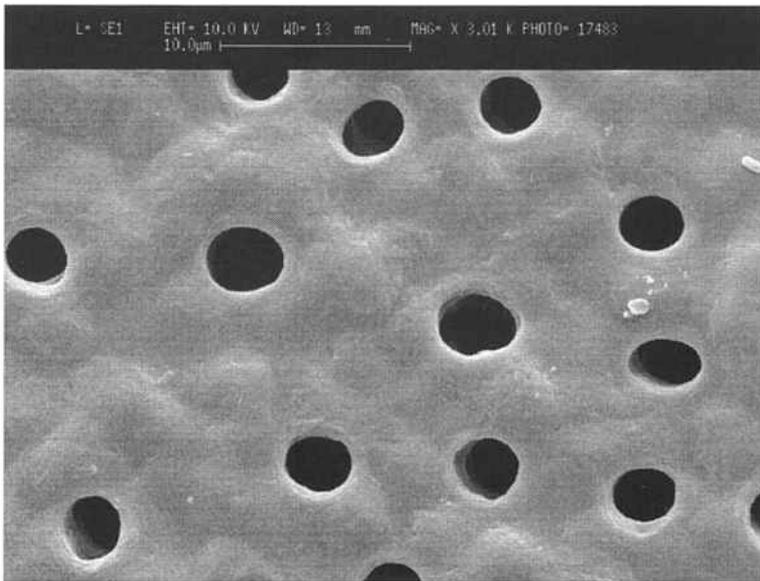


Fig 16. Superficie de Dentina grabada con Acd. Ortofosfóricox 3.000 S.E.M.

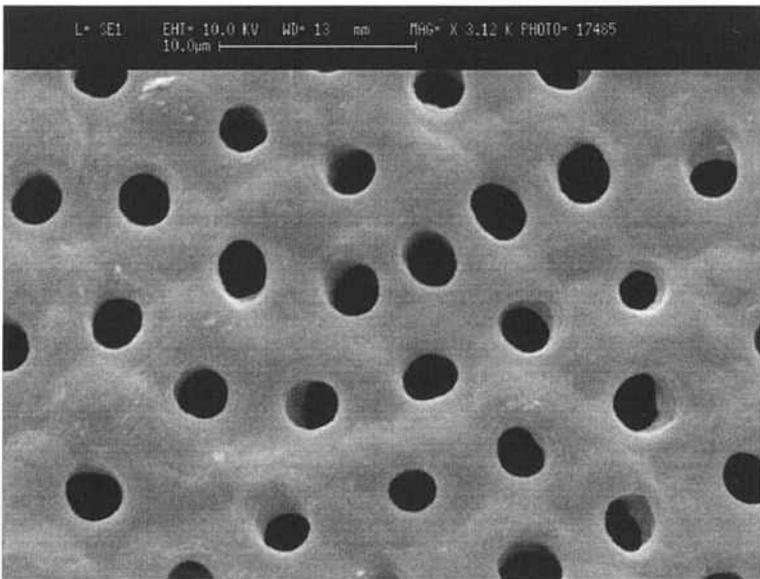


Fig 17. Superficie de Dentina grabada con Acd. Ortofosfóricox 3.000 S.E.M.

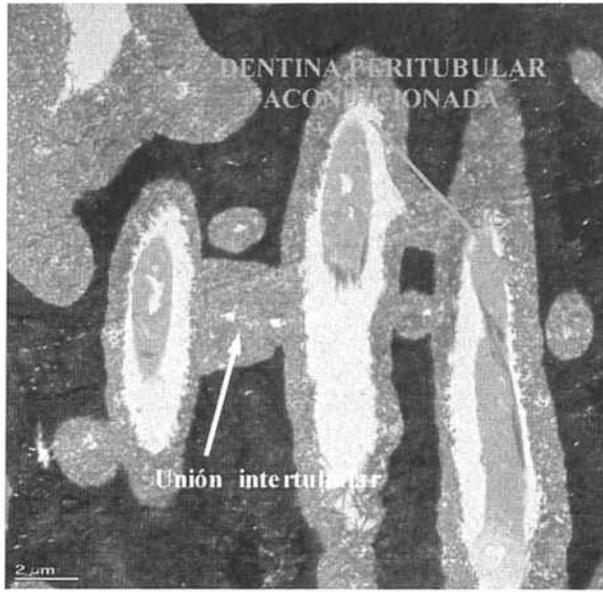


Fig 18. Corte transversal de superficie dentinaria grabada con Ac. Ortofosfórico x4.000, observado con T.E.M.

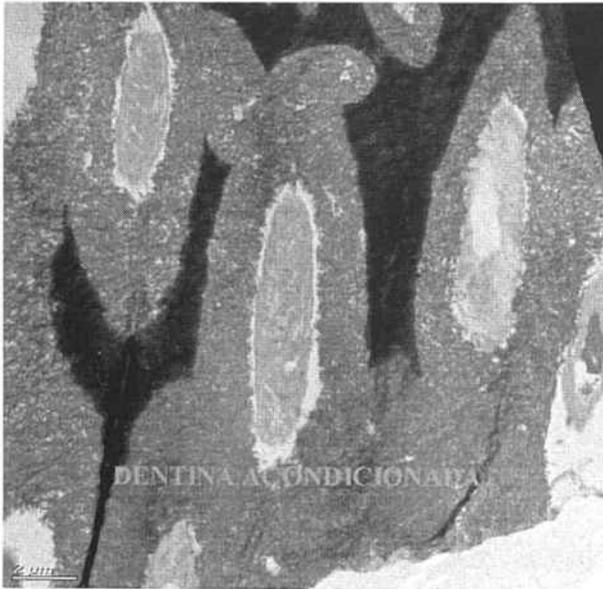


Fig 19. Corte transversal de superficie dentinaria grabada con Ac. Ortofosfórico x4.000, observado con T.E.M.

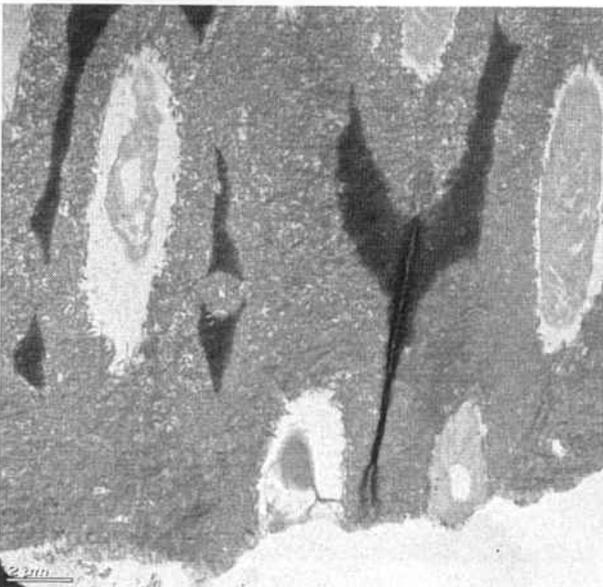


Fig 20. Corte transversal de superficie dentinaria grabada con Ac. Ortofosfórico x4.000, observado con T.E.M.

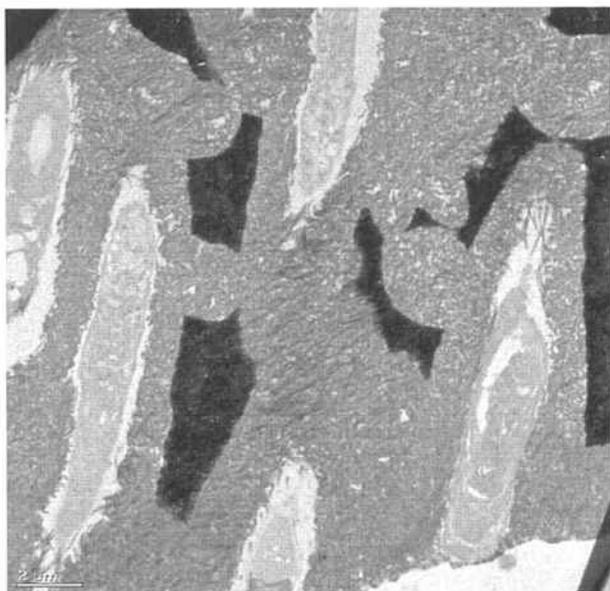


Fig 21. Corte transversal de superficie dentinaria grabada con Acid. Ortofosfóricox4.000, observado con T.E.M.

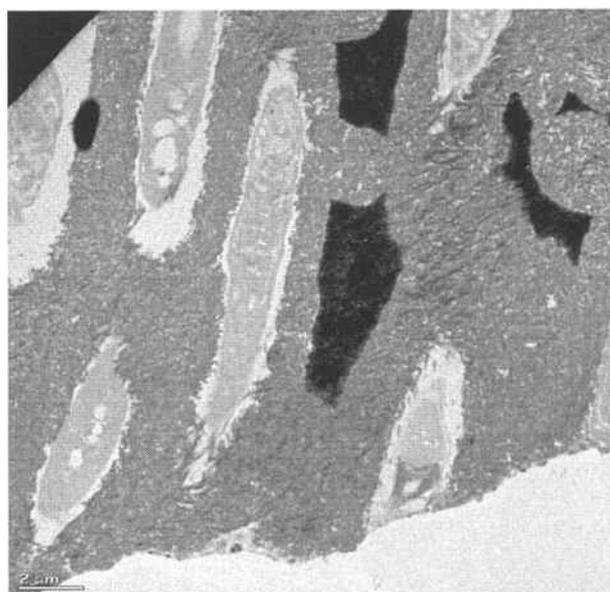


Fig 22. Corte transversal de superficie dentinaria grabada con Acid. Ortofosfóricox4.000, observado con T.E.M.

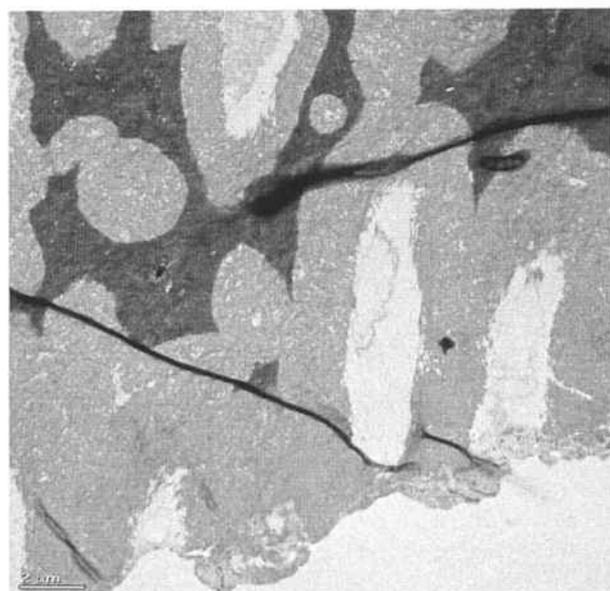


Fig 23. Corte transversal de superficie dentinaria grabada con Acid. Ortofosfóricox4.000, observado con T.E.M.

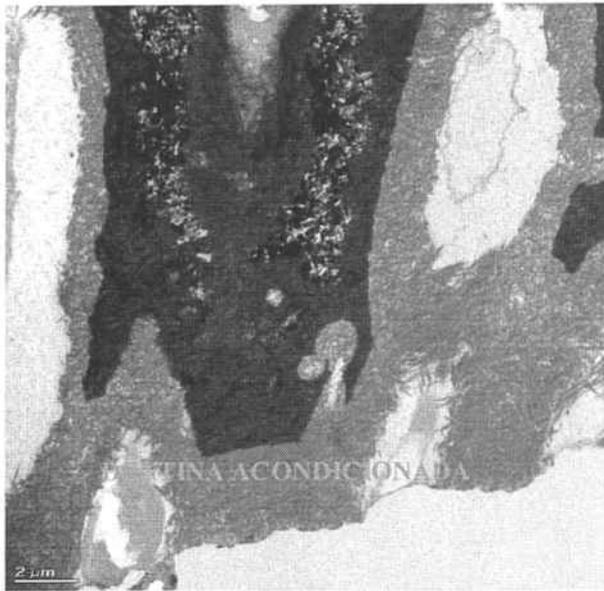


Fig 24. Corte transversal de superficie dentinaria grabada con Acid. Ortofosfórico x4.000, observado con T.E.M.

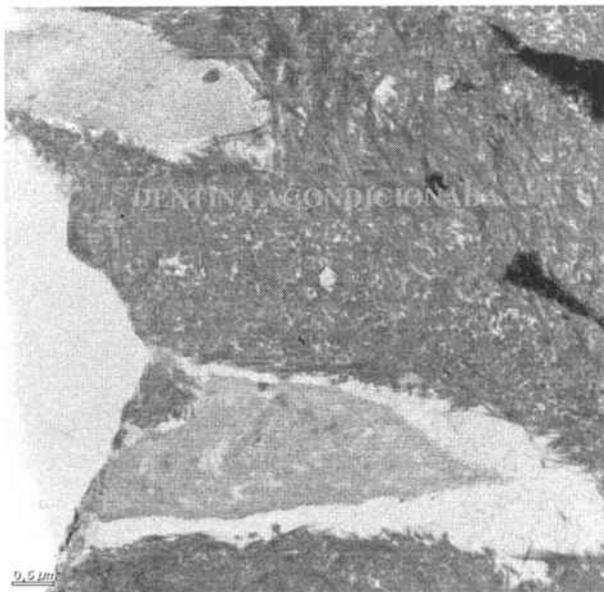


Fig 25. Corte transversal de superficie dentinaria grabada con Acid. Ortofosfórico x4.000, observado con T.E.M.

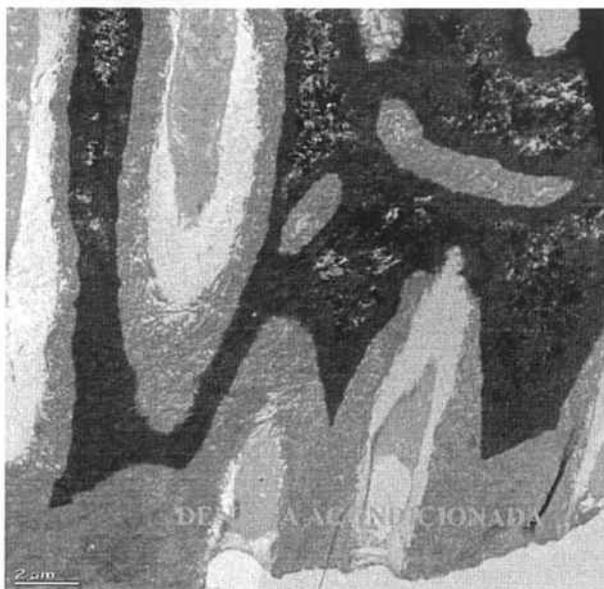


Fig 26. Corte transversal de superficie dentinaria grabada con Acid. Ortofosfórico x4.000, observado con T.E.M.

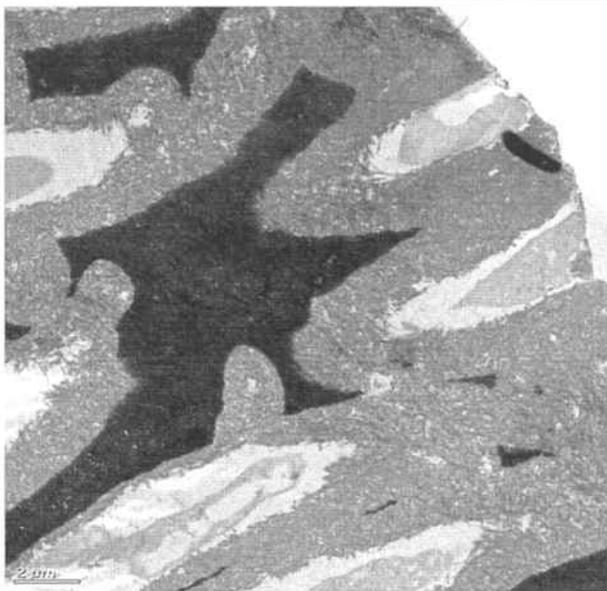


Fig 27. Corte transversal de superficie dentinaria grabada con Acid. Ortofosfóricox4.000, observado con T.E.M.

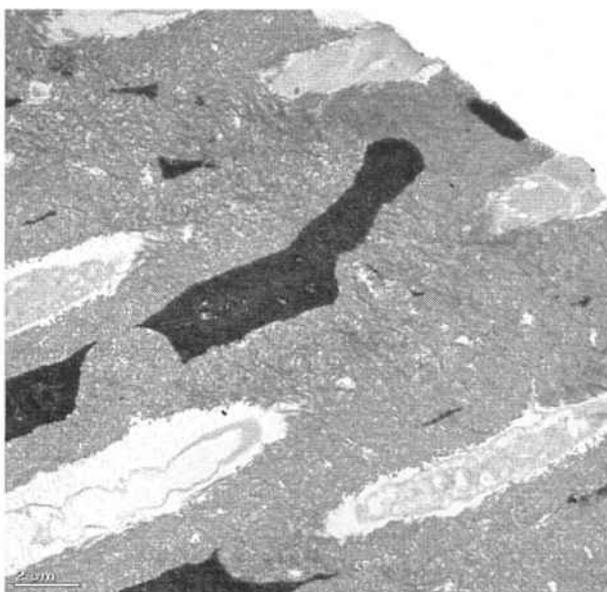


Fig 28. Corte transversal de superficie dentinaria grabada con Acid. Ortofosfóricox4.000, observado con T.E.M.

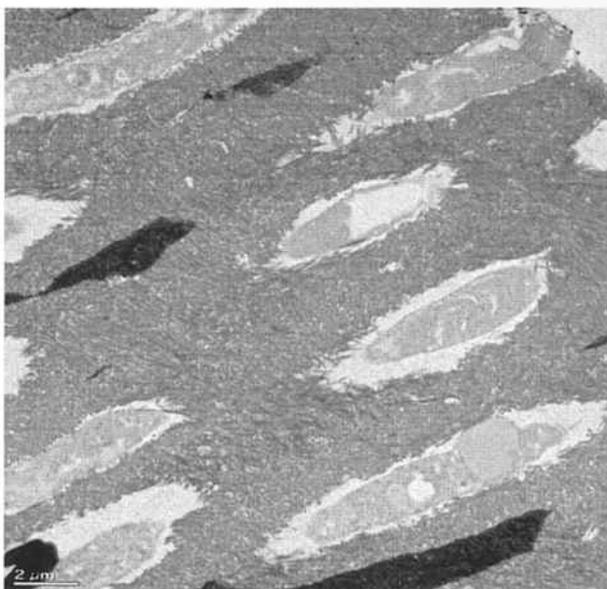


Fig 29. Corte transversal de superficie dentinaria grabada con Acid. Ortofosfóricox4.000, observado con T.E.M.



Fig 30. Corte transversal de superficie dentinaria grabada con Acd. Ortofosfóricox8.000, observado con T.E.M.

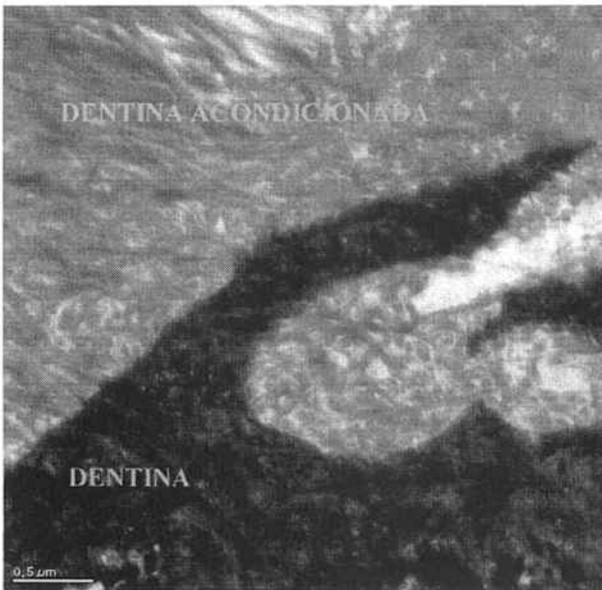


Fig 31. Corte transversal de superficie dentinaria grabada con Acd. Ortofosfóricox10.000, observado con T.E.M.

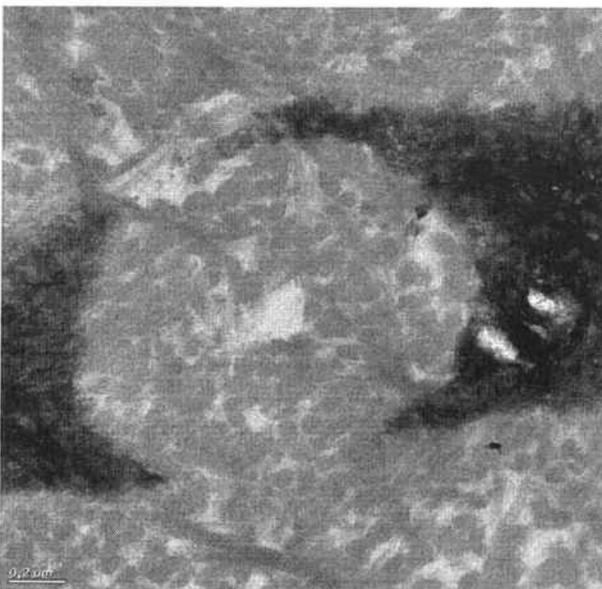


Fig 32. Corte transversal de superficie dentinaria grabada con Acd. Ortofosfóricox20.000, observado con T.E.M.

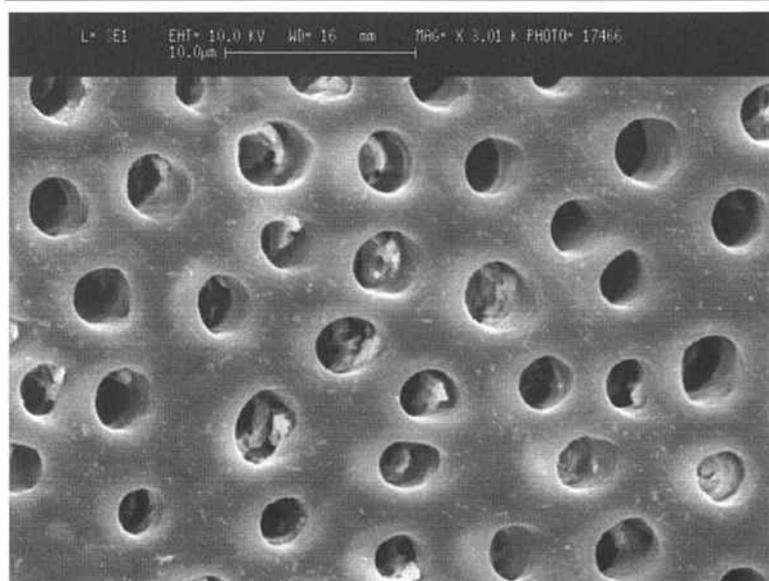


Fig 33. Superficie de Dentina grabada con Acid. Maleicox 3.000 S.E.M.

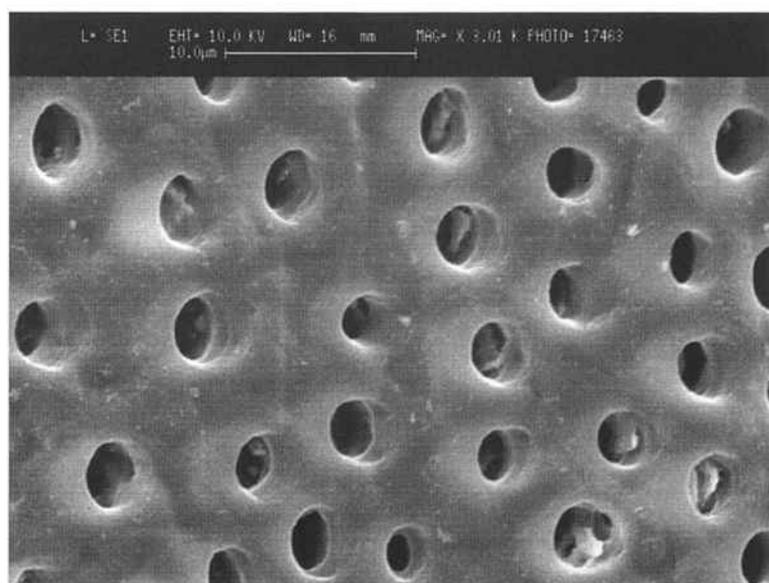


Fig 34. Superficie de Dentina grabada con Acid. Maleicox 3.000 S.E.M.

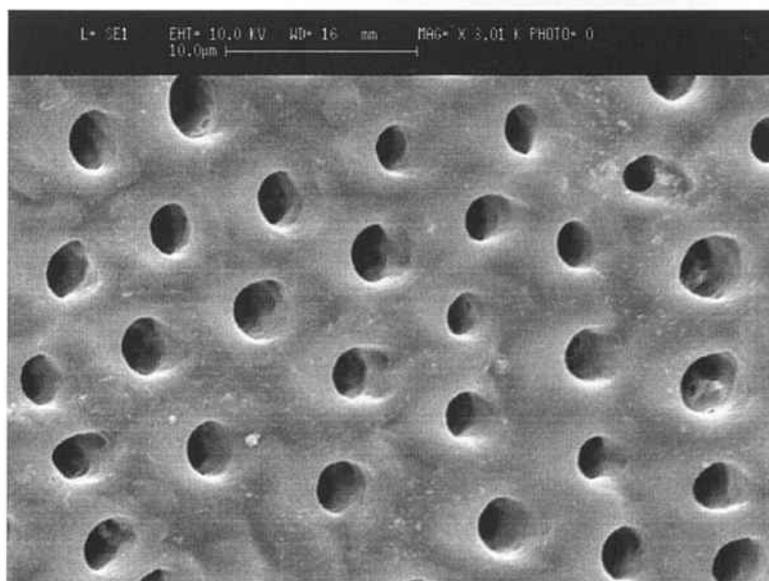


Fig 35. Superficie de Dentina grabada con Acid. Maleicox 3.000 S.E.M.

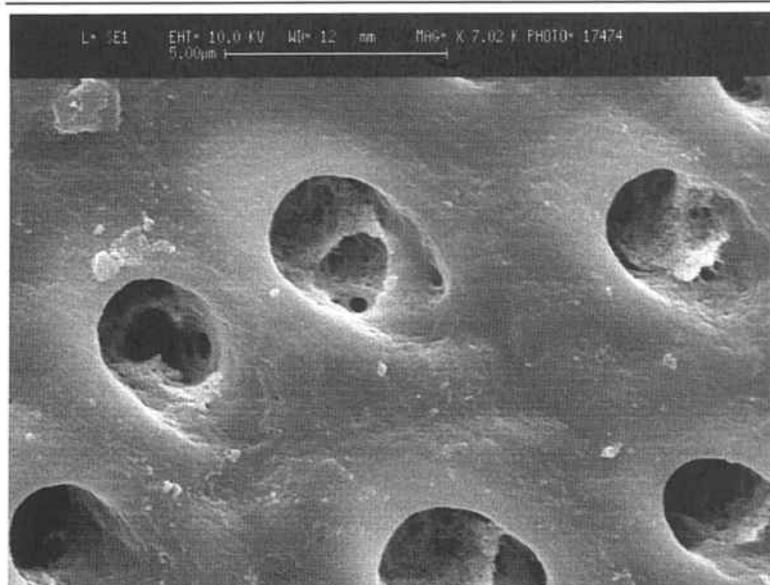


Fig 36. Superficie de Dentina grabada con Acid. Maleicox 7.000 S.E.M.

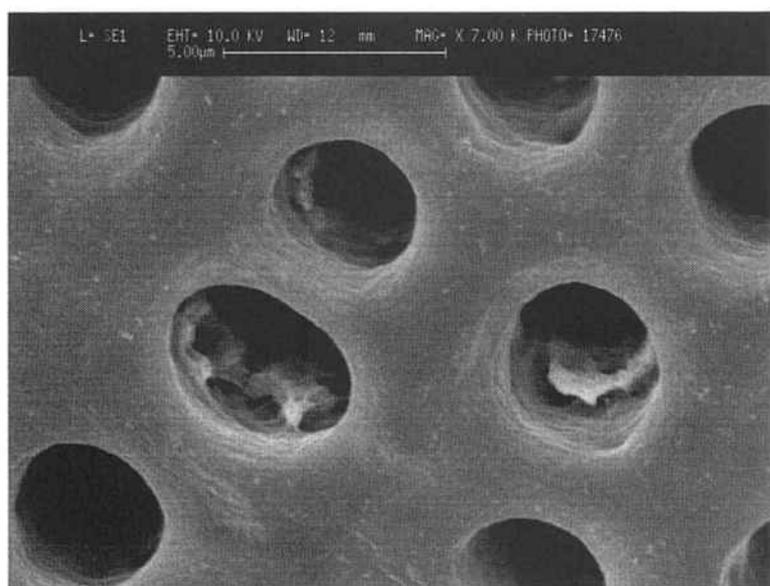


Fig 37. Superficie de Dentina grabada con Acid. Maleicox 7.000 S.E.M.



Fig 38. Superficie de Dentina grabada con Acid. Maleicox 10.000 S.E.M.

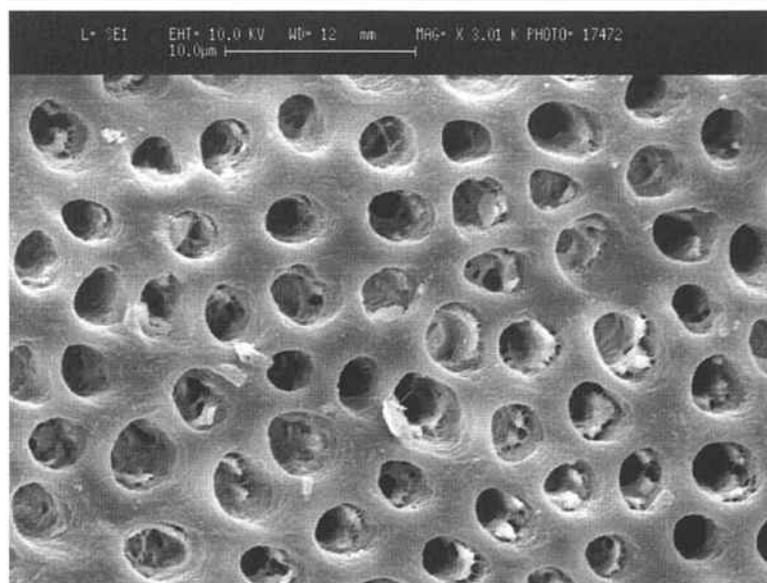


Fig 39. Superficie de Dentina grabada con Acid. Maleicox 3.000 S.E.M.

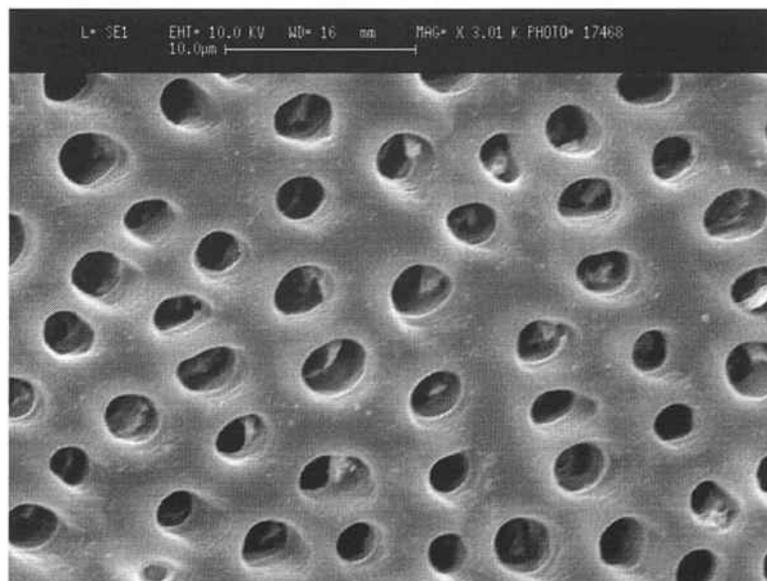


Fig 40. Superficie de Dentina grabada con Acid. Maleicox 3.000 S.E.M.

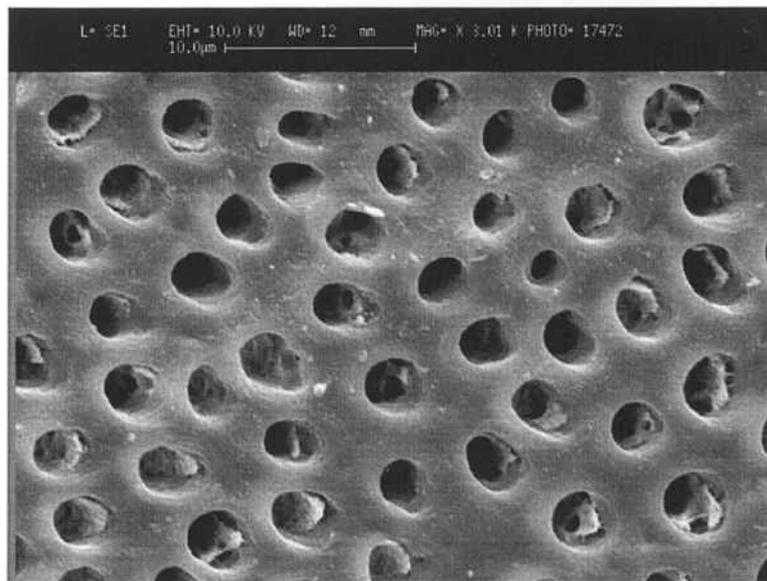


Fig 41. Superficie de Dentina grabada con Acid. Maleicox 3.000 S.E.M.



Fig 42. Corte transversal de superficie dentinaria grabada con Acid. Maleico x8.000, observado con T.E.M.

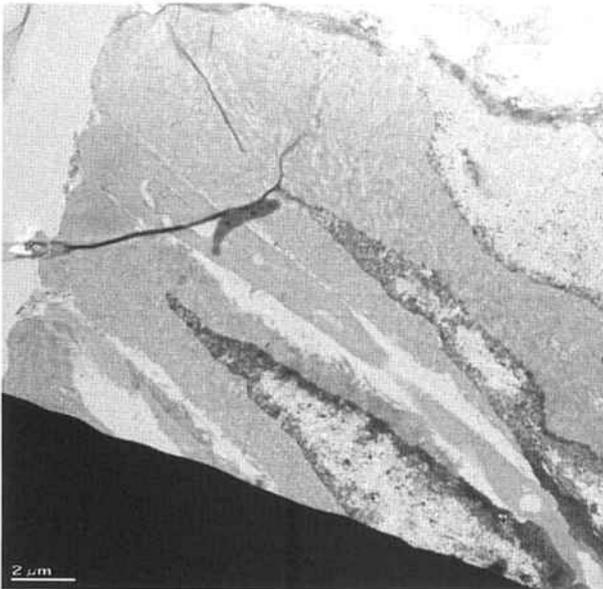


Fig 43 Corte transversal de superficie dentinaria grabada con Acid. Maleico x4.000, observado con T.E.M.

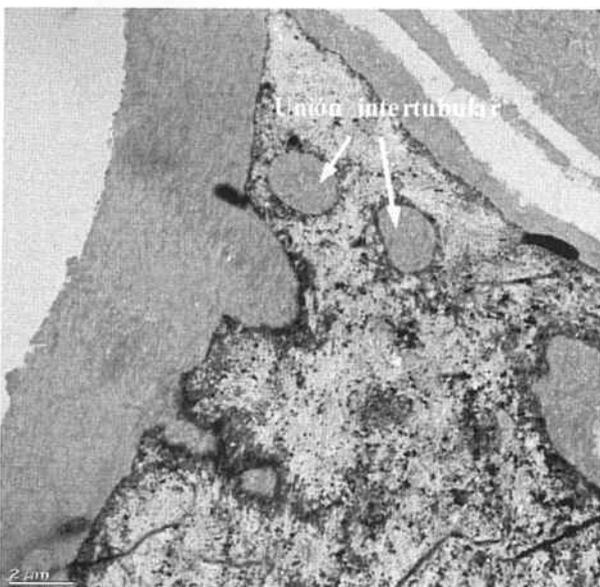


Fig 44. Corte transversal de superficie dentinaria grabada con Acid. Maleico x4.000, observado con T.E.M.

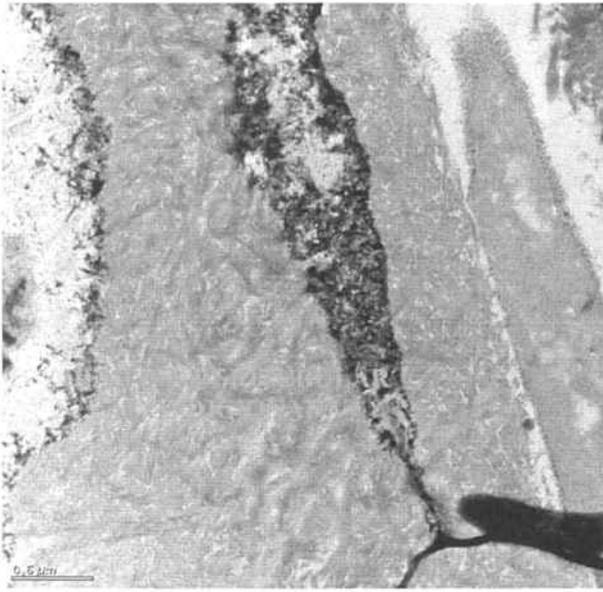


Fig 45. Corte transversal de superficie dentinaria grabada con Acid. Maleico x10.000, observado con T.E.M.

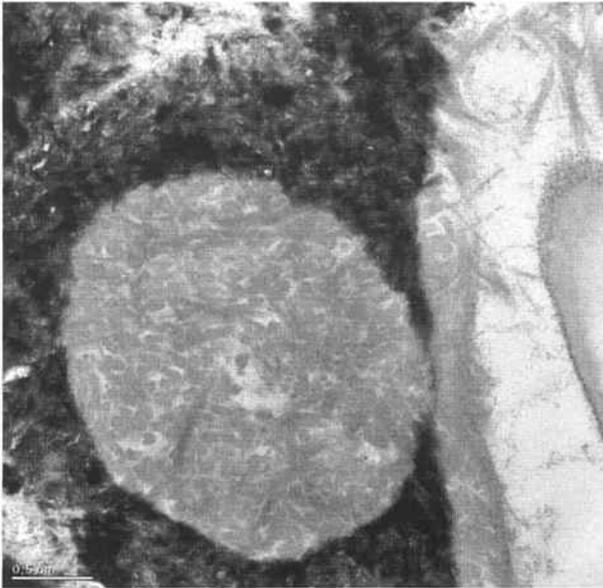


Fig 46. Corte transversal de superficie dentinaria grabada con Acid. Maleico x10.000, observado con T.E.M.

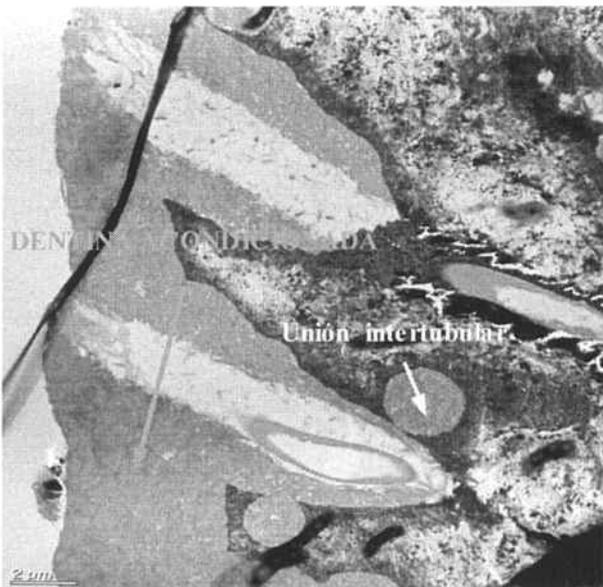


Fig 47 Corte transversal de superficie dentinaria grabada con Acid. Maleico x4.000, observado con T.E.M.

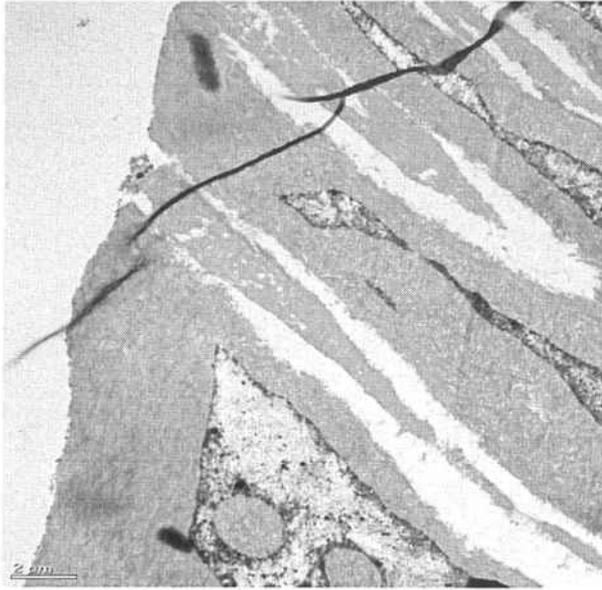


Fig 48. Corte transversal de superficie dentinaria grabada con Acd. Maleico x4.000, observado con T.E.M.

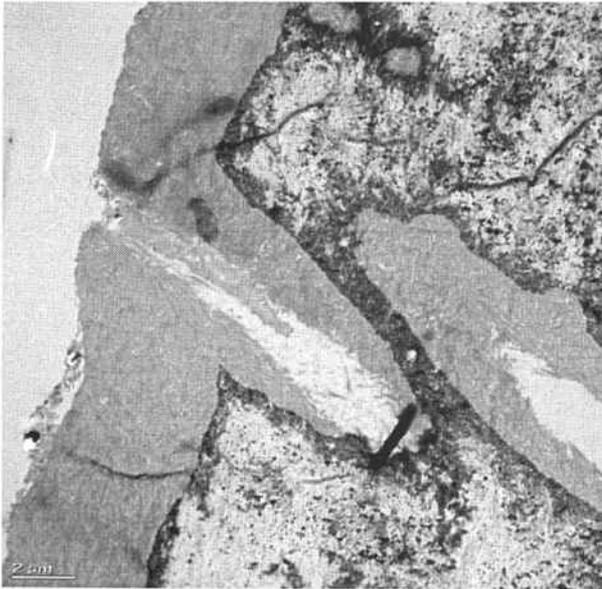


Fig 49. Corte transversal de superficie dentinaria grabada con Acd. Maleico x4.000, observado con T.E.M.

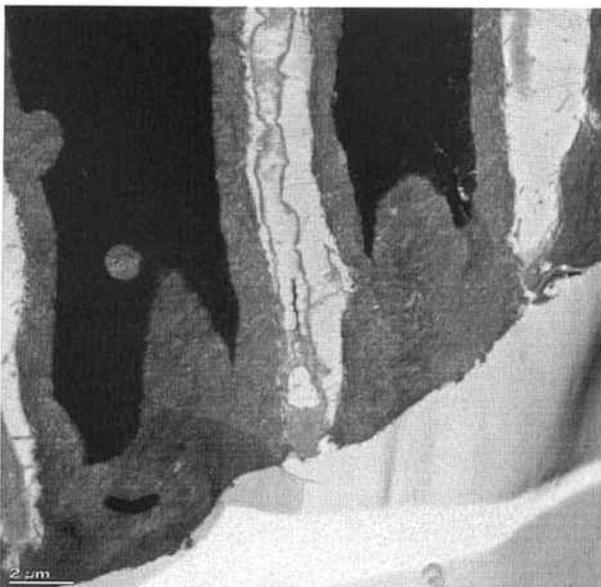


Fig 50. Corte transversal de superficie dentinaria grabada con Acd. Maleico x4.000, observado con T.E.M.

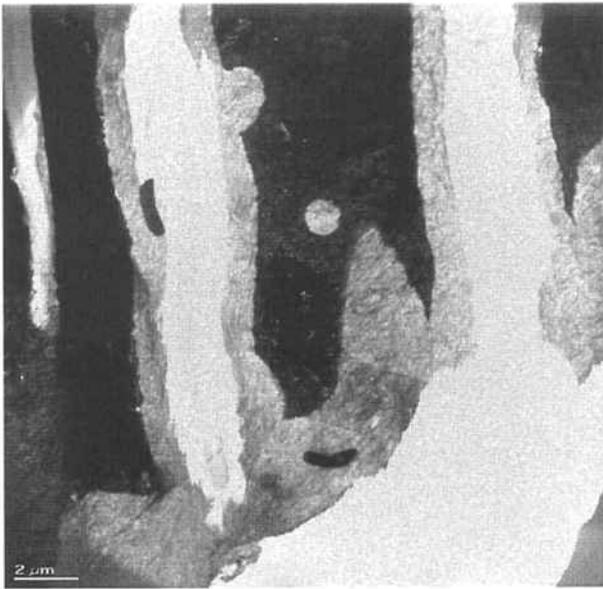


Fig 51. Corte transversal de superficie dentinaria grabada con Acid. Maleico x4.000, observado con T.E.M.

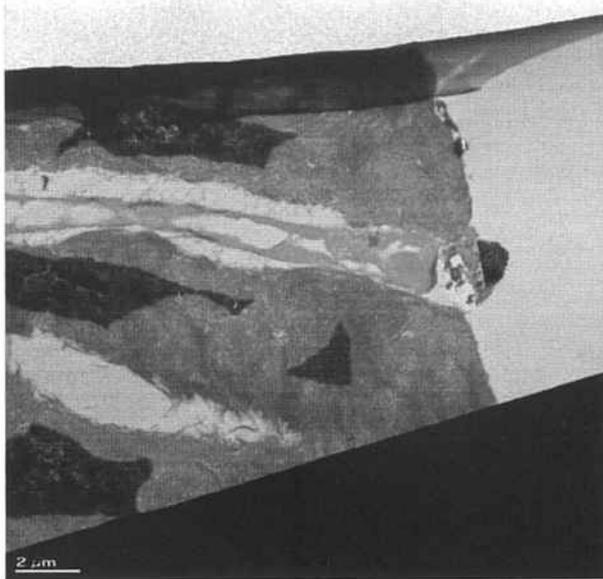


Fig 52 Corte transversal de superficie dentinaria grabada con Acid. Maleico x4.000, observado con T.E.M.



Fig 53 . Corte transversal de superficie dentinaria grabada con Acid. Maleico x4.000, observado con T.E.M.

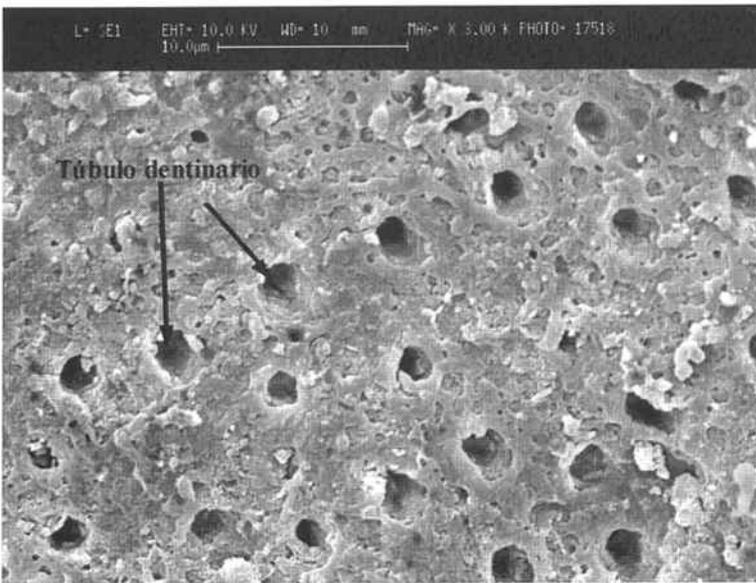


Fig 54. Superficie de Dentina grabada con Acid. Cítrico x 3.000 S.E.M.

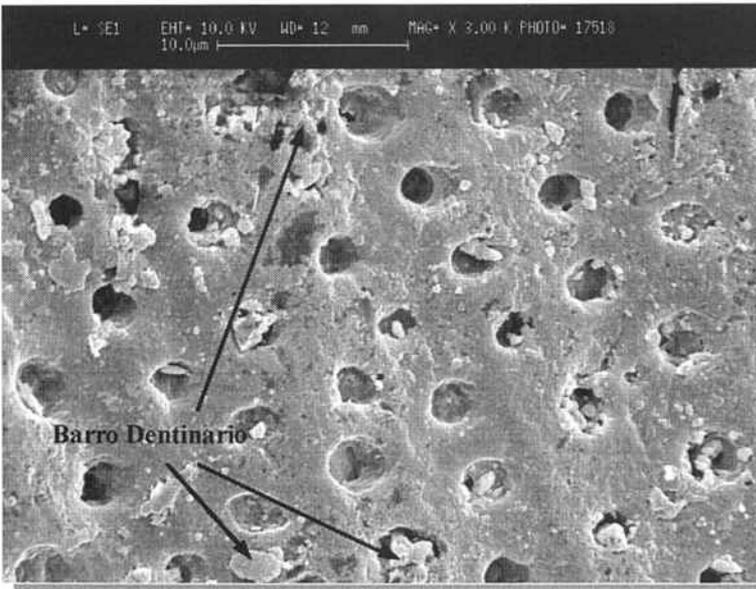


Fig 55. Superficie de Dentina grabada con Acid. Cítrico x 3.000 S.E.M.

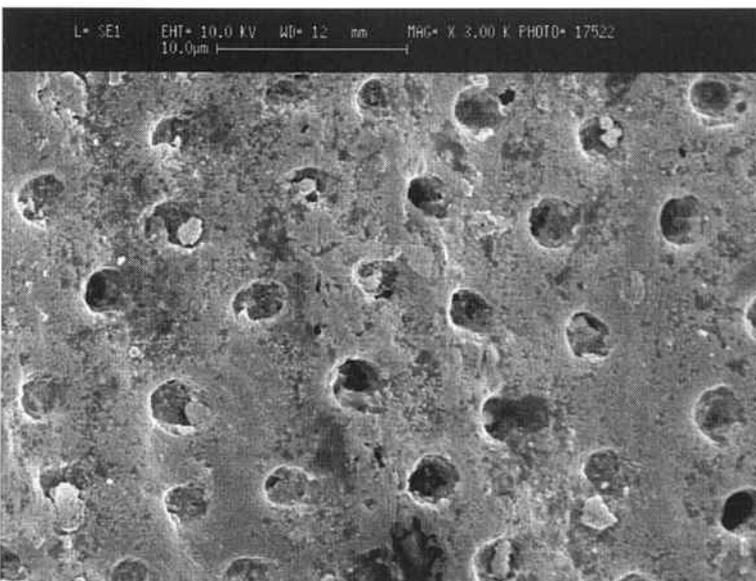


Fig 56. Superficie de Dentina grabada con Acid. Cítrico x 3.000 S.E.M.

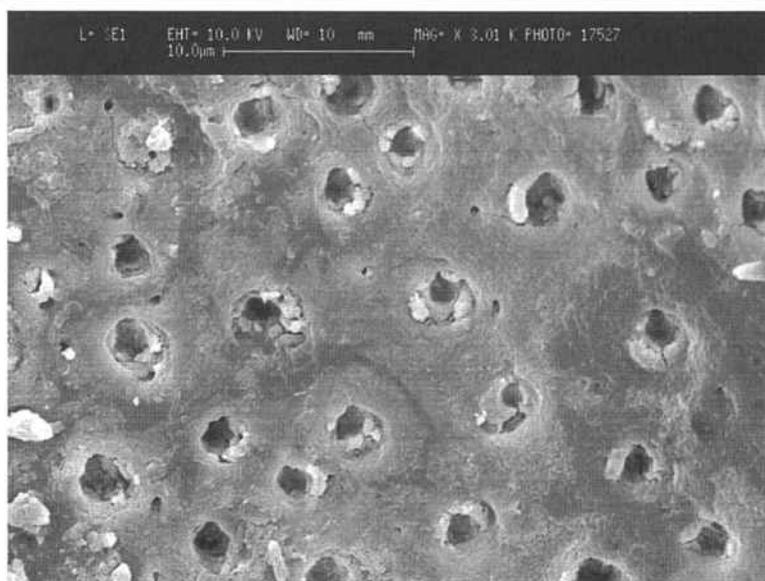


Fig 58. Superficie de Dentina grabada con Acid. Cítrico x 3.000 S.E.M.

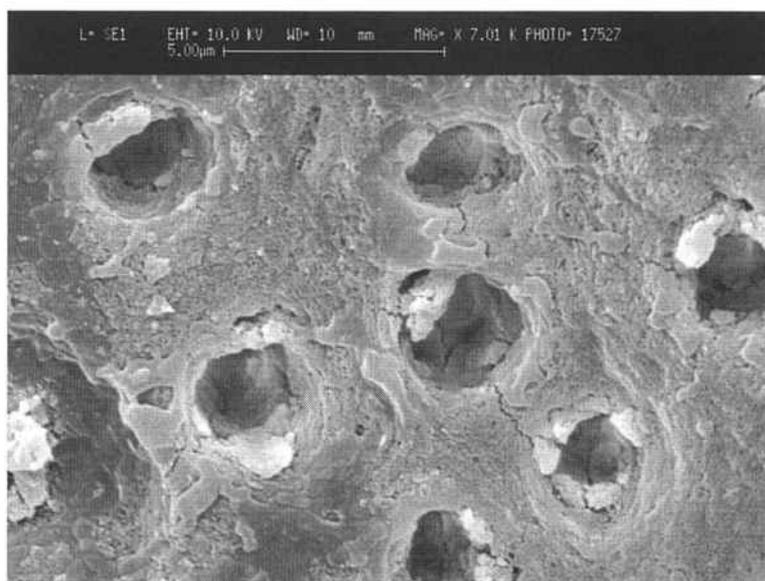


Fig 58. Superficie de Dentina grabada con Acid. Cítrico x 7.000 S.E.M.

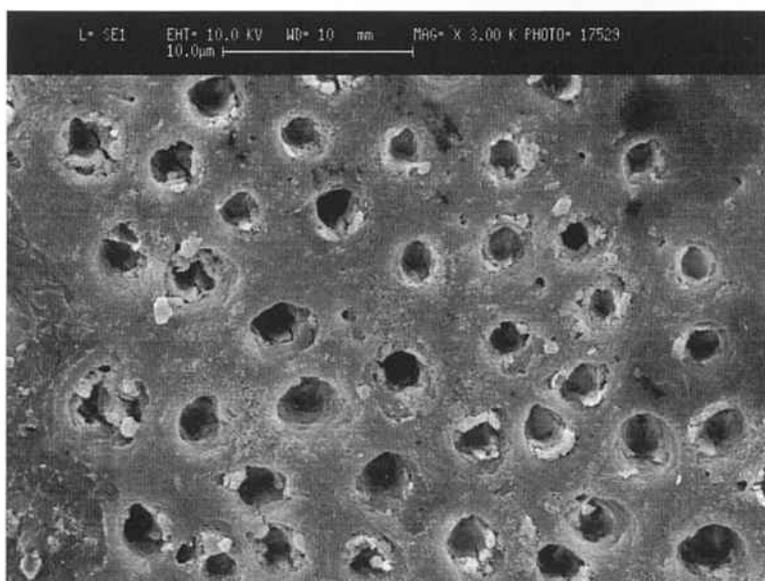


Fig 59. Superficie de Dentina grabada con Acid. Cítrico x 3.000 S.E.M.

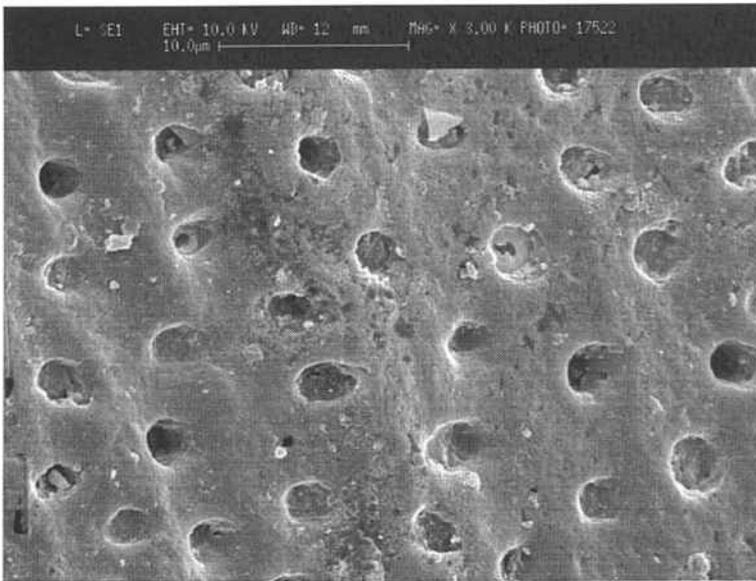


Fig 60. Superficie de Dentina grabada con Acid. Cítrico x 3.000 S.E.M.

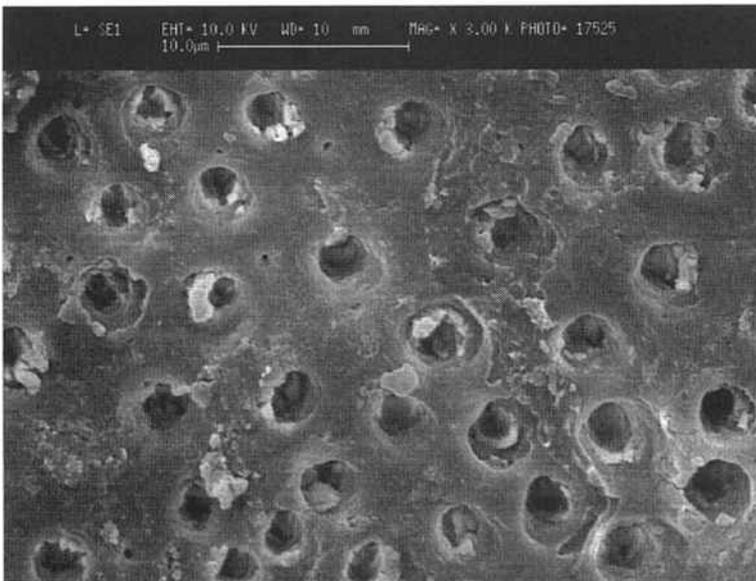


Fig 61. Superficie de Dentina grabada con Acid. Cítrico x 3.000 S.E.M.

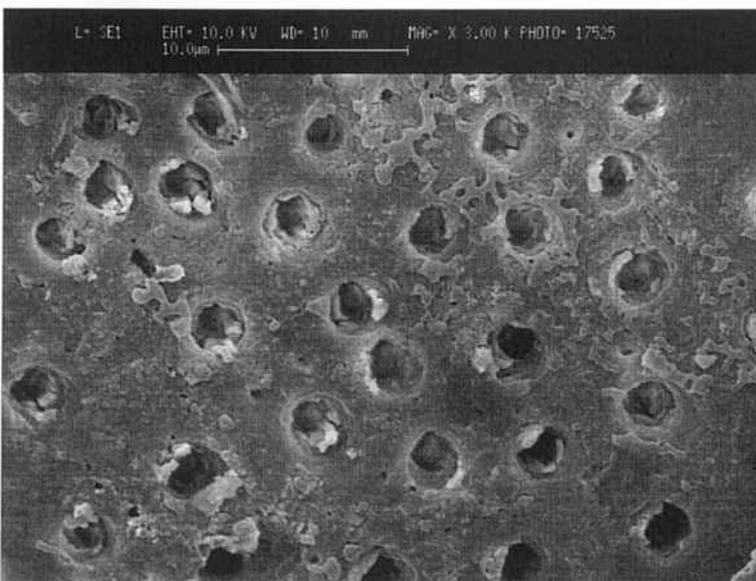


Fig 62. Superficie de Dentina grabada con Acid. Cítrico x 3.000 S.E.M.

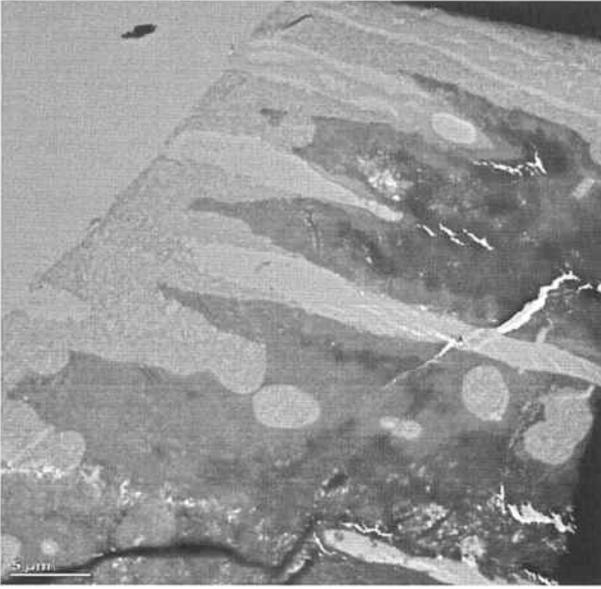


Fig 63. Corte transversal de superficie dentinaria grabada con Acid. Citricox4.000, observado con T.E.M.

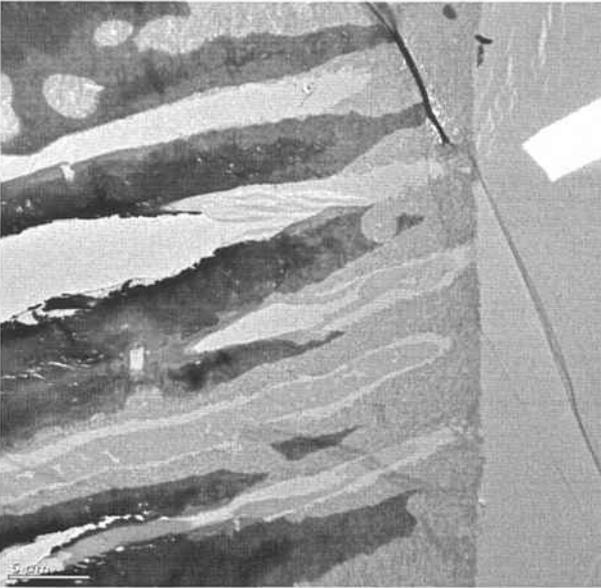


Fig 64. Corte transversal de superficie dentinaria grabada con Acid. Citricox4.000, observado con T.E.M.

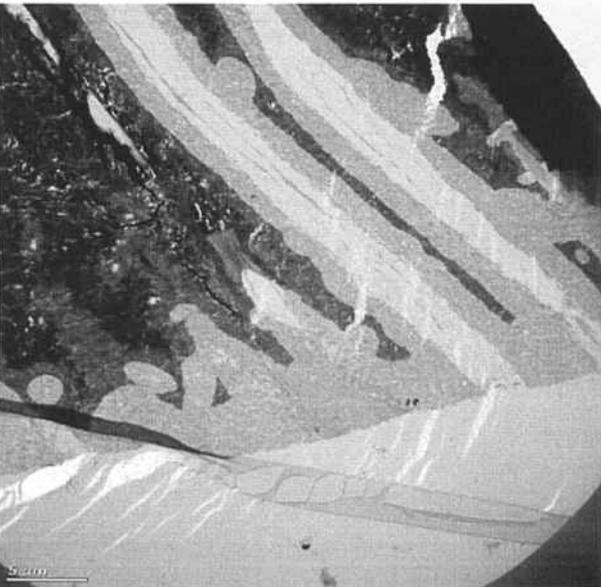


Fig 65. Corte transversal de superficie dentinaria grabada con Acid. Citricox4.000, observado con T.E.M.

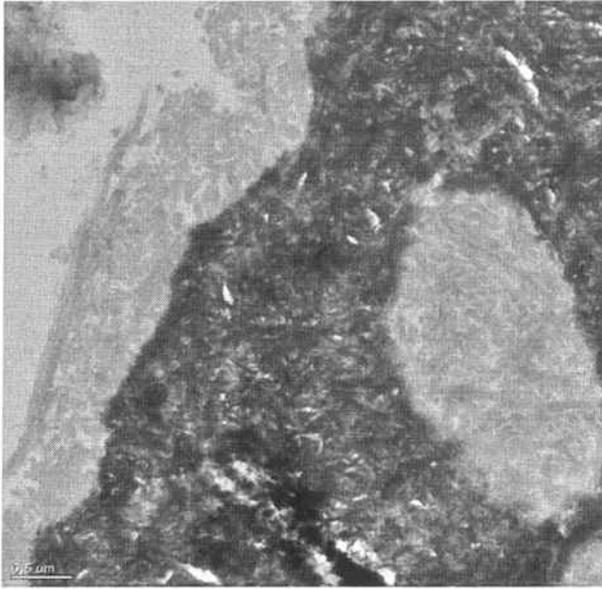


Fig 66. Corte transversal de superficie dentinaria grabada con Acid. Citrico $\times 4.000$, observado con T.E.M.



Fig 67. Corte transversal de superficie dentinaria grabada con Acid. Citrico $\times 4.000$, observado con T.E.M.

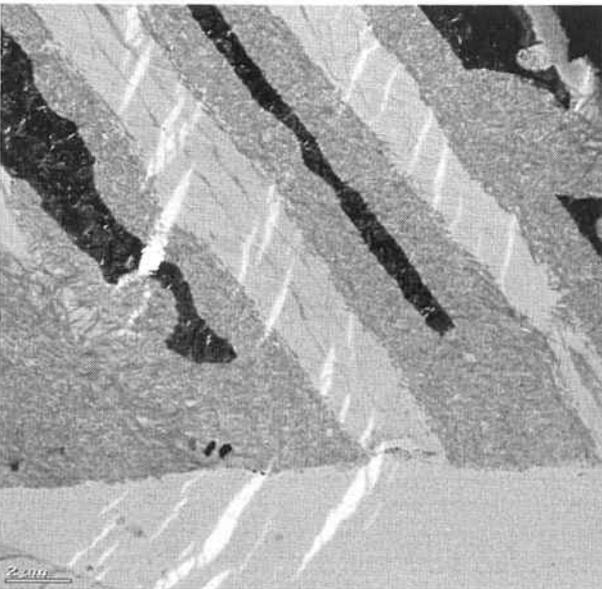


Fig 68. Corte transversal de superficie dentinaria grabada con Acid. Citrico $\times 4.000$, observado con T.E.M.

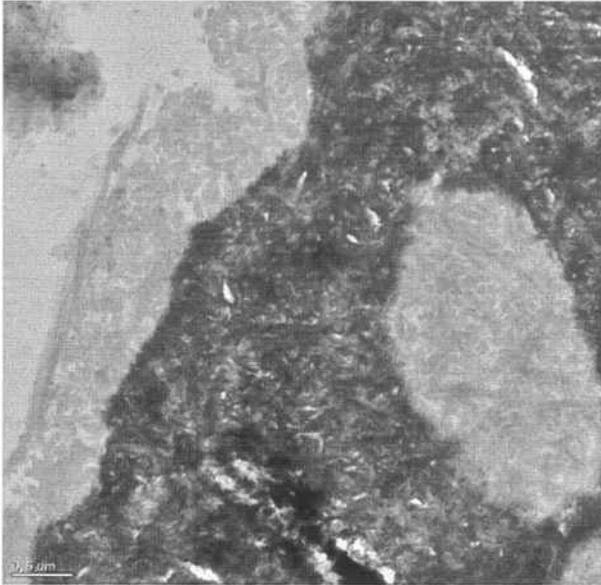


Fig 69. Corte transversal de superficie dentinaria grabada con Acid. Cítrico x8.000, observado con T.E.M.

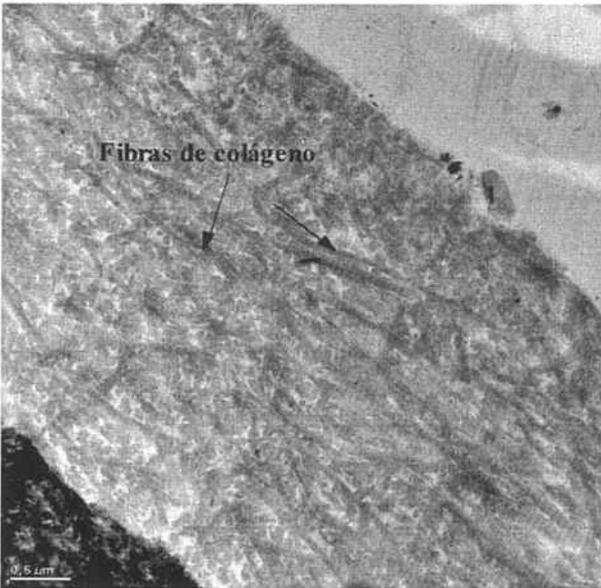


Fig 70. Corte transversal de superficie dentinaria grabada con Acid. Cítrico x10.000, observado con T.E.M.

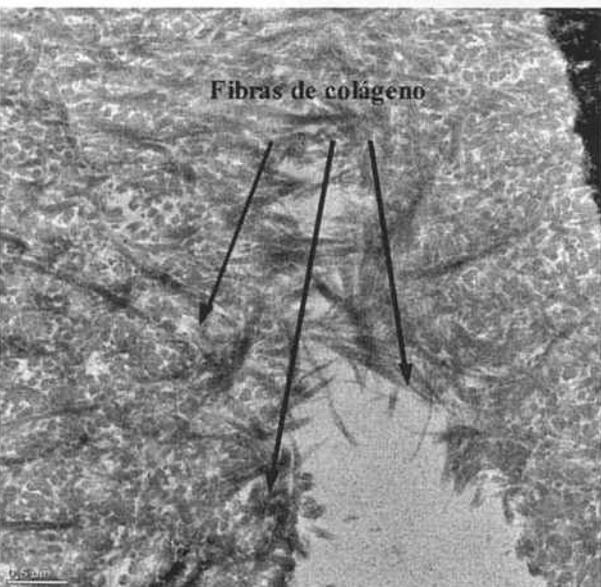


Fig 71. Corte transversal de superficie dentinaria grabada con Acid. Cítrico x10.000, observado con T.E.M.

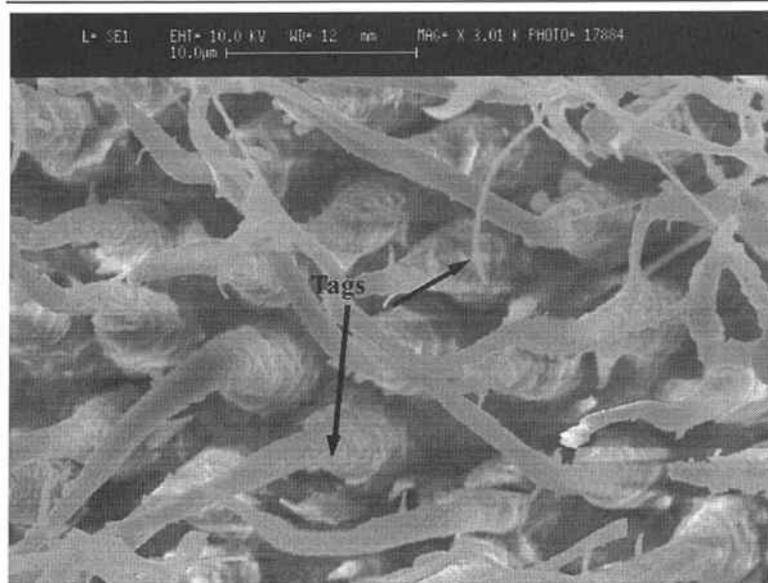


Fig 72. Muestra descalcificada con Ac. Clorhídrico. Correspondiente a: Ac. Fosfórico-P&B

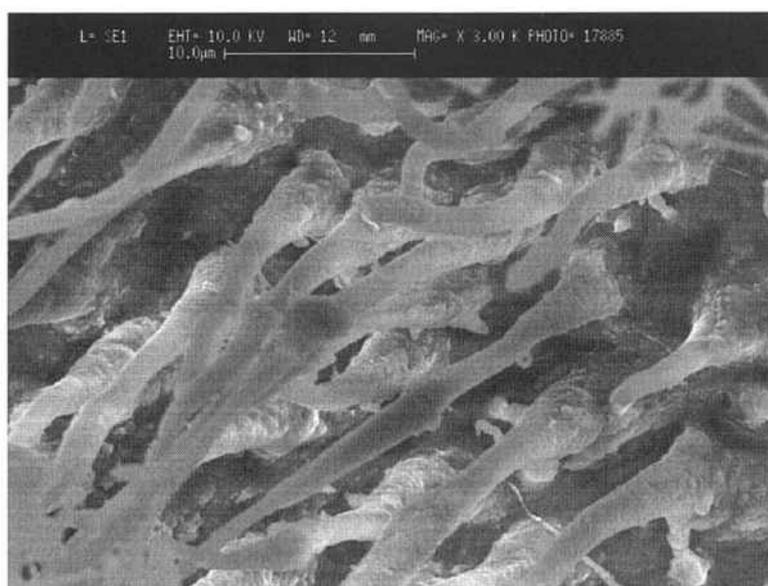


Fig 73. Muestra descalcificada con Ac. Clorhídrico. Correspondiente a: Ac. Fosfórico-P&B

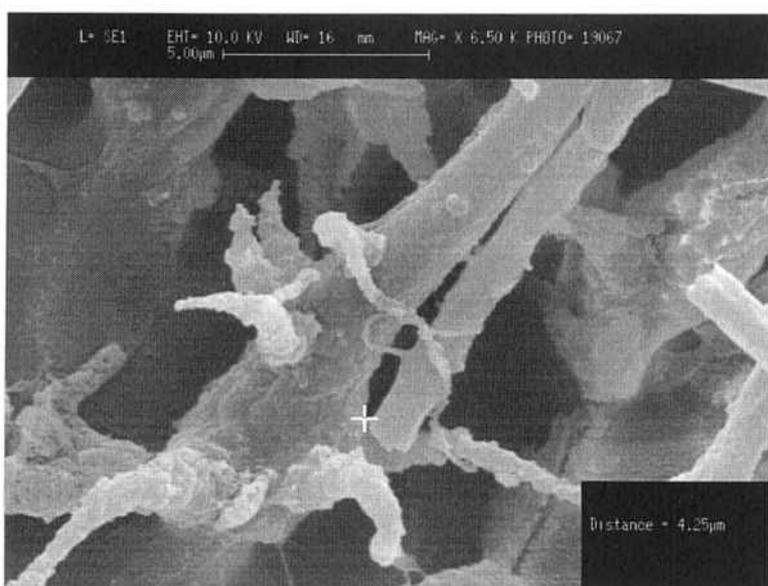


Fig 74. Muestra descalcificada con Ac. Clorhídrico. Correspondiente a: Ac. Fosfórico-P&B

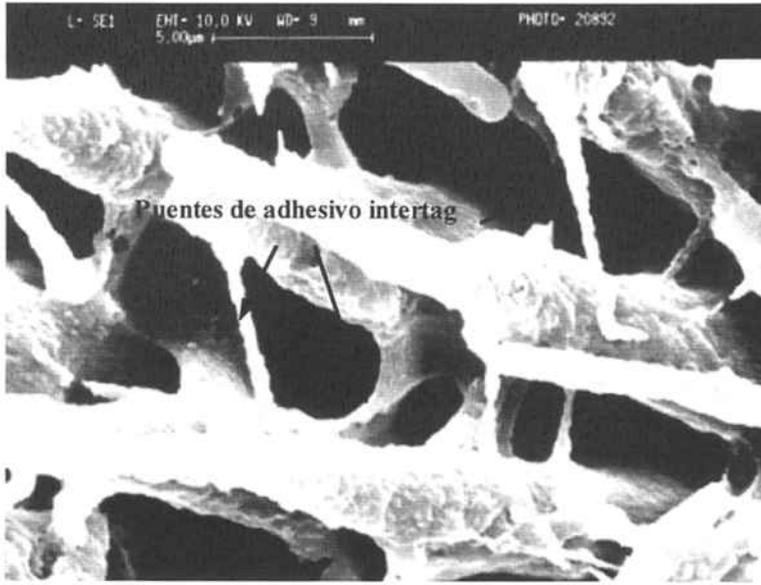


Fig 75. Muestra descalcificada con Ac. Clorhídrico. Correspondiente a: Ac. Fosfórico-P&B

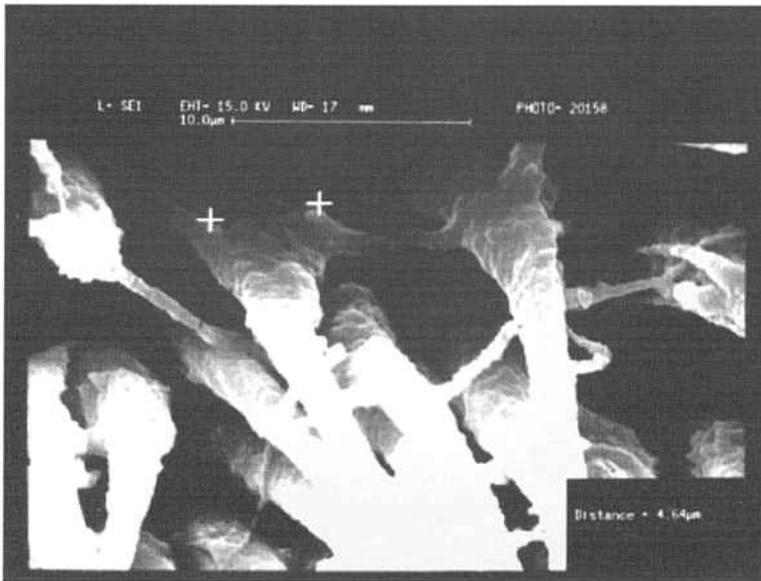


Fig 76. Muestra descalcificada con Ac. Clorhídrico. Correspondiente a: Ac. Fosfórico-P&B

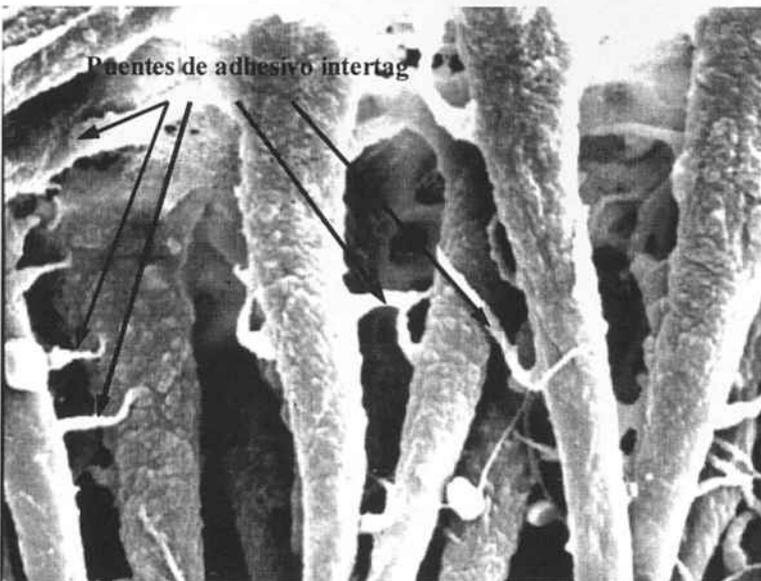


Fig 77 Muestra descalcificada con Ac. Clorhídrico. Correspondiente a: Ac. Fosfórico-P&B

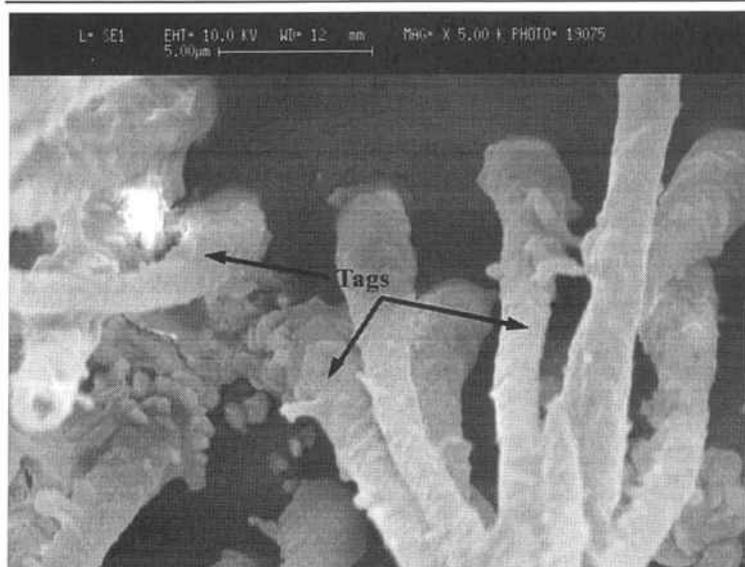


Fig 78. Muestra descalcificada con Ac. Clorhídrico. Correspondiente a: Ac. Maleico-P&B

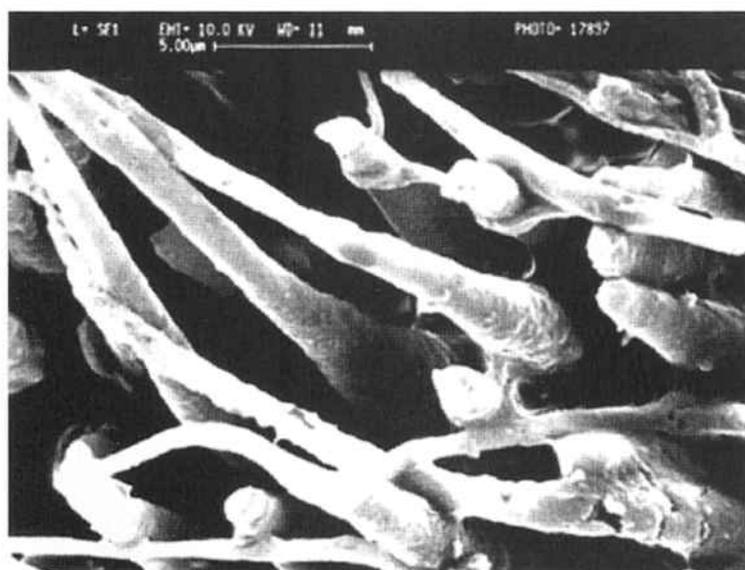


Fig 79. Muestra descalcificada con Ac. Clorhídrico. Correspondiente a: Ac. Maleico-P&B

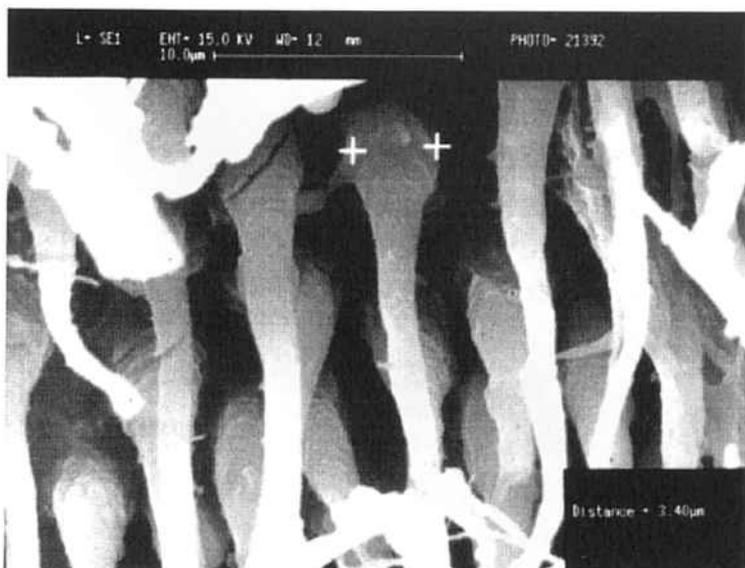


Fig 80. Muestra descalcificada con Ac. Clorhídrico. Correspondiente a: Ac. Maleico-P&B

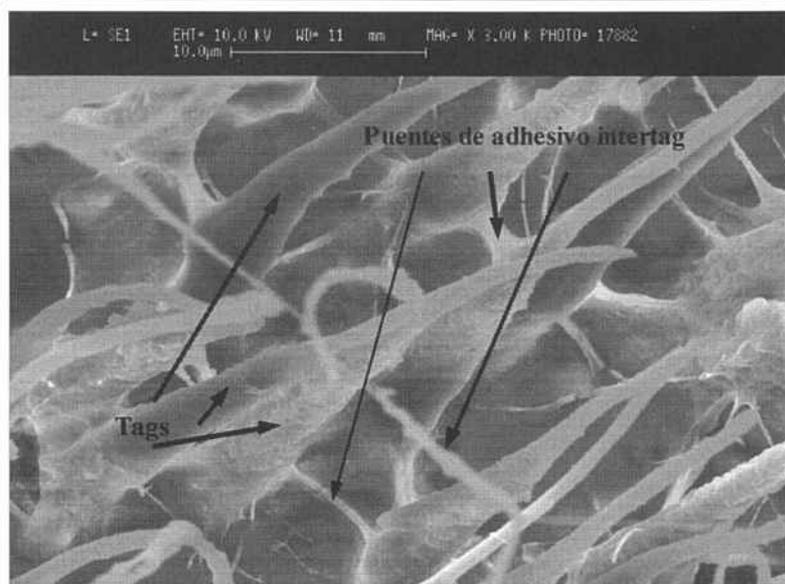


Fig 81. Muestra descalcificada con Ac. Clorhídrico. Correspondiente a: Ac. Maleico-P&B -Composite

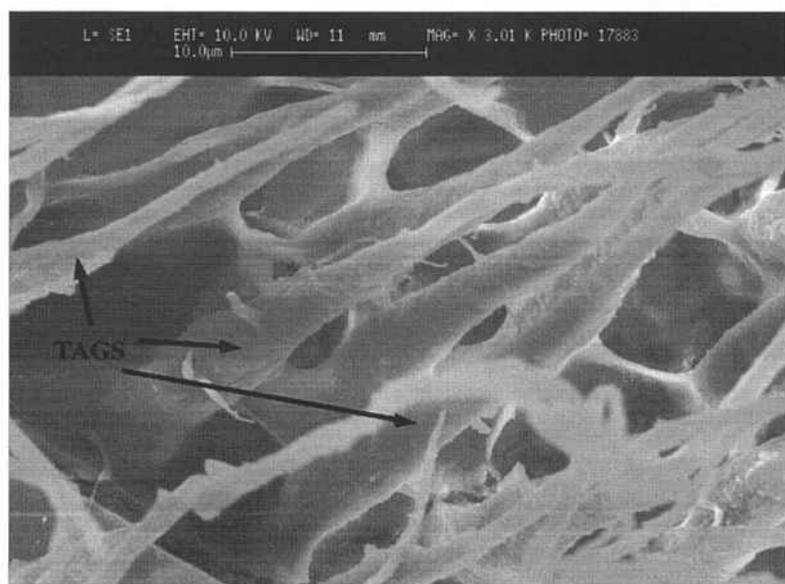


Fig 82. Muestra descalcificada con Ac. Clorhídrico. Correspondiente a: Ac. Maleico-P&B -Composite

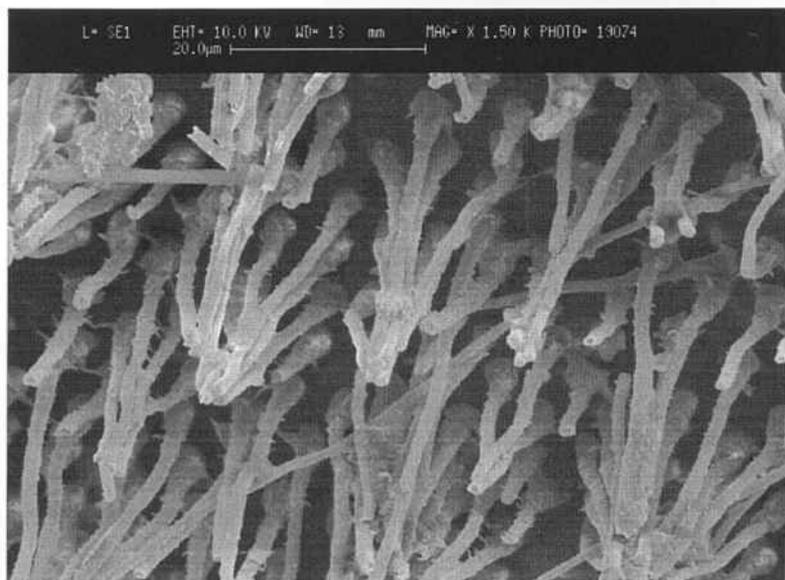


Fig 83. Muestra descalcificada con Ac. Clorhídrico. Correspondiente a: Ac. Maleico-P&B -Composite

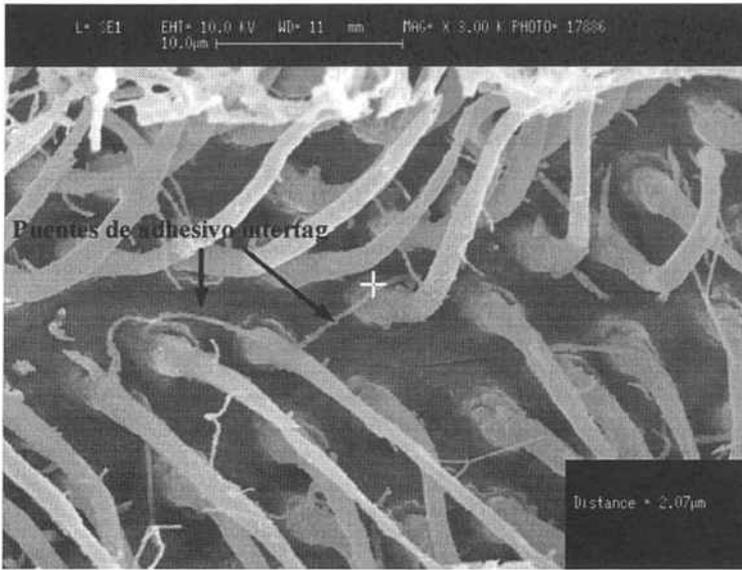


Fig 84. Muestra descalcificada con Ac. Clorhídrico. Correspondiente a: Ac. Cítrico-P&B 2.0-Composite

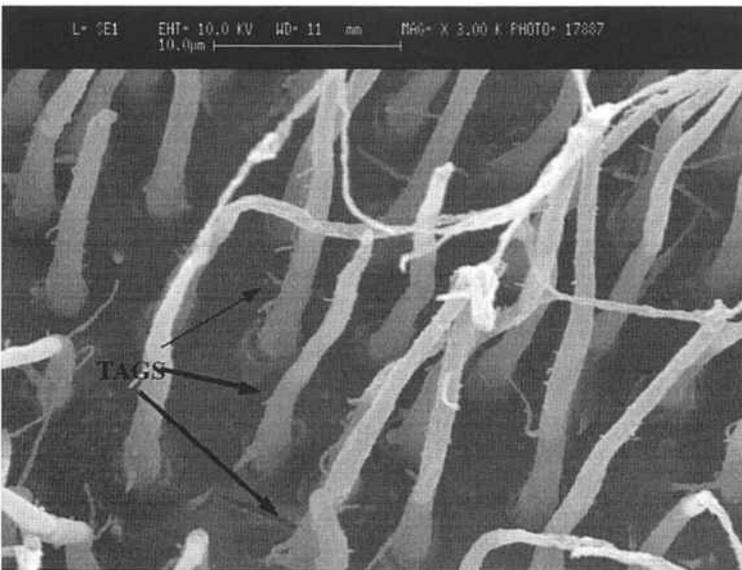


Fig 85. Muestra descalcificada con Ac. Clorhídrico. Correspondiente a: Ac. Cítrico-P&B 2.0-Composite

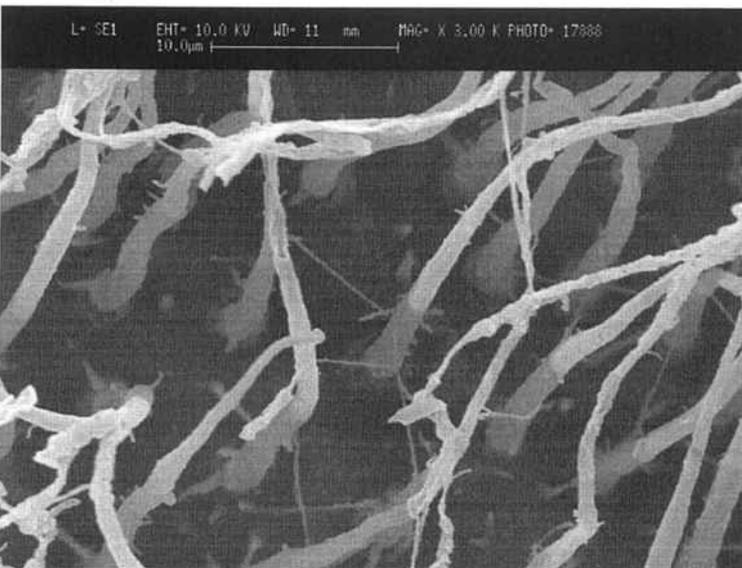


Fig 86. Muestra descalcificada con Ac. Clorhídrico. Correspondiente a: Ac. Cítrico-P&B 2.0-Composite

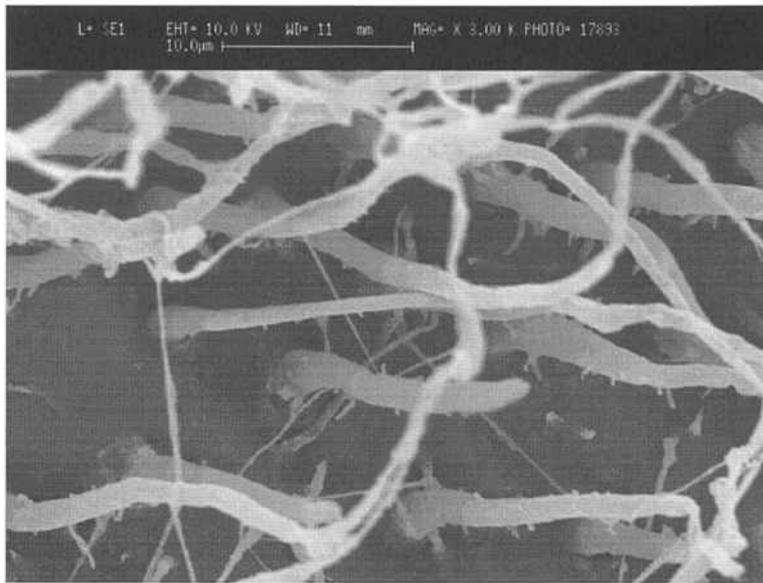


Fig 87. Muestra descalcificada con Acido Clorhídrico. Correspondiente a: Acido Citrico-P&B 2.0-Composite

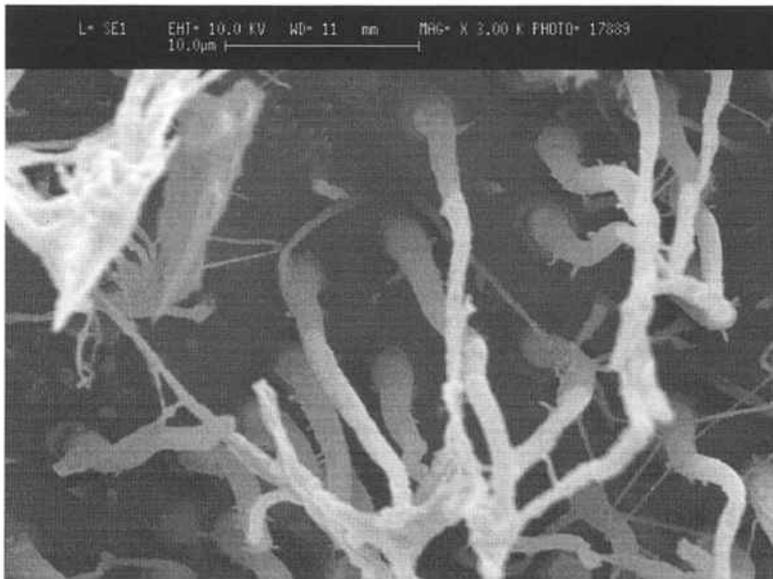


Fig 88. Muestra descalcificada con Acido Clorhídrico. Correspondiente a: Acido Citrico-P&B 2.0-Composite

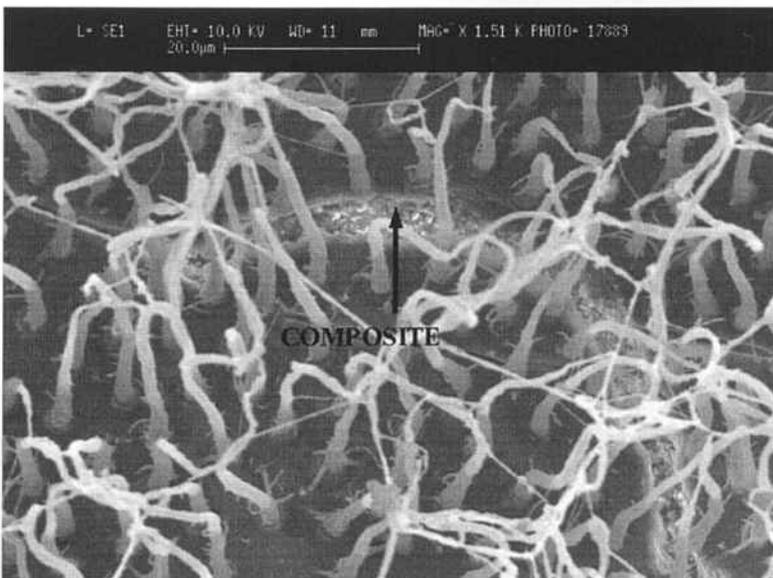


Fig 89. Muestra descalcificada con Acido Clorhídrico. Correspondiente a: Acido Citrico-P&B 2.0-Composite



Fig 90. Corte transversal de interfase dentinaria grabada con Acid. Ortofosforico P&B 2.0 x4.000, observado con T.E. M.

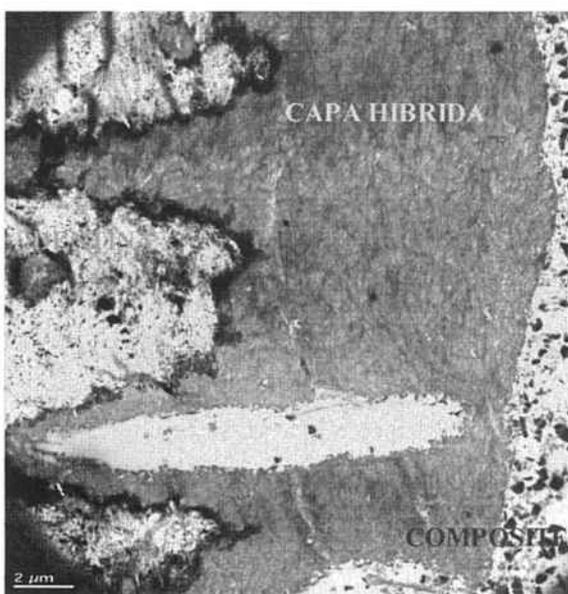


Fig 91. Corte transversal de interfase dentinaria grabada con Acid. Ortofosforico P&B 2.0 x4.000, observado con T.E. M.

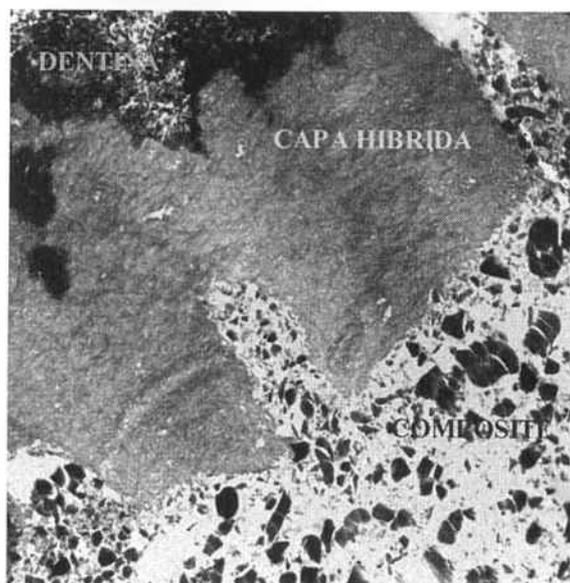


Fig 92. Corte transversal de interfase dentinaria grabada con Acid. Ortofosforico P&B 2.0 x4.000, observado con T.E. M.



Fig 93. Corte transversal de interfase dentinaria grabada con Acid. Ortofosforico P&B 2.0 x4.000, observado con T.E. M.



Fig 94. Corte transversal de interfase dentinaria grabada con Acid. Ortofosforico P&B 2.0 x4.000, observado con T.E. M.

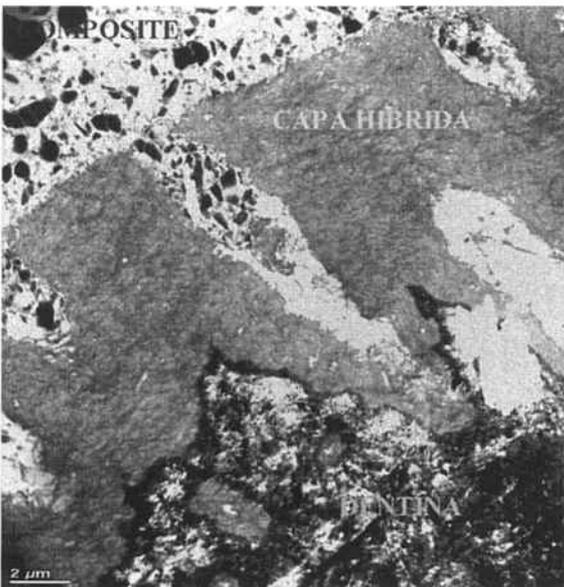


Fig 95. Corte transversal de interfase dentinaria grabada con Acid. Ortofosforico P&B 2.0 x4.000, observado con T.E. M.



Fig 96. Corte transversal de interfase dentinaria grabada con Ac. Ortofosfórico P&B 2.0 x4.000, observado con T.E. M.

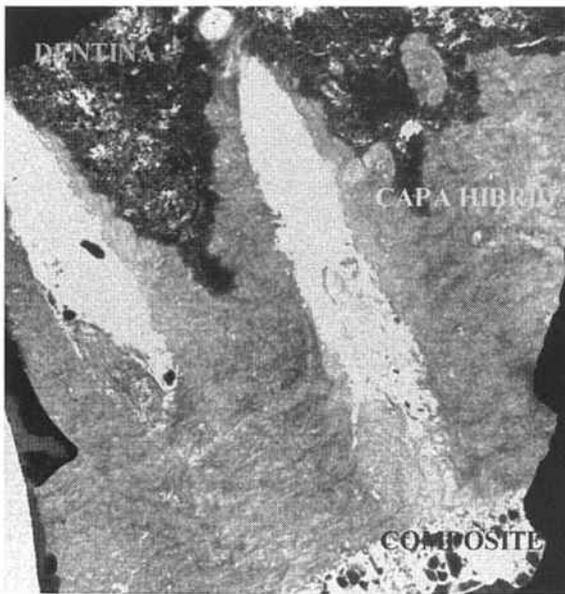


Fig 97. Corte transversal de interfase dentinaria grabada con Ac. Ortofosfórico P&B 2.0 x4.000, observado con T.E. M.



Fig 98. Corte transversal de interfase dentinaria grabada con Ac. Ortofosfórico P&B 2.0 x4.000, observado con T.E. M.

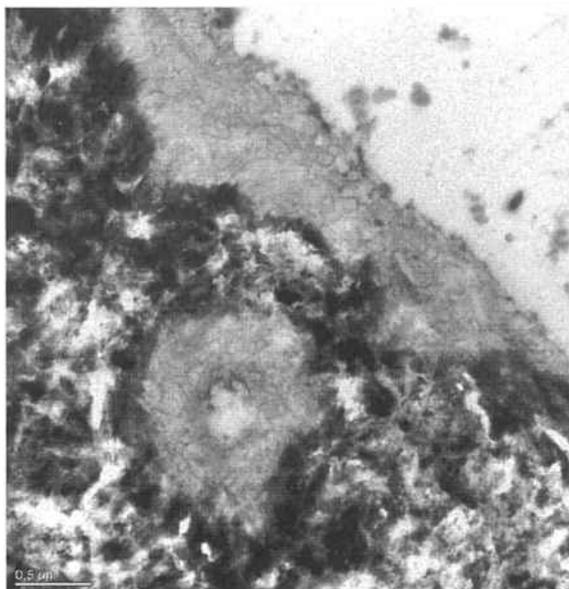


Fig 99. Corte transversal de interfase dentinaria grabada con Acid. Ortofosforico P&B 2.0 x20.000, observado con T. E.M.

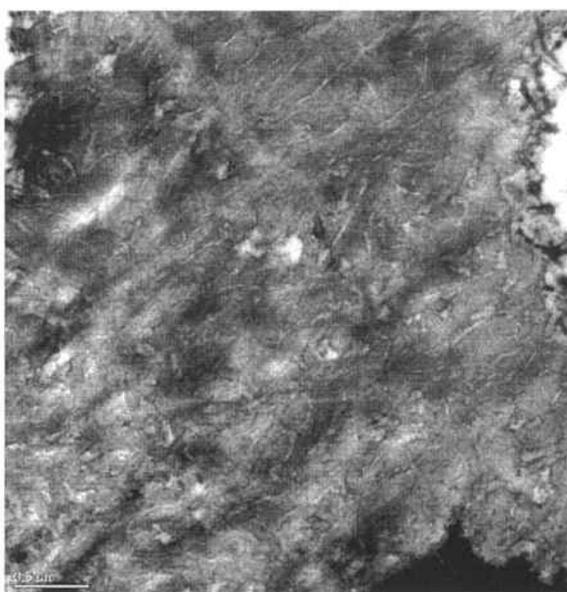


Fig 100. Corte transversal de interfase dentinaria grabada con Acid. Ortofosforico P&B 2.0 x10.000, observado con T. E.M.



Fig 101. Corte transversal de interfase dentinaria grabada con Acid. Ortofosforico P&B 2.0 x8.000, observado con T.E. M.

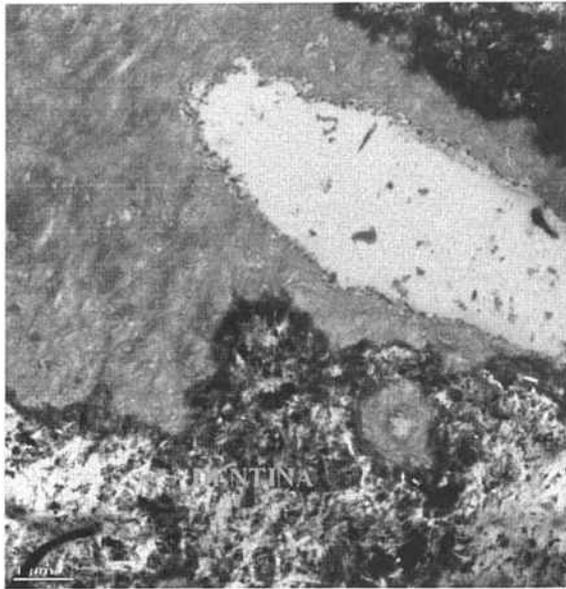


Fig 102. Corte transversal de interfase dentinaria grabada con Acid. Ortofosforico P&B 2.0 x8.000, observado con T.E. M.



Fig 103. Corte transversal de interfase dentinaria grabada con Acid. Ortofosforico P&B 2.0 x10.000, observado con T.E.M.

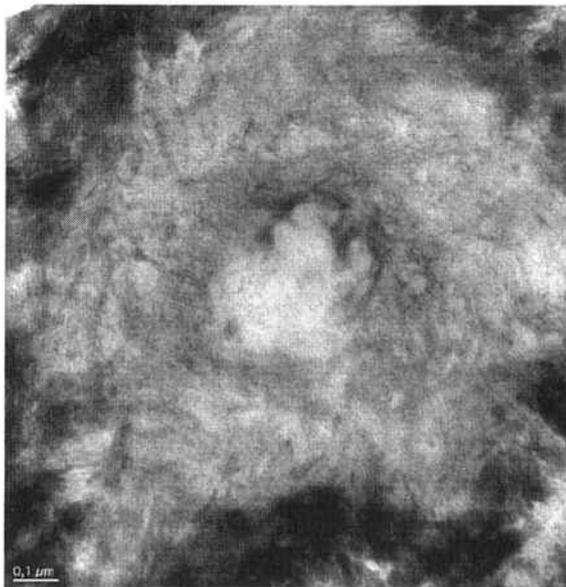


Fig 104. Corte transversal de interfase dentinaria grabada con Acid. Ortofosforico P&B 2.0 x8.000, observado con T.E. M.

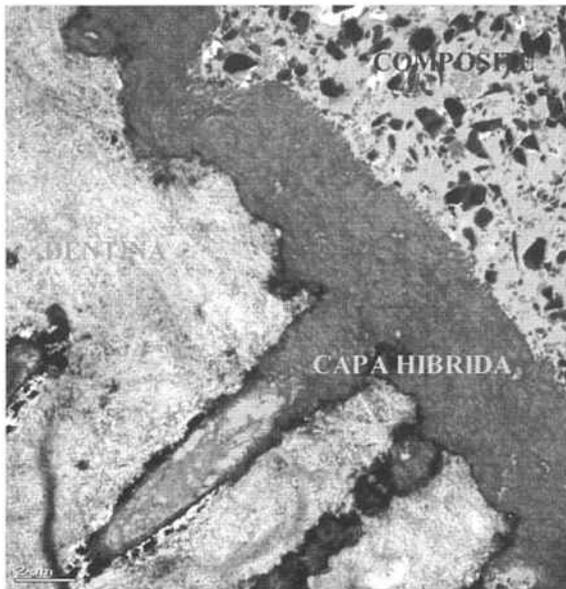


Fig 105. Corte transversal de interfase dentinaria grabada con Acid. Maleico P&B 2.0 x4.000, observado con T.E.M.

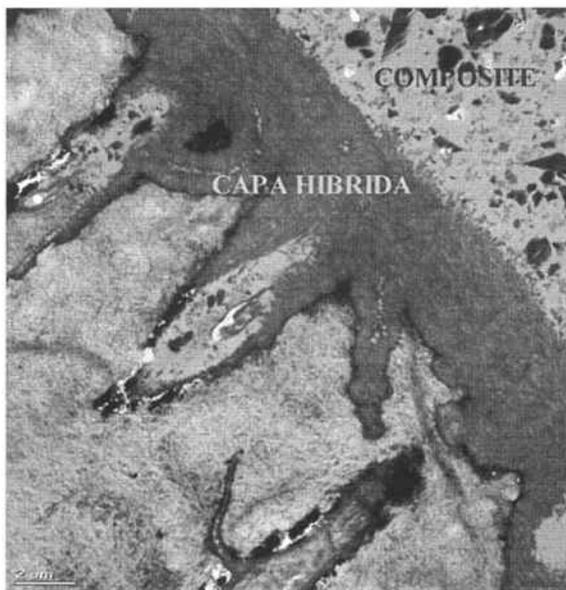


Fig 106. Corte transversal de interfase dentinaria grabada con Acid. Maleico P&B 2.0 x4.000, observado con T.E.M.

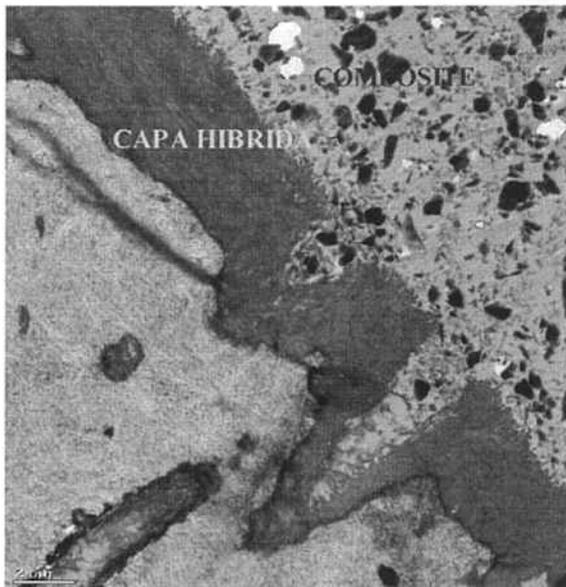


Fig 107. Corte transversal de interfase dentinaria grabada con Acid. Maleico P&B 2.0 x4.000, observado con T.E.M.



Fig 108. Corte transversal de interfase dentinaria grabada con Ac. Maleico P&B 2.0 x4.000, observado con T.E.M.

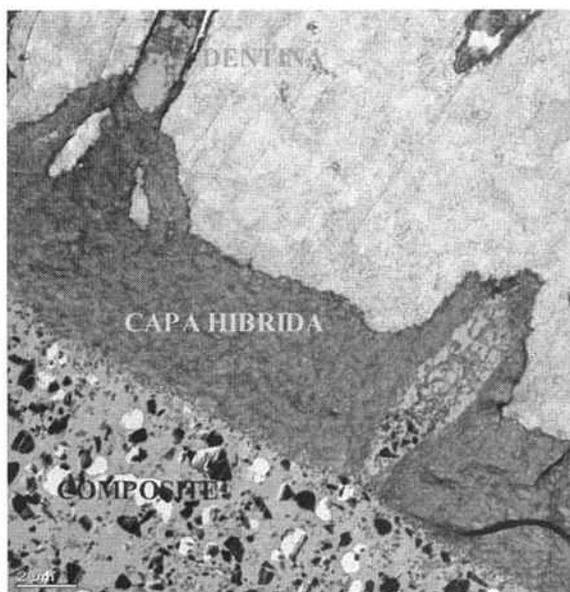


Fig 109. Corte transversal de interfase dentinaria grabada con Ac. Maleico P&B 2.0 x4.000, observado con T.E.M.

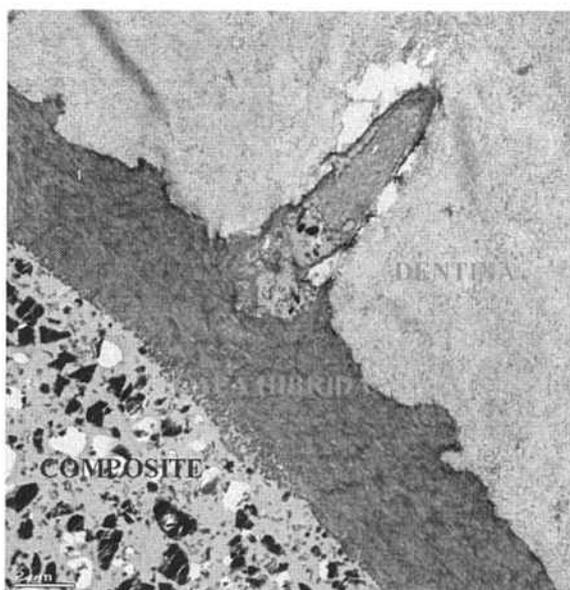


Fig 110. Corte transversal de interfase dentinaria grabada con Ac. Maleico P&B 2.0 x4.000, observado con T.E.M.



Fig 111. Corte transversal de interfase dentinaria grabada con Acid. Maleico P&B 2.0 x4.000, observado con T.E.M.

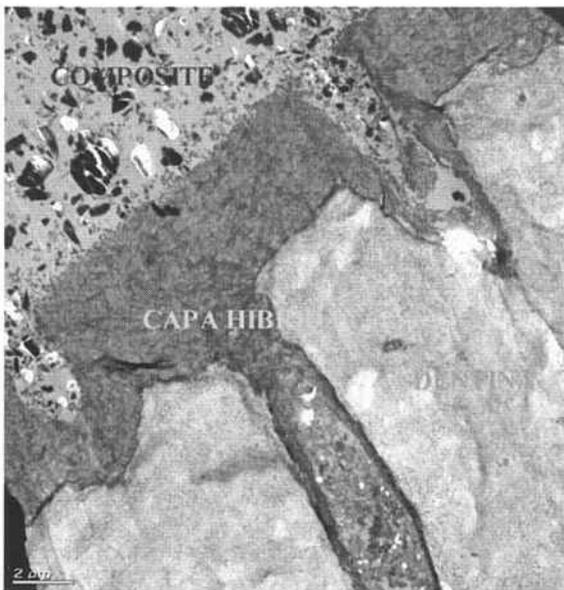


Fig 112. Corte transversal de interfase dentinaria grabada con Acid. Maleico P&B 2.0 x4.000, observado con T.E.M.

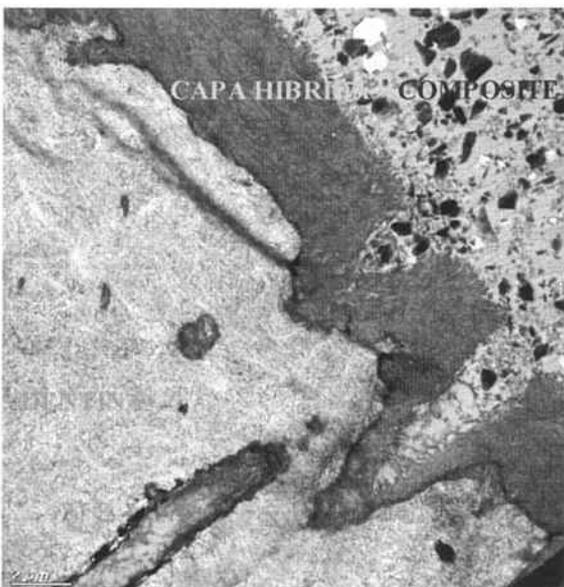


Fig 113. Corte transversal de interfase dentinaria grabada con Acid. Maleico P&B 2.0 x4.000, observado con T.E.M.

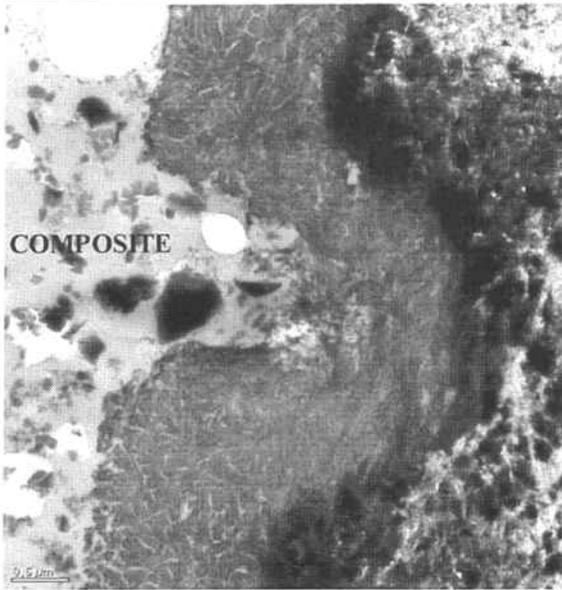


Fig 114. Corte transversal de interfase dentinaria grabada con Ac. Cítrico P&B 2.0 x20.000 observado con T.E.M.

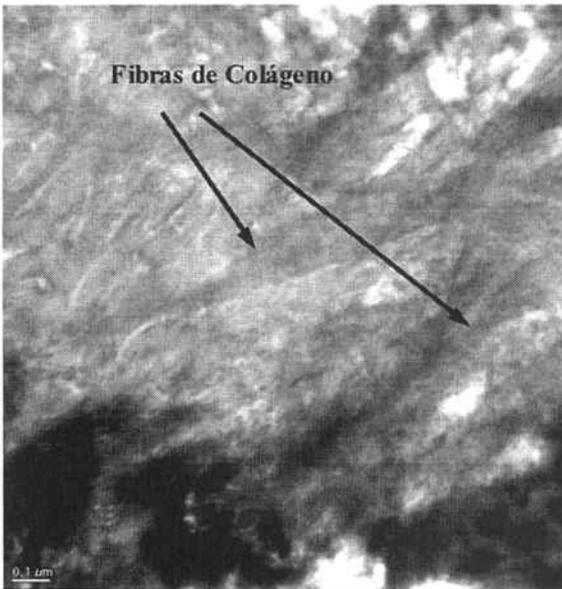


Fig 115. Corte transversal de interfase dentinaria grabada con Ac. Cítrico P&B 2.0 x10.000, observado con T.E.M.

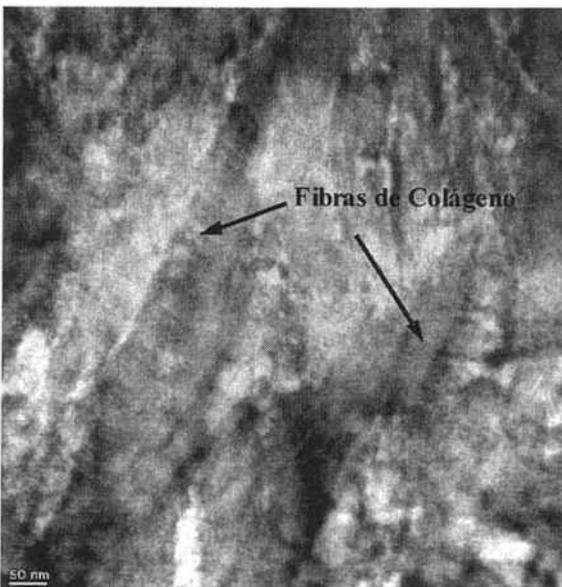


Fig 116. Corte transversal de interfase dentinaria grabada con Ac. Cítrico P&B 2.0 x15.000, observado con T.E.M.

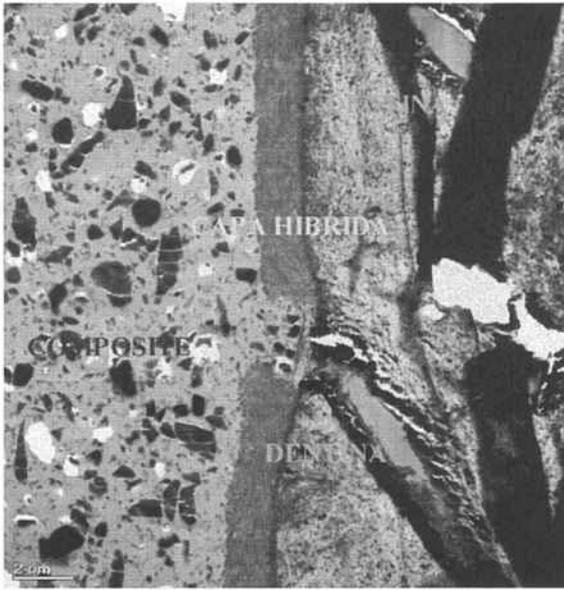


Fig 117. Corte transversal de interfase dentinaria grabada con Ac. Citrico P&B 2.0 x4.000, observado con T.E.M.

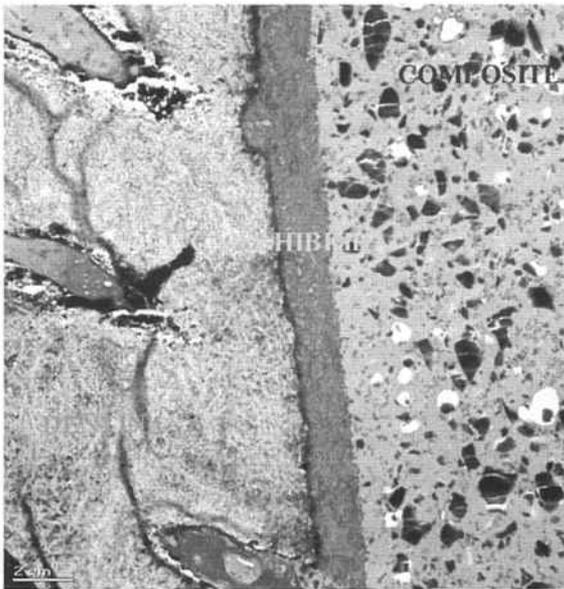


Fig 118. Corte transversal de interfase dentinaria grabada con Ac. Citrico P&B 2.0 x4.000, observado con T.E.M.

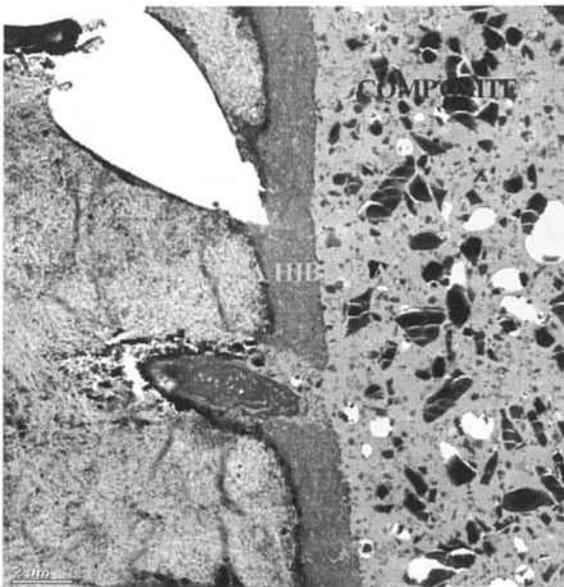


Fig 119. Corte transversal de interfase dentinaria grabada con Ac. Citrico P&B 2.0 x4.000, observado con T.E.M.

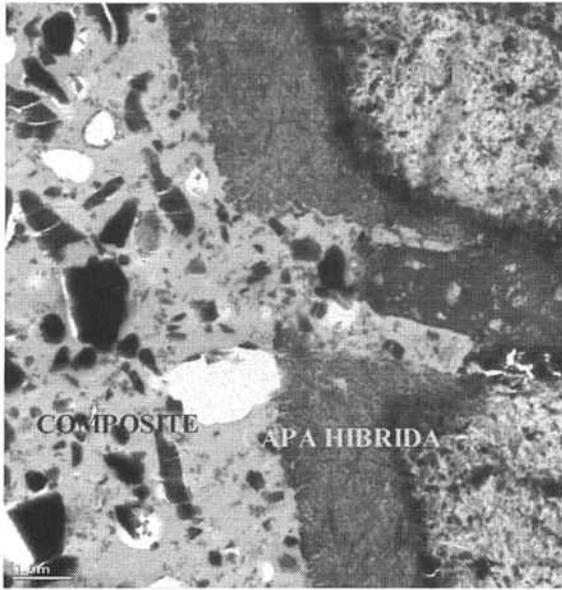


Fig 120. Corte transversal de interfase dentinaria grabada con Ac. Cítrico P&B 2.0 x8.000, observado con T.E.M.

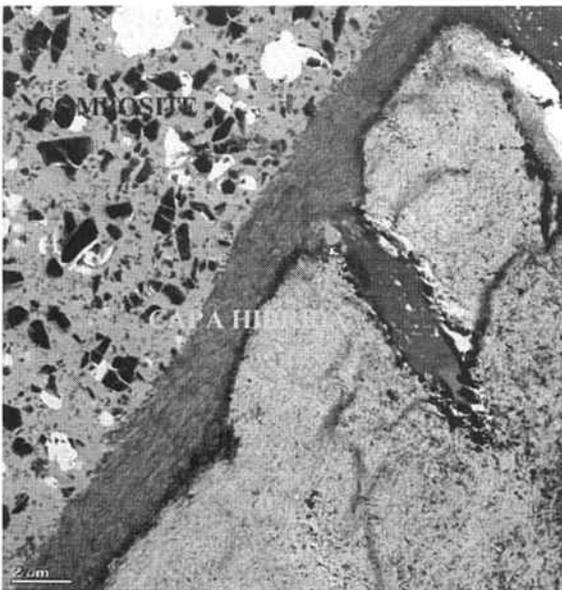


Fig 121. Corte transversal de interfase dentinaria grabada con Ac. Cítrico P&B 2.0 x4.000, observado con T.E.M.

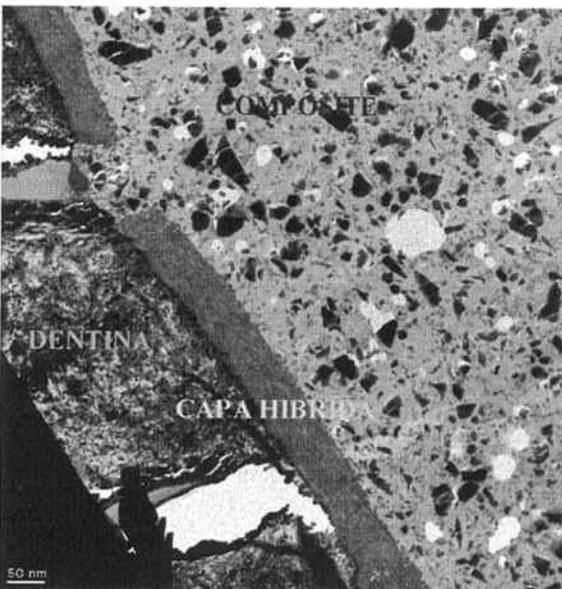


Fig 122. Corte transversal de interfase dentinaria grabada con Ac. Cítrico P&B 2.0 x4.000, observado con T.E.M.

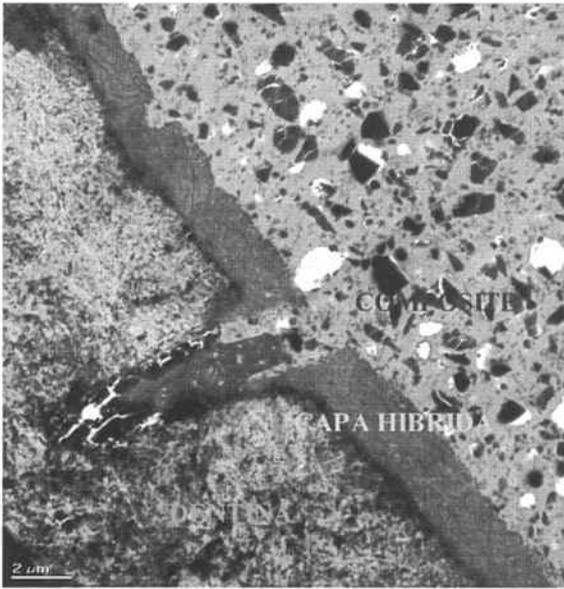


Fig 123. Corte transversal de interfase dentinaria grabada con Ac. Cítrico P&B 2.0 x4.000, observado con T.E.M.

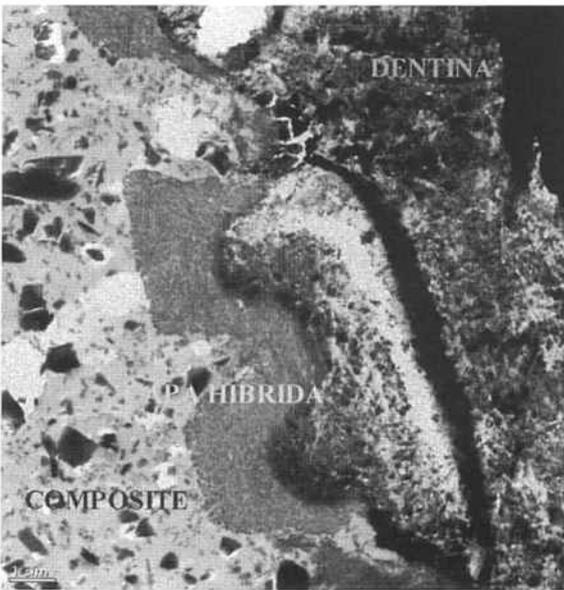


Fig 124. Corte transversal de interfase dentinaria grabada con Ac. Cítrico P&B 2.0 x4.000, observado con T.E.M.

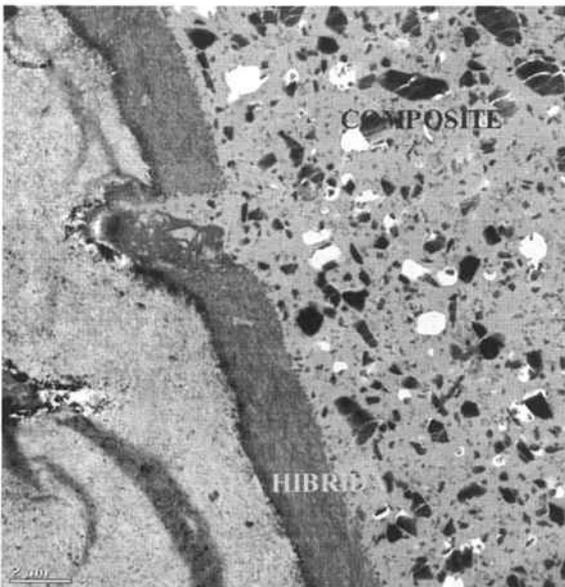


Fig 125. Corte transversal de interfase dentinaria grabada con Ac. Cítrico P&B 2.0 x4.000, observado con T.E.M.

XII. BIBLIOGRAFIA

-
- ¹ Olssons S, Bergman M, Daily Dose Calculations from Measurements of Intraoral Mercury Vapor. *J Dens Res* 1992; 71(2) : 414-23.
- ² I.D. Mandel. Riesgos de la Amalgama: Evaluación de las investigaciones . *Arch Odonto Estomatol.* 1991; 7, 10.
- ³ J. G. Odom. Etica y Retirada de la amalgama dental . *Arch Odonto Estomatol.* 1991; 7, 10.
- ⁴ Shortall AC, Baylis RL, Baylis MA, et al:marginal seal comparisons between resin bonded Class II porcelain inlays, posterior composite restorations, and direct composite, resin inlays. *Int J of Prosth.* 1989; 2:217
- ⁵ Wendt SL: Time as a factor in the heat curing of composite resins. *Quintessence Int* 1989; 20:259.
- ⁶ Leinfelder K. F. Empleo de la resina composite como material de restauración posterior. *Arch Odonto Estom* 1991; 7, 10
- ⁷ Strassler H E. Predicibilidad a la adhesión a la dentina y al esmalte. *J Esthet Dent* 1991; 1: 42-5
- ⁸ Gordon M, Plasschaert AJM, Stark MM. Microleakage of several tooth-colored restorative materials in cervical cavities. A comparative study in vitro. *Dent Mater* 1986, 2: 228-31
- ⁹ Buonocuore MG, Matsui A, Gwinnett AJ. Penetration of resin dental materials into enamel with referrence to bonding. *Arch Oral Biol* 1968; 13:61-70
- ¹⁰ *Odontología Restauradora Adhesiva.* Ibsen-Neville. Editorial Panamericana.

-
- ¹¹ Lehman R, Davidson CL. Loss of surface enamel after acid etching procedures and its relation to fluoride release. *Am J Orthod* 1981; 7: 73-82.
- ¹² Shey Z, Brandt S. Enamel loss due to acid treatment for bonding. *J Clin Orthod* 1982, 16: 338-40.
- ¹³ Manson-Rahemtulla B, Retief DH, Jamison HC. Effect of concentration of phosphoric acid on enamel dissolution. *J Prosth Dent* 1984; 4:495-8
- ¹⁴ Zindan O, Hill G. Phosphoric acid concentration: enamel surface loss and bonding strength. *J Prosth Dent* 1986; 55:388-92
- ¹⁵ Van Dorp CS, Exterkate RA, Ten Cate JM. Mineral loss during etching of enamel lesions. *Caries Res* 1990; 24:6-10
- ¹⁶ Legler LR, Reifler DH, Brantley EL. Effects of phosphoric acid concentration and etch duration on enamel depth of atch: an in vitro study. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1990; 98:154-60
- ¹⁷ Tong LS, Pang MK, Mok NY, King NM, Wei SH. The effect of etching, micro-abrasion and bleaching on surface enamel. *J Dent Res* 1993; 72:67-71
- ¹⁸ Barkmeier WW, Shaffer SE, Gwinnet AJ. Effects 15 vs 60 seconds enamel acid conditioning on adhesion and morphology. *Oper Dent* 1986; 11:111-6
- ¹⁹ Glasspoole EA, Erikson RL. Effects of acid etching and rinsing times on composite to enamel bond strengths. *J Dent Res* 1986; 65:285; abstr.No1046
- ²⁰ Glasspole EA, Erckson RL. Effect of reduced enamel etch time on bond strength and morphology. *J Dent Res* 1987; 66:211 Abstr.No.0835

-
- ²¹ Rock W. The effect of etching enamel upon bond strengths with fissure sealant resins. *Arch Oral Biol* 1974; 19: 875-79
- ²² Erikson R, Glasspoole E. Adhesión a la estructura dentaria: Comparación de los ionómeros de vidrio y los composites. *J Est Den* . Marzo 1995
- ²³ Vera Gonzalez V, Rodríguez Rodríguez M. Estudio de la filtración marginal y la interfase con microscopía electrónica de barrido, de un sellador de fisuras combinado con nuevos sistemas adhesivos. *Rev Euro Odonto-Estomatol* 1998;6:347-52
- ²⁴ Andreasen F M, Noren JG, Andreasen J O, Engelhardt S, Lindh-Stromberg U. Long-term survival of fragment bonding in the treatment of fractured crowns: a multicenter clinical study. *Quintessence-Int* 1995 Oct;26 (10):669-81
- ²⁵ Strassler HE . Predicibilidad a la adhesión a la dentina y al esmalte. *J Esthet Dent* 1991; 1:42-5
- ²⁶ Embriología e histología oral humana. Ivar A. Mjör, Ole Fejerskov. De ör, Ole Fejerskov. Ed Salvat.1989.
- ²⁷ Thomar H F. He Dentin-Predentin complex and its permeability: anatomical overview. *J Dent Res* 1985; 64:607-12
- ²⁸ Ten Care A R. He Dentin-Predentin complex. En: *Oral Histology. Development, structure and funcion* De: Mosby pp:149-152.
- ²⁹ Pauls SJ, Scharer . Factores en la adhesión dentinaria. Revisión de la morfología y fisiología de la dentina humana. *J esth Dent* 1993; 3:5-9.

-
- ³⁰ Hals E. Observations on giant tubules in human coronal dentin by light microscopy and microradiography. *Scand J Dent res* 1983; 91: 1-7
- ³¹ Pashley D H. The smear-layer : physiological considerations: *Op Dent Suppl* 1984; 3:13-29.
- ³² Trobridge HO, Kim S. Estructura y función de la pulpa En: Cohen S: Los caminos de la pulpa . De Panamericana. 1988; 10:391-450.
- ³³ Pashley DH. Dentin-predentin complex and its permeability: physiologic overview. *J Dent Res* 1985; 64: 613-620
- ³⁴ Brännström M. The hydrodynamic theory of dentinal pain: sensation in preparations, caries and dentinal crack syndrome. *J Endod* 1986;12:453-57
- ³⁵ Dourda AO, Moule, AJ, Young WG. A morphometric analysis of the cross-sectional area of dentina occupied by dentinal tubules in human third molar teeth. *Int Endod* 1994; 7:184-9.
- ³⁶ Kvaal S I, Koppang HS, Solheim T. Relationship between age and deposit of peritubular dentine. *Gerodontology* 1994;11 (2) :93-8.
- ³⁷ Bowen R L, Marjenhoff W A. Desarrollo de un sistema adhesivo a los tejidos duros dentales. *J Esthet Dent (Ed Española)*. 1991;1:10-4
- ³⁸ Sherman L, Goldberg M. Choix de l'adhésif en fonction du degré de minéralisation d' une surface dentinaire. *Chir Dent Franç* 1991; 551:55-63
- ³⁹ Brännström M. Sensitivity of dentine. *Oral Surg* 1966; 21:517.

-
- ⁴⁰ Brännström M, Aström A. The hydrodynamicsof the dentine; its possible relationship to dentinal pain. *Int Dent J.* 1972; 22: 219.
- ⁴¹ Rapp R, Avery J K, Strachan D S: Possible role of acetylcholinesterase in neuronal conducción within the dental pulp. *Biology of Dental Pulp Organ .* Brimingham, university of alabama Press., 1968, p 309.
- ⁴² Thomas H F. The lamina limitans of human dentinal tubule. *J. Dent Res* 1984;63: 641.
- ⁴³ Thomas H F, Carella P. Correlation of scanning and transmission electron microscopy of human dentinal tubules. *Arch oral biol* 1984;29:641.
- ⁴⁴ Reader A, Foreman DW. An ultrastructural quantitative investigation of human intradental innervation. *J Endodont* 1981; 7:493.
- ⁴⁵ Byers MR. Dental sensory receptors. *Int Rev Neurobiol.* 1984; 25: 39.
- ⁴⁶ Hirvonen TJ. A cuantitative electron-microscopic analysis of the axons at the apex of the canine tooth pulp in the dog, *Acta Anat* 1987; 128: 134.
- ⁴⁷ Clínicas Odontológicas de NorteAmérica. Hipersensibilidad Dental. 1990;3:403-11.
- ⁴⁸ Byers MR. Terminal arborization of individual sensory axons in dentin and pulp of rat molars . *Brains Res* 1985; 345:181.
- ⁴⁹ Garcia Barbero J. *Patología y Terapéutica Dental. De: Sínteis.* 1997.
- ⁵⁰ Antonio Nadal-Valldaura. *Patología Dentaria. Ediciones Rondas* 1987.
- ⁵¹ Weine F.S *Terapéutica en Endodoncia. 2ª De. Salvat .* 1992

-
- ⁵² Cohen S. Endodóncia : Los caminos de la pulpa. Panamericana. Buenos Aires. 1988.
- ⁵³ Brännström M. "Dentin and Pulp in Restorative Dentistry" Wolfe Medical Publications Ltd 1982.
- ⁵⁴ Materiales de Odontología Restauradora. Robert G. Graig. Harcourt Brace.
- ⁵⁵ Matthews B, Vongsavan N. Interactions between neural and hydrodynamic mechanisms in dentine and pulp. Arch Oral Biol 1994; 39: 87-95.
- ⁵⁶ Ahlquist M, Franzen O, Coffey J, Pashley D. Dental pain evoked by hydrostatic pressures applied to exposed dentin in man: A test of the hydrodynamic theory of dental sensitivity. J Endod 1994; 20:130-4.
- ⁵⁷ Hansen S E, Swift E J Jr; Krell K V. Permeability effects of two dentin adhesive systems. J Esthet Dent. 1992; 4: 169-72.
- ⁵⁸ Holtan J R, Nystrom G P, Phelps R A, Anderson T B, Becker W S. Influence of different etchants and etching times on shear bond strength. OperDent 1995;20: 94-9.
- ⁵⁹ Shimada Y, Harnirattisai C, Inokoshi S, Burrow MF, Takatsu T. In vivo adhesive interface between resin and dentin. Oper Dent 1995;20 :204-10.
- ⁶⁰ Cicciu D, An XPS and SEM study of the chemical-micromorphological characteristics of the dentin-resin adhesive interface. Minerva Stomato. 1996; 45: 485-91.

-
- ⁶¹ Walshaw-P R, McComb-D. SEM characterization of the resin-dentine interface produced in vivo. *J Dent*; 23 :281-7
- ⁶² Prati C, Ferrieri P, Galloni C, Mongiorgi R, Davidson C L. Dentine permeability and bond quality as effected by new bonding systems. *J Dent* 1995 ; 23 :217-26.
- ⁶³ Leonard JE, Gutmann JL, Guo IY. Apical and coronal seal of roots obturated with a dentine bonding agent and resin. *Int Endod J* 1996; 29: 76-83.
- ⁶⁴ Blair F, Whitworth J, Wassell R W. Impregnation by dentine bonding agent into instrumented root-face dentine. *J Dent* 1995; 23 :289-94
- ⁶⁵ Kanca J. Etchant composition and bond strength to dentin *Am J Dent* 1993; 6: 287-90.
- ⁶⁶ Tay F R, Gwinnett A J, Wei S H. The overwet phenomenon: an optimal, micromorphological study of surface moisture in the acid-conditioned, resin dentin interface. *Am J Dent* 1996; 9 :43-8.
- ⁶⁷ Tay F R, Gwinnett A J, Wei S H. The overwet phenomenon: a scanning electron microscopic study of surface moisture in the acid-conditioned, resin-dentin interface. *Am J Dent* 1996; 9: 109-14.
- ⁶⁸ Tay F R, Gwinnett A J, Wei S H. The overwet phenomenon: a transmission electron microscopic study of surface moisture in the acid conditioned, resin-dentin interface. *Am J Dent* 1996; 9: 161-6.

-
- ⁶⁹ Walshaw P R, Mc Comb D. Clinical considerations for optimal dentinal bonding. *Quintessence int*1996; 27: 619-25.
- ⁷⁰ Ferrari M, Davidson C L. In vivo resin-dentin interdiffusion and tag formation with lateral branches of two adhesive systems. *J Prosthet Dent* 1996; 76: 250-3.
- ⁷¹ Plasmans P J, Creugers N H, Hermsen R J, Vrijhoef M M. The influence of absolute humidity on shear bond adhesion. *J Dent* 1996 ; 24: 425-8.
- ⁷² Nakajima M, Sano H, Burrow M F, Tagami J, Yoshiyama M, Ebisu S, et al. Tensile bond strength and SEM evaluation of caries-effected dentin using dentin adhesives. *J Dent Res* 1995 ;74 :1679-88
- ⁷³ Tay FR, Gwinnett J A, Wei SH. Micromorphological spectrum from overdrying to overwetting acid-conditioned dentin in water-free acetone-based, single-bottle primer/adhesives. *Dent Mater*1996; 12: 236-44
- ⁷⁴ Perdigao J, Lambrechts P, Van Meerbeek B, Braem M, Yildiz E, Yucel T, Vanherle G. The interaction of adhesive systems with human dentin. *Am J Dent* 1996; 4: 167-73.
- ⁷⁵ Uno S, Finger WJ. Effect of mode of conditioning treatment on efficacy of dentin bonding. *Oper Dent* 1996;21: 31-5.
- ⁷⁶ Kato G, Nakabayashi N. Effect of phosphoric acid concentration on wet-bonding to etched dentin. *Dent Mater* 1996 ;12: 250-5.
- ⁷⁷ Uno S, Finger W J. Effects of acidic conditioners on dentine demineralization and dimension of hybrid layers. *J Dent* 1996; 24: 211-6.

-
- ⁷⁸ Tatsumi T, Inokoshi S, Yamada T, Hosoda H. Remineralization of etched dentin. *J Prosthet Dent* 1992 ; 67: 617-20.
- ⁷⁹ Camps J, Saradell J M, Dejou J, Pignoly C, Jacquot B. Influence of concentration and application time of maleic acid on dentin permeability. *Dent Mater* 1995; 11: 177-81.
- ⁸⁰ Carvalho R M, Yoshiyama M, Pashley E L, Pashley D H. In vitro study on the dimensional changes of human dentine after demineralization. *Arch Oral Biol.* 1996; 41: 369-77.
- ⁸¹ Arends J, Stokroos I, Jongebloed W G, Ruben J. The diameter of dentinal tubules in human coronal dentine after demineralization and air drying. A combined light microscopy and SEM study. *Caries Res* 1995; 29: 118-21.
- ⁸² Eick J D, Miller R G, Robinson S J, Bowles CQ, Gutshall P L, Chappelow CC. Quantitative analysis of the dentin adhesive interface by Auger spectroscopy. *J Dent Res* 1996; 75: 1027-33
- ⁸³ Swift E J, Denehy G E, Beck M D. Use of phosphoric acid etchants with Scotchbond Multi-purpose. *Am- J-Dent* 1993; 6: 88-90
- ⁸⁴ Eick J D, Robinson S J, Byerley T J, Chappell R P, Spencer P, Chappelow CC. Scanning transmission electron microscopy/energy-dispersive spectroscopy analysis of the dentin adhesive interface using a labeled. *J Dent Res* 1995; 74: 1246-52.

-
- 85 Nakabayashi N, Saimi Y. Bonding to intact dentin. *Jour Dent Res* 1996; 75: 1706-15.
- 86 Diccionario Odontológico. Ciro Duarte Avellanal . Editorial Mundi Solo y F.
- 87 Los Composites . F. Roth. Masson.1993
- 88 Barrancos.Mooney J. Restauraciones . Buenos Aires : Panamericana 1988.
- 89 Linde A. The extracellular matrix of the dental pulp and dentin. *J Dent Res* 1985; 64 (special issue):523-9.
- 90 Jordan RE. Grabado compuesto estético. 2ª ed. Mosby/Doyma libros. Barcelona 1994
- 91 Wang T, Nakabayashi N .Effect of 2-(Methacriloxymethyl)phenyl hydrogen phosphate on adhesion to dentin. *J Dent Res* 1991; 70:59-66
- 92 Jiménez Planas A.,Llamas Cadaval R, Ibáñez García F, Esteban Herrera I. Fenómenos de superficie, adhesión y adhesivos. *Av Odontoest* 1992; 8: 211-20
- 93 Nakabayashi N, Nakamura M, Yasuda N. Capa híbrida como mecanismo de adhesión a la dentina. *J Esthe Den* 1991; 1.
- 94 Takarada k. Stable adhesion to dentin. Combination of EDTA 3-2 (NH₄Fe) pretreatment and 2% META MNA-TBB resin. *J Jpn Dent Mater* 1990;9: 841-9
- 95 González S., Luque M. C., Navajas J.M. Mecanismos de adhesión a la dentina. Diferenciación entre resinas hidrofílicas e hidrofóbicas.*Arch de Odonto Estomatol.* 1993; 9.

-
- ⁹⁶ Pashley D H, Ciucchi B, Sano H, Carvalho R M, Russell C M. Bond strength versus dentine structure: a modelling approach. *Arch Oral Biol* 1995; 40: 1109-18.
- ⁹⁷ Prati C, Pashley D, Montanar G. presión hidrostática pulpar y fuerza de unión de los sistemas adhesivos. *J Dent Res* 1990; abs.63: 116.
- ⁹⁸ Finger W J. Dentin bonding agents. Relevance of in vitro investigations. *Am J Dent* 1988; 1:184-8
- ⁹⁹ González S., Navajas J. M. Estudio "in vivo " de la efectividad del sistema adhesivo glutaraladhidó /HEMA. *Act Odontoestomatol Esp* 1994; 44: 29-38
- ¹⁰⁰ Kanka J. La adhesión de las resinas a sustratos húmedos (I). Adhesión a dentina. *Qintessence*. Ed española 1993; 6.
- ¹⁰¹ Burrow MF, Satoh M, Tagami J. Dentin bond durability after three years using a dentin bonding agent with and without priming. *Dent Mater* 1996; 12: 302-7.
- ¹⁰² Fritz U, Garcia- Godoy F, Finger WJ. Enamel and dentin bond strength and bonding mechanism to dentin of Gluma CPS to primary teeth. *J Dent Child* 1997; 64: 32-8.
- ¹⁰³ Hasegawa T, Retief D H, Russell C M, Denys F R. Shear bond strength and quantitative microleakage of a multipurpose dental adhesive system resin bonded to dentin. *J Prosthet Dent* 1995; 73: 432-8.
- ¹⁰⁴ Swift Ej. microfiltrado de los sistemas adhesivos dentinarios. *J Esthet Dent* (Ed esp) 1991; 1:15-25

-
- ¹⁰⁵ Davila JM, Gwinnett AJ, Robles JC. Marginal adaptation of composite resins and dentinal bonding agents. *J Dent Child* 1988; 25-8
- ¹⁰⁶ Blunk U, Roulet JF. In vitro marginal quality of dentin bonded composite resins in class V cavities. *Quintess Int* 1989; 20: 407-12.
- ¹⁰⁷ Kanca J. Microleakage of five dentin bonding systems. *Dent Mater* 1989; 5: 415-6
- ¹⁰⁸ Douglas WH. Clinical status of dentine bonding agents. *J Dent* 1989; 17:209-15
- ¹⁰⁹ Padros E, Padros J.L, Serrat A, Padros E. Los enigmas de los adhesivos dentinarios. *Arch Odonto-Estomatol* 1992;8:63-77
- ¹¹⁰ Madras Rs, Retief DH , russell CM: The effects ef thermal and oclussal stresses en the microleakage of the Scotchbond 2 dentinal bonding system. *Dent Mater* 1991; 7:63-7
- ¹¹¹ Bertolotti RL. El grabado total: el protocolo racional de adhesivo dentinario. *J Esthet Dent. Ed esp* 1991; 1:19-24
- ¹¹² Wendt SL, Jebeles CA, Leinfelder Kf. The effect of two smear layer cleausers on shear bond strength to dentin. *Dent Mater* 1990; 6:1-4
- ¹¹³ Van Meerbeek, Dhen A,Goret-Nicaise, Braem M, Lambrechts P and Vanherle G. Compative SEM and TEM examination of the Resin-Dentin interdiffusion zona. *J Dent Res* 1993;72:495-501.

-
- ¹¹⁴ Inokoshi S, Hosoda H, Harnirattisai C, Shimada Y. Interfacial structure between dentin and seven dentin bonding system revealed sing argon beam etching. *Oper Dent* 1993; 18:8-16.
- ¹¹⁵ Leinfelder KF. Current developments in dentin bonding system: Major progress found in today's products. *J Am Dent Assoc* 1993; 124: 40-2.
- ¹¹⁶ Hayakawa T, Nemoto K, Horie K. Adhesion of composite to polished dentin retaining its smear layer. *Dent Mater* 1995; 11: 218-22
- ¹¹⁷ Arroyo S, Martínez J, Brau E, Canalda C. Microscopía Confocal en el estudio de los adhesivos dentales. *Odontología Conservadora*. 1998; 1: 19-25.
- ¹¹⁸ Goracci G, Mori G, Bazzucchi M. Dentinal adhesive with composite restorations: a clinical and microstructural evaluation. *Int J Prosthodont* 1995; 8 : 548-56
- ¹¹⁹ Boghosian A. Clinical evaluation of a filled adhesive system in Class 5 restorations. *Compend Contin Educ Dent* 1996; 17: 750-7
- ¹²⁰ Fortin D, Swift EJ, Denehy GE, Reinhardt JW,. Bond strength and microleakage of current dentin adhesives. *Dent Mater* 1994;10:253-8.
- ¹²¹ Mandras RS, Thurmond JW, Latta MA, Matranga LF, Kildee JM, Barkmeier WW. Three-year clinical evaluation of the Clearfil Liner Bond system. *Oper Dent* 1997; 22: 266-70

-
- ¹²² Van Meerbeek B, Willems G, Celis JP, Roos JR, Braem M, Lambrechts P, Vanherle G. Assessment by nano-indentation of the hardness and elasticity of the resin-dentin bonding area. *J Dent Res* 1993; 72: 1434-42.
- ¹²³ Perdigo J, Lopes M. Estudio *in vitro* de dos sistemas adhesivos dentinarios con relleno. Resistencia de adhesión y ultramorfología SEM/TEM. *Odontología Conservadora* 1998; 1: 31- 7.
- ¹²⁴ Krejci I, Besek M, Lutz F. Clinical and SEM study of Tetric resin composite in posterior teeth: 12 -month results. *Am J Dent* 1996 ; 7: 27-30
- ¹²⁵ Finger W J, Fritz U B. Resin bonding to enamel and dentin with one-component UDMA/HEMA adhesives. *Eur J Oral Sci.* 1997 ; 105: 183-6
- ¹²⁶ Suñol Periu L. Métodos alternativos a las restauraciones tipoII con composite. *Rev Euro Odonto-Estomatol* 2000; 5:251-56
- ¹²⁷ Feilzer AJ, De Gree AJ, Davidson CL. Curing contraction of composites and glass-ionomer cements. *J Prosth Dent* 1988, 59: 297-300
- ¹²⁸ Padros Fradera E, Padros Serrat J L, Serrat Caballería A, Padros Serrat E. Amalgamas adheridas un importante cambio en operatoria dental.(parte I) *Revista Europea de Estomatología.* 1991; 3.
- ¹²⁹ Padros Fradera E, Padros Serrat J L, Serrat Caballería A, Padros Serrat E. Amalgamas adheridas un importante cambio en operatoria dental.(parteII) *Revista Europea de Estomatología.* 1991; 3.

-
- ¹³⁰ Masaka, N. Aplicación of adhesive Amalgam with 4-META /MMA-TTB Resin without Anesthesia for Better Results in Restoration of Decay Using Adhesive crown. *Ad Dent* 1988; 6: 177-86
- ¹³¹ Staninec M. Retention of Amalgam Restoration : Undercurts Versus Bonding . *Quintessence Int* 1989.
- ¹³² Padros Fradera E, Padros Serrat J L, Padros Serrat E, Serrat Caballería A. La microfiltración de las amalgamas adheridas. *Arch Odonto- Estomatología*. 1991; 7
- ¹³³ Martínez López A M^a, González López S. Estudio de la fuerza de unión de la amalgama dental a dentina con diferentes agentes adhesivos. *Rev Europea Odonto-Estomatol* 1995; 7.
- ¹³⁴ Cooley L, Burger M, Chain C. Evaluación de un cemento adhesivo 4- META. *J Esthe Dent (Ed Esp)* 1993; 1: 8-11.
- ¹³⁵ Berry F A, Parker S D, Rice D, Munoz C A. Microleakage of amalgam restorations using dentin bonding system primers. *Am J Dent* 1996; 4:174-8.
- ¹³⁶ Royse MC, Ott N W, Mathieu G P. Dentin adhesive superior to copal varnish in preventing microleakage in primary teeth. *Ped -Dent* 1996; 18: 440-3
- ¹³⁷ Vera González V, Martín Alonso J, García Barbero AE. Restauraciones adhesivas de aleación con Galio. *Rev Euro Odonto-Estomatol* 1999; 4:207-14
- ¹³⁸ Edelberg M. Ionómeros Vítreos y Compómeros. *Rev Euro Odonto-Estomatol*. 2000; 4:229-36

-
- ¹³⁹ Pierre Weiss, Oliver Laboux, Alain Jean, Dominique Marion. Fondo protector y adhesión de composites. Rev Euro de Odonto-Estomatol. 1998;4:259-62.
- ¹⁴⁰ Del Nero B, Conejo F, De La Macorra G. Permeabilidad dentinaria. Relación entre los distintos parámetros que la definen. Rev Europ Odonto-Estomatol. 1997; 4:235-40
- ¹⁴¹ Brännström M. Dentin and pulp in restorative dentistry. Castelnuovo: Wolf Medical Publications, 1982.
- ¹⁴² Fujitani M, Inokoshi S, Hosoda H. Effect of acid etching on the dental pulp in adhesive composite restorations. Int Dent J 1992 ; 42 : 3-11.
- ¹⁴³ Goracci G, Mori G. Scanning electron microscopic evaluation of resin-dentin and calcium hydroxide-dentin interfase with resin composite restorations. Quintessence Int 1996; 27: 129-35.
- ¹⁴⁴ Heitmann T, Unterbrink G. Direct pulp capping with a dentinal adhesive resin system: a pilot study. Quintessence Int 1995 ;26: 765-70.
- ¹⁴⁵ Goracci G, Mori G, Bazzucchi M. Marginal seal and biocompatibility of a fourth-generation bonding agent. Dent Mater 1995;11: 343-7
- ¹⁴⁶ Pashley DH. Dentin Bonding an overview. Paper present at the First International Conference on Adhesive Dentistry 1991.
- ¹⁴⁷ Luís Suñol, Marta Gaseni, Sebastiana Arroyo. "Energía Cinética para el tallado de cavidades". Revista Europea de Odonto-Estomatol 1998; 9: 141-6.

-
- ¹⁴⁸ Padrós Fradera E., Arroyo Bote S. "El láser ER:YAG en la práctica odontológica general". Quintessence Ed Esp 1999; 12: 61-70.
- ¹⁴⁹ Perdigo J, Lambrechts P, Van Meerbeek B et al. Morphological field emission-SEM study of the effect of six phosphoric acid etching agents on human dentin. Dent Mater 1996; 12: 262-71.
- ¹⁵⁰ Cox CF, Subay RK, Suzuki S, Ostro E. Biocompatibility of various dental materials: pulp healing with a surface seal. Int J Perio Rest Dent 1996, 16:241-51.
- ¹⁵¹ Stanley HR, Pameijer CH. Sequential death of exposed pulps with "total etch" bonding treatments. J Dent Res 1997;76:251
- ¹⁵² Stanley HR. trashing the dental literature Misleading the general practitioners: A point of view. J. Dent Res 1996; 75: 1624- 36.
- ¹⁵³ Pameijer CH. The disastrous effects of the total etch technique in vital pulp capping in primates. J. Dent Res 1997 ; 76: 251.
- ¹⁵⁴ Akimoto N, Monoi Y, Cono A, Otsuki M, Suzuki S, Cox CF. Histologic observation of direct capped pulps with Liner Bond 2 adhesive system. J. Dent Res 1997; 76-8.
- ¹⁵⁵ Otsuki M, Tagami J, Kanca J, Akimoto N, Suzuki S, Cox CF. Histologic evaluation of two Bisco adhesive systems on exposed pulps. J.Dent Res 1997; 76-8.

-
- ¹⁵⁶ Cox CF, Hafez M, Akimoto N, Otsuki M, Suzuki S, Tarim B. Biocompatibility of primer, adhesive and resin composite systems on non-exposed and exposed pulps of nonhuman primates. *Am J Dent* 1998; 10:55-63.
- ¹⁵⁷ Cox CF, Keogh T P, Hafez AA, Mills JC, Akimoto N. El sellado adhesivo: bases biológicas para el éxito clínico. *Odon Conserv* 1999; 2: 1-10
- ¹⁵⁸ Cox CF, Suzuki S. Re-evaluating pulp protection: calcium hydroxide liners vs. cohesive hibridization. *J Am Dent Assoc* 1994; 125: 823-31.
- ¹⁵⁹ Llamas R, Sánchez-Barriga R, Bonilla V, Herrera M, Pastor C. La caries, una enfermedad actual (yIII), Características morfológicas de la caries dentinaria. *Revista Europea Odonto-Estomatol* 2000; 4:191-202.
- ¹⁶⁰ Cabral JR y cols. El grabado dentinario: ¿Procedimiento de riesgo?. *Rev Euro Odonto-Estomatol* 1996; 5: 315-8
- ¹⁶¹ Prati, C. Adhesión dentinal in vivo e in vitro en la práctica odontológica. *Pract Periodont* 1998;10.
- ¹⁶² Jacobsen T, Söderholm KJ. Some effects of water on dentin bonding. *Dent Mater* 1995; 11: 132-136.
- ¹⁶³ Manual Técnico Prime&Bond 2.0 Dentsply DeTrey
- ¹⁶⁴ Opdam, N.J. Restauraciones de clase I in vivo; sensibilidad postoperatoria y adaptación marginal: *Am Dent J* 1998; pag 229.

-
- ¹⁶⁵ Van Meerbeek B, Yoshida Y, Lambrechts P, Vanherle G, Keogh TP. Factores que influncian el éxito clínico de la adhesión a dentina y esmalte (II). *Maxillaris* 1999; 15:20-30.
- ¹⁶⁶ Arroyo S, Martínez J, Brau E, Canalda C. Variaciones en el aspecto morfológico de los adhesivos monocomponentes. *Revista Europea de Odontología Estomatol.* 2000; 12: 149-58.
- ¹⁶⁷ Zeleme, F."La adhesión". Asociación Odontológica Argentina, Marzo-Abril 1999.
- ¹⁶⁸ Gwinnett AJ, Tay FR, Pang KM, Wei SHI. Quantitative contribution of the collagen network in dentin hybridization. *Am J Dent* 1996; 9: 140-4.
- ¹⁶⁹ Van Meerbeek B, Yoshida Y, Lambrechts P, Vanherle G, Duke ES, Eick JD, et al. A TEM study of two water-based adhesive systems bonded to dry and wet dentin. *J Dent Res* 1998; 77: 50-59.
- ¹⁷⁰ Van Meerbeek B, Peumans M, Verschueren M, et al. Clinical status of ten adhesives systems. *J Dent Res* 1994; 73: 1690-702.
- ¹⁷¹ Tay FR, Gwinnett JA, Pang KM et al. Structural evidence of a sealed tissue interface with total etch wet bonding technique, in vivo. *J Dent Res* 1994; 73: 629-36.
- ¹⁷² Pashley DH, Carvalho RM. Dentine permeability and dentine adhesion. Review. *J Dent* 1997; 25: 355- 72.

-
- ¹⁷³ Nakajima N, Sano H, Urabe I, Tagami J, Pashley D.H. Fuerzas de unión en adhesivos dentinarios de un solo paso en dentina afectada por caries. *Oper Dent* 2000; 25: 2-10.
- ¹⁷⁴ Triolo PT, Swift EJ, Mudgil A et al . Effect of etching time on enamel bond strengths. *Am J Dent* 1993; 22: 302-4.
- ¹⁷⁵ Garcia-Godoy, Franklin and Martín, Steve. Shear strength of ceramic brackets to etched or unetched enamel. *J clin Ped Dent* 1995; 19: 181-3.
- ¹⁷⁶ Maskeroni A J. Ceramic bracket bonding: a comparison of bond strength with polyacrilyc acid and phosphoric acid enamel conditioning. *J Orthod Dentofac Orthop*; 1990;97:168-75.
- ¹⁷⁷ Stephen J, Lynch E. Bond Strengths of ceramic brakets using different bonding techniques. *Bri J Ortho* 1995; 22: 35-40.
- ¹⁷⁸ Der Horng et al. Bond strength of younger and older permanent teeth with various etching times. *The Angle Orthodontics* 1993; 63: 225-30.
- ¹⁷⁹ Surmont, Paul et al. Comparison in shear bond strength of orthodontic brackets between five bonding systems related to different etching times: an in vitro study. *J Orthod Dentofac Orthop* 1992; 101: 414-9.
- ¹⁸⁰ Vila M, Pascual A, Faus V, Carot M. Estudio comparativo de la resistencia a la cizalla entre Prime&Bond 2.1, Prime&Bond NT y ETCH&Prime 3.0. *Odont Conserv* 1999; 2: 23-8.

-
- ¹⁸¹ Vila A, Pascual A, Faus V, Carot M. Estudio comparativo de la resistencia a la cizalla entre Prime&Bond 2.1, Prime&Bond NT y ECTH& Prime 3.0. *Odontol Conserv* 1999; 2:23-8.
- ¹⁸² Hotta M. Effect of primers on bonding agent polymerisation. *J Oral Rehabil* 1998; 25: 792-9.
- ¹⁸³ Van Meerbeek ,B. Factores que influncian el éxito clínico de la adhesión a dentina y esmalte. (I-II). *Maxillaris*;1999; 14-5.
- ¹⁸⁴ Hanning , M. Self-etching primers vs Phosphoric acid: an alternative concept for composite to enamel bonding. *Operat Dent* 1999; 24: 172-80.
- ¹⁸⁵ Vila Miralles M, Pascual Morcardó A, Faus Llácer V. Estudio comparativo de la resistencia a la cizalla entre Optibond Solo y Prompt. *Odontol Conserv* 2000; 3: 27-30.
- ¹⁸⁶ Pelissier, B y cols. Restauración cosmética directa por estratificación y polimerización rápida plasmática. *Chirurgien Dentiste de France* 2000, febrero.