



Universidad  
Nacional  
de Córdoba



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA**

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

**ESCUELA DE POSGRADO**

“Estudio comparativo de adhesivos dentinarios de diferente constitución: Adhesión-adaptación a las paredes cavitarias de preparaciones próximo-oclusales y estructura de capa formada. Resistencia adhesiva al corte en dentina superficial y profunda”

TESISTA:

OD. MARIO SEZÍN

DIRECTOR:

PROF. DRA. MIRTA SPADILIERO DE LUTRI

CÓRDOBA, 2008



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-  
NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).



Universidad Nacional de Córdoba  
Facultad de Odontología  
Escuela de Graduados



# **ESTUDIO COMPARATIVO DE ADHESIVOS DENTINARIOS DE DIFERENTE CONSTITUCIÓN**

ADHESIÓN-ADAPTACIÓN A LAS PAREDES CAVITARIAS  
DE LAS PAREDES PRÓXIMO-OCCLUSALES Y  
ESTRUCTURA DE CAPA FORMADA.

RESISTENCIA ADHESIVA AL CORTE EN  
DENTINA SUPERFICIAL Y PROFUNDA.

Tesista: Od. Mario Sezin  
Dir. de Tesis: Prof. Dra. Mirta Spadiliero de Lutri  
Asesor Científico: Prof. Plenario Dr. Jorge Uribe Echevarría

Agosto de 2008

# **DEDICATORIA**

*A mis padres, Mario y Carmen,  
Aurora, Sergio, Cyntia y Rosario.*

## AGRADECIMIENTOS

He terminado mi trabajo de Tesis realizada en la Cátedra de Operatoria I A, tarea que demando mucho esfuerzo y sacrificio, pero con constancia se puede lograr todo lo que uno se propone. Como así también me permitió la posibilidad de abrir nuevas líneas de investigación y la vinculación con profesionales altamente capacitados de la Universidad Nacional de Córdoba que han contribuido con su mano orientadora a enriquecer, a lo largo de este camino, la tarea emprendida. Además la participación activa en cursos, seminarios y congresos tanto generales como específicos sobre los biomateriales me permitió como docente aplicar estos conocimientos y transferirlos en la práctica odontológica diaria.

Por este motivo deseo expresar en breves líneas mis sentimientos de gratitud a todos los que me ayudaron de una forma u otra en la realización de este Proyecto.

En primer lugar mi reconocimiento al Prof. Dr. Jorge Uribe Echevarría, la persona que ha motivado la realización de este trabajo, por sus consejos y permanente estímulo en la concreción de la misma.

Mi gratitud se extiende a mi entusiasta directora, Prof. Dra. Mirta Spadillero de Lutri de quien además de su participación fundamental destaco su amistad personal y sobre todo familiar además de su calidad humana.

Mi reconocimiento igualmente se extiende a los miembros de la Comisión de Doctorado, Prof. Dra. Elba G. Priotto, Prof. Dr. Ricardo Cabral y al Prof. Dr. José Atilio Palma quienes aportaron ideas acertadas, correcciones, tiempo y esfuerzo.

Estoy especialmente agradecido por la desinteresada y generosa ayuda a dos personas de importantísimo valor que demostraron ser indispensables durante el desarrollo de esta investigación, Lic. Dr. Alberto Gattoni y Prof. Blanca Balma.

Seria injusto si no repitiera mi gratitud al Dr. Carlos Mas, Profesional Principal del CONICET y encargado del Lab. de Microscopía, Dpto. de Química Biológica. Fac. de Ciencias Químicas.

A GENECOR, División Danisco Argentina junto al Ing. Hipólito F. Chevalier por el aporte técnico y táctico en las pruebas de resistencia adhesiva al corte.

A la Dra. Norma Nuñez de Uribe Echevarría directora del Centro Dental Privado donde realice la preparación de las muestras para los ensayos de adhesión-adaptación en preparaciones de Clase 2.

A la Dra. Mabel Brunotto por su justa intervención en la valoración de los resultados estadísticos.

Mis amigos, Paola Lutri y Lucas Soria Borghi que no dudaron en aportar esfuerzo y apoyo en estos años de estudio.

A Rodrigo Reyna y Ricardo Reyna mi particular reconocimiento por el esmero y dedicación en la preparación de esta Tesis.

Finalmente deseo expresar mi satisfacción de pertenecer a una Cátedra de gran tradición científico-docente compartiendo tanto en el aula como fuera de ella la tarea de aprender haciendo.

Esta vez y como siempre, han sido mi mayor fuente de aliento. Sin ustedes quizás nada hubiera sido posible, a todos muchas gracias.

# COMPROBANTES

CIQUIBIC



CONICET

U N C



F C O

CENTRO DE INVESTIGACIONES EN QUÍMICA BIOLÓGICA DE CÓRDOBA - CIQUIBIC  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA BIOLÓGICA, FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA

Córdoba, 17 de Junio de 2008

Certifico que las imágenes de microscopía de la Tesis Doctoral del Odontólogo Mario Sezin DNI: 22.162.001 "Estudio Comparativo de adhesivos dentinarios de diferente constitución. Resistencia adhesiva al corte. Estructura de capa formada y adaptación-adhesión al sustrato", realizado bajo la dirección de la Dra. Mirta Spadillero de Lutri, Facultad de Odontología, Universidad Nacional de Córdoba, fueron obtenidas empleando el microscopio confocal invertido modelo LSM 5 Pascal (Zeiss) en el Departamento de Química Biológica de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Nacional de Córdoba.

Para ser presentado ante quién corresponda.

Dr. Carlos R. Mas  
Profesional Principal del CONICET  
Encargado del Lab. de microscopía  
Dpto. de Química Biológica  
Fac. de Ciencias Químicas  
Univ. Nac. de Córdoba.

Centro de Investigaciones en Química Biológica de Córdoba (CIQUIBIC- CONICET),  
Departamento de Química Biológica,  
Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Nacional de Córdoba,  
Haya de la Torre y Medina Allende, Ciudad Universitaria, X5000HUA - Córdoba - Republica Argentina  
TEL: ++54-351-4334168/4171 int. 244, FAX: ++54-351-4334074  
Web: [www.ciquibic.gov.ar](http://www.ciquibic.gov.ar). E-mail: [asmania@mail.fco.unc.edu.ar](mailto:asmania@mail.fco.unc.edu.ar)

**Instituto de Investigación Médica Mercedes y Martín Ferreyra**  
**INIMEC - CONICET**




Casilla de Correo 389  
5000 Córdoba - Argentina

Tel.: 54-351-4681465/66/67  
Fax: 54-351-4695163

---AUTORIZO por medio de la presente al Odontólogo Mario Sezin DNI: 22.162.001, a utilizar el microscopio de epifluorescencia Axiovert Zeiss para la observación de preparaciones pertenecientes a su trabajo de tesis doctoral titulado: "Estudio comparativo de adhesivos dentinarios de diferente constitución. Resistencia adhesiva al corte. Estructura de capa formada y adaptación-adhesión al sustrato" realizado bajo la dirección de la Dra. Mirta Spadillero de Lutri, Facultad de Odontología, Universidad Nacional de Córdoba, en horarios que no interfieran con el normal uso del microscopio por parte de los investigadores del Instituto Ferreyra. -----

----- Córdoba, 3 de diciembre de 2004.-

  
INSTITUTO DE INVESTIGACION MEDICA  
MERCEDDES Y MARTIN FERREYRA  
CONICET - INIMEC  
Dr. Juan Carlos Molina  
Director  
Dr. JUAN C. MOLINA  
DIRECTOR





Danisco Argentina SA  
Av. Fulvio Pagani 47  
(2434) Arroyito – Provincia de Córdoba - Argentina  
(54 3576) 42-9000 Rotativas  
(54 3576) 42-9099 Fax  
www.genencor.com



## Declaración

Por la presente declaro que las pruebas de resistencia a la ruptura realizadas por el Dr. Mario Sezin fueron realizadas en nuestro equipo Instrom Modelo 1000, sobre muestras traídas por el interesado, utilizando una celda de carga de 50 Kg (Nro de serie #1529-1 198) cuyo control de calibración obra en nuestro poder.-----  
Hago la presente declaración a los 25 días del mes de Julio del año 2008 a pedido del interesado para ser presentada ante quien corresponda.-----



Hipólito F. Chevalier  
Gerente de QA/QC

# INDICE

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTOS.....	3
COMPROBANTES.....	5
INTRODUCCIÓN.....	9
OBJETIVOS.....	11
RESEÑA HISTÓRICA – ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS.....	12
FICHA TÉCNICA DE LOS MATERIALES.....	21
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	
A) Adhesión-Adaptación a las Paredes Cavitarias de Preparaciones Próximo Oclusales y Estructura de Capa Formada.....	23
B) Resistencia Adhesiva al Corte.....	28
<b>RESULTADOS</b>	
A) Adhesión-Adaptación a las Paredes Cavitarias de Preparaciones Próximo Oclusales y Estructura de Capa Formada.....	38
Estudio Microscópico.....	41
B) Resistencia Adhesiva al Corte.....	66
DISCUSIÓN.....	73
CONCLUSIONES.....	86
RESUMEN.....	88
SUMMARY.....	89
BIBLIOGRAFÍA.....	90

## INTRODUCCIÓN

El advenimiento de la adhesión, a mediados del siglo XX y su posterior desarrollo a lo largo de las décadas sucesivas, marca un hito de importantísimo impacto y notable magnitud, que conduce a muchos de los procedimientos, ya sea, clínicos o de laboratorio de nuestra profesión.

Constituye, para la Odontología Restauradora, el acontecimiento de mayor trascendencia e innovación de los últimos años conjuntamente con el avance de los biomateriales y las maniobras operatorias actuales de mínima invasión.

Las características del uso de los biomateriales adhesivos, su estudio y evolución hacen que las técnicas adhesivas ocupen un lugar preponderante en la ciencia odontológica actual.

Los fenómenos de la adhesión provocan mecanismos de unión a esmalte y dentina y a otras estructuras no dentarias, como son superficies metálicas o cerámicas. La unión a los tejidos dentarios permite realizar preparaciones cavitarias terapéuticas conservadoras con mínima eliminación de tejido sano para mantener en posición el material restaurador, sin la necesidad del tallado de socavados o retenciones accesorias en tejido sano (Uribe Echevarría, 1990).

De igual manera, esta unión o integración con los sustratos dentarios facilita el sellado del medio interno, otorgando a los adhesivos poliméricos y a los biomateriales cerámicos o ionoméricos, funciones como protectores del complejo dentino pulpar, obliterando los túbulos dentinarios y en consecuencia manteniendo el isosistema dentino-pulpar, remplazando a los materiales tradicionales que carecen de propiedades adhesivas (Priotto y col., 2002), aumentando la adaptación a las paredes cavitarias, disminuyendo los fenómenos de filtración, minimizando la percolación marginal y el riesgo de caries secundaria.

Otra posibilidad a la que se accede con los adhesivos dentinarios es la impermeabilización de las superficies dentarias sensibles y expuestas, de zonas del tercio cervical, donde asientan lesiones de erosión o abfracción, de

preparaciones cavitarias profundas para procedimientos indirectos, ya sea adhesivos o no adhesivos y de pilares protéticos, logrando la desensibilización dentinaria.

El protocolo adhesivo que se logra en las restauraciones directas y/o indirectas, no constituye un problema, ya que los actuales procedimientos de aplicación simplificados y el desarrollo en la composición de los sistemas adhesivos, así lo determinan. Sin embargo, mantener el sellado de los márgenes cavitarios de las obturaciones sigue siendo el principal factor que acorta la longevidad de las restauraciones, proceso que se manifiesta clínicamente con respuestas pulpares asociadas a la sensibilidad dentaria y al dolor postoperatorio.

La adhesión, proceso de intercambio por el cual el material mineralizado orgánico e inorgánico dentario se combina con un material a base de resina compuesta polimérica o a base de ionómero vítreo, se podrá realizar a través de diferentes procedimientos según el tratamiento de sustrato dentario y la técnica a seleccionar.

Teniendo en cuenta las características disímiles que pueden presentar los biomateriales utilizados para lograr la adhesión a dentina es propuesta de este trabajo realizar un análisis de adhesivos dentinarios de diferente composición química:

1. Adhesivo estructurado vehiculizado con agua.
2. Adhesivo mono envase sin relleno vehiculizado con etanol.
3. Adhesivo ionomérico.
4. Adhesivo autoacondicionante.

Evaluando para ello:

- A. Adhesión-Adaptación de los adhesivos dentinarios a las paredes cavitarias de preparaciones próximo-oclusales y estructura de la capa formada por los diferentes adhesivos dentinarios.
- B. Resistencia adhesiva al corte en dentina superficial y profunda.

## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

El objetivo del presente trabajo fue determinar la adhesión lograda a dentina mediante la utilización de adhesivos dentinarios de diferentes características y composición química.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Visualizar y cuantificar la adhesión-adaptación lograda con los sistemas adhesivos, sean ionoméricos o poliméricos, de diferente constitución en las paredes dentinarias pulpaes, axiales y gingivales de una preparación cavitaria de clase 2 próximo oclusal.
- Comparar mediante el uso de Fotovideomicroscopio y Confocal Laser Scanning Microscope la estructura de la capa formada con los diferentes adhesivos dentinarios utilizados en una preparación cavitaria de clase 2 próximo oclusal.
- Determinar el espesor de la capa formada en relación con la composición del adhesivo dentinario empleado, ya sea ionomérico o polimérico.
- Efectuar un estudio comparativo por medio de ensayos de resistencia adhesiva al corte de los sistemas adhesivos de diferente composición química, aplicados tanto en pared dentinaria superficial como en pared dentinaria profunda.
- Evaluar, mediante pruebas de resistencia adhesiva al corte los valores de adhesión obtenidos con la utilización de adhesivos ionomericos y poliméricos.
- Determinar y clasificar el tipo y el lugar de la falla producida en ensayos de resistencia adhesiva al corte, por medio del criterio de selección ARI (Adhesive Remnant Index).

## RESEÑA HISTORICA-ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS

La adhesión al tejido dentario se puede obtener mediante el acondicionamiento con ácido fosfórico, lavado del sustrato y aplicación del adhesivo dentinario (etch&rinse), a través del empleo de agentes autoacondicionadores (self-etch) o con los cementos de ionómeros vítreos.

### **Adhesión a esmalte:**

El esmalte, sustancia o material extracelular altamente mineralizado, acelular, avascular, aneuronal y microporoso, deberá previamente tratárselo mediante un decorticado superficial capaz de eliminar su estructura externa. En el sector anterior y caras libres, es recomendable el tallado de biseles de diferentes angulación y amplitud, en tanto en el sector posterior bastará con lograr concordancia entre las paredes cavitarias y la dirección de las varillas adamantinas (Uribe Echevarría y col., 2003).

El acondicionamiento con ácido fosfórico en concentraciones de 15 al 37 % durante un tiempo de hasta 10 segundos, determinará una superficie humectable, activa y de alta energía superficial, con formación de microporos, producto de la disolución selectiva de cristales de hidroxiapatita (Abate et al., 2001- Inoue et al., 2003). Esto, sumado a la aplicación de un adhesivo dentinario capaz de penetrar por atracción capilar en los defectos obtenidos y su pasaje al estado sólido, a través de la fotopolimerización, posibilita el fenómeno de adhesión por un mecanismo de trabazón micromecánica.

Los valores de resistencia adhesiva obtenidos en el esmalte han ido modificándose y mejorando a partir del uso de una resina fluida hidrófuga (bonding) en los comienzos y a través del uso de monómeros hidrófugos-hidrófilos (primers) en la actualidad, haciendo de este tratamiento un proceso sencillo, efectivo, estable y eficiente que solo requiere, en resumen, de dos pasos clínicos.

## Adhesión a dentina:

La dentina es un tejido conectivo mineralizado con alto porcentaje de contenido orgánico y trasmisor de estímulos, donde sucede todo lo contrario al esmalte. Es un sustrato dinámico, cambiante y heterogéneo cuyas características morfológicas-estructurales difieren de acuerdo a la dentición a la que pertenece el elemento dentario (temporario o permanente), a la edad (del diente y del paciente) y sus modificaciones fisiológicas o patológicas acontecidas a lo largo del tiempo (Ceballos et al., 2003; Cehreli et al., 2003; Lee et al., 2003). Así mismo, también influyen factores inherentes al tallado de las preparaciones cavitarias como son, la profundidad de la cavidad (Toba et al., 2003; Toledano et al., 2003) y la dirección de los túbulos dentinarios en las distintas paredes de las preparaciones (Priotto y col., 1996; Yoshikawa et al., 1999).

Durante la instrumentación realizada para el tallado de una preparación cavitaria queda expuesto el tejido dentinario, formándose una capa de dentina estirada o deformada mal llamada por algunos autores barro o lodo dentinario, a la que adecuadamente debería referirse con el nombre smear layer, que variará en sus características de acuerdo al tipo de instrumental empleado (velocidad-presión-temperatura) y de las características del tejido (edad de diente-profundidad cavitaria-tipo de dentina). Está formada por dos estratos:

- Un estrato superficial o pseudo smear layer constituido por partículas o restos inorgánicos-orgánicos y microorganismos, con un tamaño de alrededor de 5  $\mu\text{m}$  que se encuentran sueltos y por lo tanto son fácilmente eliminables cuando se efectúa el lavado o toilette de la cavidad o con el agua de la turbina.
- Un segundo estrato o smear layer verdadero está constituido por restos de componentes dentinarios orgánicos e inorgánicos con un tamaño de aproximadamente 2  $\mu\text{m}$  que se halla fuertemente adherido a la dentina y cuya eliminación solo es viable a través del empleo de ácidos en elevadas concentraciones.

El tratamiento de esta capa juega un rol decisivo en la unión de los sistemas adhesivos al sustrato dentinario, ya que de su activación depende la calidad de la adhesión a dentina lograda.

Esta adhesión a la dentina puede obtenerse a través de diferentes técnicas y tratamientos del smear layer que incluyen su desmineralización y eliminación, su modificación con conservación de la fase mineral o su desprotección parcial.

#### 1. Eliminación del smear layer:

Se realiza mediante el acondicionamiento total de la dentina con ácido fosfórico en altas concentraciones y la posterior infiltración del adhesivo que difunde a través de la dentina desmineralizada para formar una capa híbrida entre la resina adhesiva y la dentina.

En la dentina, el ácido expone una red estructural de fibras colágenas que está casi desprovista de hidroxiapatita o con pérdida o remoción de cristales de fosfato de calcio por debajo del límite de detección, confirmable mediante la utilización de microscopía electrónica de transmisión de alta resolución o análisis químicos de la superficie por espectroscopía fotoelectrónica.

2. Modificación del smear layer: se puede lograr por diferentes procedimientos:

a) Por medio de los adhesivos auto acondicionadores, que en su composición poseen primers ácidos y monómeros hidrófilos que impriman el colágeno dentinario (Tay et al, 2001). La capa que se forma se denomina capa de reacción integración.

b) Por medio de los cementos de ionómero de vidrio, los cuales disuelven y desmineralizan parcialmente el smear layer por una reacción ácido-base con formación de sales estables.

c) Por medio del empleo de hipoclorito de sodio al 5.25% por el cual se logra una capa intermedia por oxidación-desprotección. Se



elimina parcialmente el contenido glicoproteico de colágeno, glicosaminoglicanos y proteoglicanos mientras que se conserva la fase mineral.

La activación y desmineralización de la dentina mediante los procedimientos citados anteriormente generan conceptos encontrados y polémicos que encaminan a la Odontología Restauradora a nuevos desafíos de estudio y desarrollo de diversas técnicas para el tratamiento del sustrato dentario.

La premisa de eliminar el smear layer a través de la aplicación de ácidos en altas concentraciones, es una maniobra discutida y no del todo aceptada, ya que se amplía la luz de los túbulos dentinarios por desmineralización o descalcificación exponiéndose las fibras colágenas (Uribe Echevarría y col., 2003.). A su vez la descalcificación depende de la solubilidad de la sal de calcio formada en la superficie de la hidroxiapatita, cuanto más soluble, las sales de calcio de los ácidos o de los adhesivos monoméricos menos se adhieren al sustrato mineral (Yoshioka y col., 2002).

Por otro lado, queda la incertidumbre de si los adhesivos poliméricos son realmente capaces de penetrar e imprimir esas zonas de dentina desmineralizada o descalcificada en su totalidad por los ácidos evitando que queden fibras colágenas sin sostén. El ácido fosfórico penetra en dentina 25  $\mu\text{m}$  y el adhesivo solo es capaz de difundir 4,5  $\mu\text{m}$ , lo que generaría una zona no impregnada por el adhesivo, susceptible a fallas adhesivas por contracción de polimerización, con alto riesgo de alteración pulpar (Uribe Echevarría y col., 2003.).

Algunos investigadores recomiendan el acondicionamiento ácido total simultáneo de esmalte y dentina, previo a la aplicación de los adhesivos autoacondicionantes, a pesar que estos poseen una acidez comprobada (Nakabayashi y col., 1982; Nakabayashi 1984; Leinfelder 1992; Pashley 1992; Nakabayashi 1996; Van Meerbeek et al., 2000; Tay et al., 2000).

Contrariamente a estas indicaciones, otros sistemas con primers acídicos en bajas concentraciones y con diferentes valores de pH, no recomiendan la aplicación previa de ácido a esmalte y dentina generando ventajas clínicas que

se traducen en simplificaciones de los procedimientos adhesivos (se evita la fase de acondicionamiento ácido y lavado), disminuyendo pasos sensibles de la técnica (Frankenberger et al, 2001- Pashley et al, 2000). Este método sería el más prometedor, ya que la infiltración de la resina adhesiva ocurre simultáneamente con el proceso de auto acondicionamiento. Sin embargo se conoce poco sobre los efectos a largo plazo de incorporar cristales de hidroxiapatita disueltos y restos de smear layer residual dentro de la unión, como así también, cuanto del solvente del autoacondicionante se conserva o se mantiene dentro de la estructura interfacial. El exceso de solvente debilita directamente la integridad de la unión, favoreciendo la nano filtración y pudiendo afectar la polimerización de los monómeros infiltrados. La estructura interfacial resultante también se torna más hidrófila, haciéndose propensa a la degradación hidrolítica. (Tay et al., 2000; Pashley et al., 2000; Tay et al., 2002; Yoshida et al., 2002).

En cuanto a la adhesión lograda con los ionómeros vítreos, éstos son los únicos materiales auto adhesivos al tejido dentario que no requieren ningún pretratamiento del sustrato. Sin embargo, la aplicación de un ácido débil como el polialkenoico, mejora significativamente la eficacia de la adhesión (Inoue et al. 2001), contribuyendo de esta forma a la estabilidad clínica del fenómeno adhesivo. El aumento de la eficacia con el uso de los ácidos débiles se debe atribuir en parte a un efecto de limpieza por el cual se remueven restos superficiales de smear layer y por un efecto de desmineralización que aumenta el área de superficie exponiendo los túbulos parcialmente para la hibridización micomecánica.

La auto adhesión de los ionómeros vítreos se da por un doble mecanismo; 1) adhesión micro mecánica, obtenida por una hibridización superficial de las redes de fibras colágenas revestidas por hidroxiapatita microporosa (autograbado leve) y 2) una verdadera adhesión química primaria a través de la formación de uniones iónicas entre los grupos carboxílicos del ácido poliacrílico y el calcio de la hidroxiapatita que queda alrededor de la superficie expuesta.

A este fenómeno hay que agregar la interacción química del ácido poliacrílico con la hidroxiapatita y las fibras colágenas intercaladas o entrelazadas

expuestas. En consecuencia las fibras colágenas recubiertas de hidroxiapatita ofrecen no solo sitios de retención micromecánica para la hibridación sino también sirven como receptores para la adhesión primaria con los grupos carboxílicos del ácido polialquenoico.

Los adhesivos dentinarios se pueden clasificar (Garone, 2003) según la metodología de aplicación, el vehículo o solvente que contengan, composición inorgánica, por el acondicionamiento ácido y por su componente de base.

a) Metodología de aplicación:

- Acondicionamiento ácido, lavado (etch&rinse) y aplicación del adhesivo dentinario.
- Autoacondicionadores (self-etch adhesives), aplicación en uno o en dos pasos.
- Adhesivos ionoméricos, con aplicación previa de ácido poliacrílico.

b) El vehículo o solvente que contengan:

- Sin vehículo.
- Con agua.
- Con acetona.
- Con alcohol.

La función del solvente es disolver los monómeros hidrófilos del primer y así facilitar su penetración en la dentina desmineralizada. Cada solvente se comportará de manera diferente en cada una de las fases de aplicación del adhesivo. Por ejemplo, los adhesivos a base de alcohol son menos susceptibles a las variaciones en el grado de humedad de la dentina a diferencia de los que contienen acetona, que no presentan una adecuada difusión de los monómeros y promueven una deshidratación de la dentina en situaciones de escasa humedad del sustrato. Los que poseen agua, promueven la rehidratación de la dentina, pero como el agua es más difícil de evaporar que en los otros solventes, su eliminación resulta más complicada.

## c) La composición inorgánica:

- Sin relleno
- Con relleno { Microparticulados  
Nanoparticulados

La presencia del relleno inorgánico les confiere a los adhesivos mayor espesor de película, disminución de la contracción de polimerización, alivio de las tensiones en el momento en que se produce la contracción del material de obturación, mejorando sus propiedades mecánicas.

## d) Por el acondicionamiento ácido:

- Los que emplean un acondicionamiento previo. Estos adhesivos tienen tres componentes básicos: el ácido, gel de ácido fosfórico entre el 30 y 37%, el primer o imprimador y el bond o bonding que se aplican en etapas diferentes.
- Autoacondicionantes:

**Fuertes:** no requieren del acondicionamiento ácido previo, poseen un pH de 1 o menor. Esta alta acidez trae como resultado dos efectos. En el esmalte se produce una desmineralización profunda comparable a un patrón de grabado con ácido fosfórico. En dentina se expone el colágeno y se disuelve casi toda la hidroxiapatita circundante. En consecuencia el mecanismo de unión de estos adhesivos está principalmente basado en difusión, similar también al método de acondicionamiento total.

**Moderados o leves:** tienen un pH de 2, desmineralizan la dentina a una profundidad de un micrómetro; fenómeno superficial que ocurre conservando parcialmente la hidroxiapatita residual adherida al colágeno. El espesor de la capa híbrida formada con un autoacondicionador leve es mucho menor que con la técnica de acondicionamiento total o con adhesivos autograbadores fuertes y la preservación de la hidroxiapatita puede servir como receptor para una adhesión química extra. La propiedad mas débil es su potencial de adhesión al esmalte, por lo tanto el desarrollo de monómeros con potencial de adhesión

químico más fuerte a la hidroxiapatita puede ayudar a mejorar la adhesión al esmalte.

Un adhesivo autoacondicionador, ya sea leve o fuerte, deberá: proveer microporos en el esmalte, tratar el smear layer profundo y lograr traba micromecánica y química superficial a través de la hibridización de la dentina, imprimando las fibras colágenas y formando sales por reacción ácido-base. Sin embargo, es importante destacar que la tendencia de los procedimientos de aplicación simplificada o de menos pasos clínicos no garantizaría una mejor efectividad de adhesión en relación con las técnicas de múltiples pasos a pesar de disminuir la sensibilidad de la técnica.

e) Por su componente de base:

- De base polimérica.

El agente adhesivo funciona a través de un primer o imprimador y un adhesivo, aplicados juntos o por separado. Los primers están constituidos por monómeros ácidos hidrófilos-hidrófugos. Su potencial adhesivo se basa en la unión al colágeno de la dentina por su porción hidrófila a través de un mecanismo micromecánica-químico, en tanto que sus monómeros hidrófugos se unen mediante una reacción química al sistema resinoso de restauración.

- De base ionomérica pre reaccionada (Inoue et al, 2001-2001).

La adhesión de los adhesivos ionoméricos resulta de una interacción química y micromecánica combinada con el sustrato dentinario, desconociéndose en la actualidad cuanta interacción química contribuye a la adhesión real. Van Meerbeek et al. 2001, determinaron en estudios in vitro que la interacción química del adhesivo Fuji BOND LC, versión diluida del cemento de ionómero vítreo Fuji II, representa un 40% aproximadamente de la fuerza de unión lograda a dentina.

A los adhesivos actuales, medidos en términos de efectividad en la adhesión a los sustratos dentarios, se le presta especial atención al papel potencial de los mecanismos de adhesión micromecánicos y químicos, a las

interacciones entre los biomateriales y a la diversidad química en la composición de los diferentes tipos de adhesivos dentinarios. (Van Meerbeek et al., 2003).

## FICHA TECNICA DE LOS MATERIALES (según sus respectivos fabricantes)

### **FUJI BOND LC: GC Corporation, Japón.**

Acondicionador: 20% de ácido polialkenoico

3% de cloruro de aluminio

Aplicación: 10 segundos, lavar y secar sin deshidratar.

Polvo del Fuji BOND LC: vidrio de fluoro alúmino silicato

Líquido del Fuji BOND LC: ácido polialkenoico

2-hidroxietil metacrilato

Dimetacrilato

Canforoquinona

Agua

Aplicación: 10 segundos de mezcla, aplicar con brush, 20 segundos de polimerizado.

### **ONE COAT BOND: Coltène Whaledent, Suiza.**

Monómeros: Hidroxietilmetacrilato, hidroxipropilmetacrilato, dimetacrilato de glicerina.

Ácidos débiles: Polialkenoato metacrilizado, uretanodimetacrilato, ácido silícico amorfo.

Agua

pH: 2.53

Aplicación: aplicar con pincel frotando por 20 segundos, soplar ligeramente con aire y polimerizar por 30 segundos

### **ADPER SINGLE BOND: 3M-ESPE, E.E.U.U.**

Monómeros:	Bisfenol A diglicidil éter dimetacrilato, 2 hidroxietil dimetacrilato, glicerol 1,3 dimetacrilato y sílica tratado con silano
Ácidos débiles:	Copolímero de acrílico y ácido itacónico, diuretano dimetacrilato.
Solvente:	agua 2-8%, etanol 25-35%
Aplicación:	pincel totalmente saturado, aplicar 2 ó 3 capas consecutivas, secar suavemente durante 2-5 segundos y fotopolimerizar durante 10 segundos.

### **G-BOND: GC Corporation, Japón.**

Monómeros:	4-META monómero
Ácidos débiles:	Monómero ácido de éster fosfórico.
Solvente:	Acetona y agua.
Aplicación:	dejarlo sin tocar por 10 segundos, secar minuciosamente bajo máxima presión de aire por 5 segundos, al mismo tiempo succionar al vacío. Polimerizar por 10 segundos.

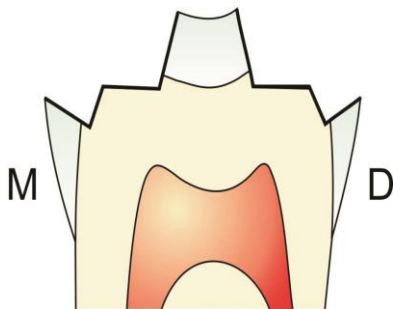


## MATERIALES Y MÉTODOS

### A) Adhesión-Adaptación a las Paredes Cavitarias de Preparaciones Próximo Oclusales y Estructuras de Capa Formada.

Para este ensayo se utilizaron 40 terceros molares sanos extraídos por razones ortodóncicas, donde se tallaron 80 cavidades próximo oclusales independientes, unas en fosa oclusal y caras proximales mesiales y las otras en fosa oclusal y caras proximales distales. Dichas preparaciones cavitarias tuvieron cuatro paredes de contorno, vestibular, lingual mesial o distal y gingival, y 2 paredes de fondo, axial y pulpar, respectivamente

Para el tallado se usaron piedras diamantadas cilíndricas de granulometría standard norma ISO 007 con abundante refrigeración acuosa e impulsadas con fuentes de alta velocidad (Figura 1).



**Figura 1:** Corte longitudinal en sentido mesio-distal del tallado de las preparaciones cavitarias de Clase 2 en ambas caras proximales.

Los dientes fueron divididos en cuatro grupos de 20 cavidades cada uno, según el agente adhesivo dentinario a emplear:

**Grupo A: Adhesivo estructurado One Coat Bond (Coltène Whaledent).**

**Grupo B: Adhesivo mono envase Adper Single Bond (3M-ESPE).**

**Grupo C: Adhesivo ionomérico Fuji BOND LC (GC Corp.).**

**Grupo D: Adhesivo autoacondicionante G-BOND (GC Corporation).**

En los grupos A y B se realizó acondicionamiento adamantino con ácido fosfórico al 35% Ultra-etch (Ultradent), durante 10 segundos.

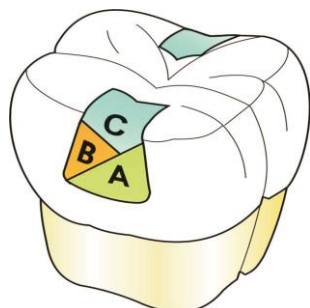
En el grupo C se aplicó Cavity Conditioner (GC Corp.), en esmalte y dentina por 10 segundos.

Activado el sustrato dentinario se aplicaron activamente los adhesivos dentinarios siguiendo las instrucciones de los respectivos fabricantes.

En el grupo D se empleó el adhesivo autoacondicionante sin tratamiento previo en esmalte y dentina.

Las muestras así preparadas fueron obturadas con resina compuesta microhíbrida Z100 (3M Dental Products), mediante técnica incremental oblicua. (Figura 2). Para ello, se colocó a cada elemento dentario un porta matriz circular de Ivory con una matriz de acero inoxidable de 0,05 milímetros de espesor. La resina compuesta se condensó por sustratos de 1,5 a 2,0 milímetros de espesor aproximadamente, primero sobre la pared vestibular procediendo a su polimerización por 20 segundos alejando el extremo de la lámpara 1,5 centímetros y los 20 segundos restantes se posicionó el extremo de la unidad sobre la superficie oclusal. El segundo sustrato se colocó sobre la pared lingual y se procedió a fotopolimerizar por 40 segundos desde oclusal y por último un tercer estrato hasta completar la obturación de la caja principal proximal y accesoria oclusal polimerizándose 40 segundos desde oclusal. Se retiró la matriz y se hizo una nueva exposición de 40 segundos desde proximal (mesial y distal).

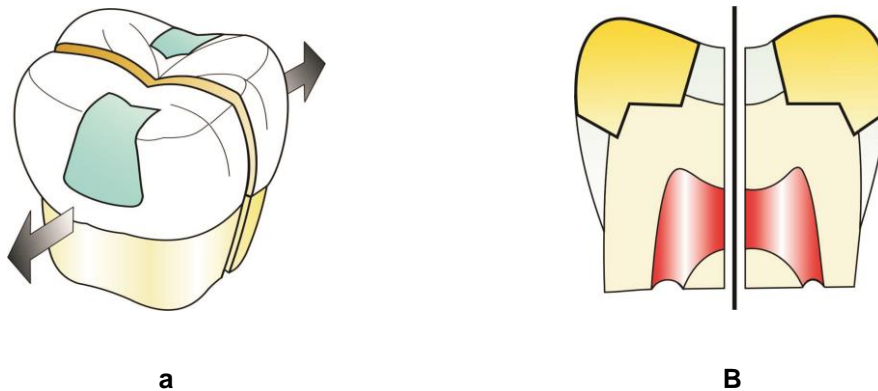
Para la fotopolimerización se empleó una lámpara Optilux 501 (Kerr/Sybron), con un rango de emisión entre 180 y 820 mW/cm<sup>2</sup>.



**Figura 2:** Gráfico donde se ilustra la técnica de obturación incremental oblicua empleada en el ensayo.

Las caras oclusales y proximales de la restauración fueron pulidas con una piedra diamantada tronco cónica de granulometría extrafina norma ISO 007 a alta velocidad y con abundante refrigeración acuosa.

Los elementos dentarios se cortaron longitudinalmente en sentido buco-lingual con micrótopo para tejidos duros Isomet 1000 (Buehler Co.), con una velocidad de 500 rpm, una presión de 50 g y refrigeración hidroalcohólica para obtener dos muestras independientes (cada una con su preparación cavitaria) con el objeto de facilitar los procedimientos que a continuación se detallan. (Figura 3 a y b).



**Figura 3:** Esquema del corte longitudinal en sentido buco-lingual.

Las muestras se conservaron durante siete días en solución de saliva artificial (Naf, Laboratorio Tedequín) a 37° centígrados para luego ser cortadas nuevamente, esta vez en sentido vestibulo lingual, con micrótopo para tejidos duros para obtener superficies de 1,0 a 1,5 milímetros de espesor. Los cortes fueron pulidos en una pulidora metalográfica (Praxis Arg.) con discos de carburo de silicio Abras 240, 180 y 120 milímetros (Buehler Co.) de granulometría decreciente y terminados con discos de goma y paños rotatorios de fieltro con pasta de pulir de diamante (Praxis Arg.) de 0,25  $\mu\text{m}$  y 1,0  $\mu\text{m}$ . De esta manera se lograron superficies pulidas y lisas.

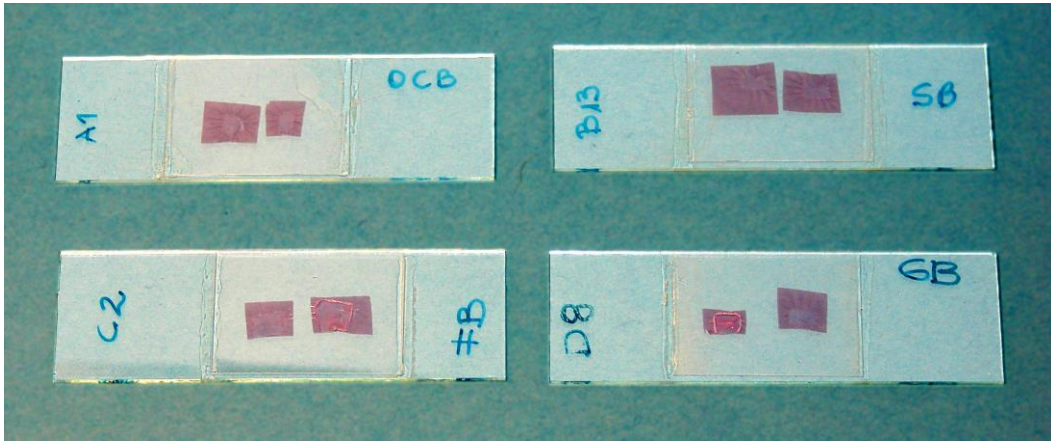
Para la visualización y cuantificación en Fotovideomicroscopio y Analizador de Imágenes, las muestras fueron sometidas a punto crítico y replicadas con folios de acetil acetato para luego ser analizadas y estudiadas bajo microscopía.

Para el procesado en Confocal Laser Scanning Microscope, los cortes fueron mantenidos en Rhodamina B al 1% (Sigma Co.) por un lapso de 8 horas para su posterior observación y evaluación.

Los datos recogidos mediante el estudio microscópico fueron sometidos a Análisis Estadísticos de Varianza y Test de Bonferroni.



**Figura 4.a):** Los cuatro grupos de las muestras obtenidas para la prueba de adhesión-adaptación a las paredes cavitarias de preparaciones próximo oclusales para ser sometidas a la visualización directa con Confocal Laser Scanning Microscope, Modelo LSM 5 Pascal (Zeiss) utilizando un láser verde de 543 nm de longitud de onda por transmisión.



**Figura 4.b):** Muestras replicadas de cada uno de los cuatro grupos para la visualización y cuantificación en Fotovideomicroscopio de epifluorescencia Axiovert Zeiss y Analizador de imágenes.

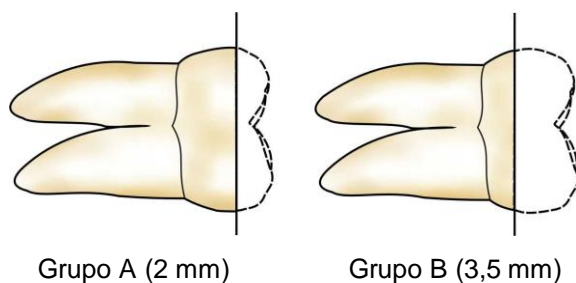
## B) Resistencia Adhesiva al Corte

Se utilizaron 80 terceros molares superiores e inferiores sanos extraídos por razones ortodóncicas los cuales se cortaron en sentido perpendicular al eje largo del diente con micrótopo para tejidos duros Isomet 1000 (Buehler Co) con profusa refrigeración hidroalcohólica y se dividieron en dos grupos según la profundidad de la dentina a estudiar.

**Grupo A: compuesto por 40 molares, donde se expuso dentina superficial.**

**Grupo B: compuesto por 40 molares, donde se expuso dentina profunda.**

Para el corte del elemento dentario en sentido perpendicular al plano oclusal, con la finalidad de llegar a la zona de dentina deseada, se tomaron como referencia 2mm desde el plano oclusal hacia la conexión amelo cementaria, para la dentina superficial y 3,5mm, para la dentina profunda. (Figura 5).



**Figura 5:** Gráfico representativo del desgaste de caras oclusales para exponer dentina superficial (Grupo A) y dentina profunda (Grupo B).

Las superficies obtenidas fueron asperizadas en una pulidora metalográfica (Praxis Arg.) con discos rotatorios de carburo de silicio de granulometría 120 (discos Abras Buehler Co.).

Posteriormente los dientes fueron incluidos, con resina acrílica autopolimerizable (Subiton), dentro de cilindros de cobre de 15.90mm de alto y 20.0mm de diámetro.

Los grupos A y B se subdividieron en 4 subgrupos de diez elementos dentarios cada uno, a los que se les aplicó los siguientes adhesivos dentinarios siguiendo las indicaciones del fabricante.

- **Subgrupo A1** : Adhesivo estructurado en dentina superficial. (One Coat Bond, Coltene Whaledent) (*Muestras 11- 20*)
- **Subgrupo A2** : Adhesivo mono envase sin relleno en dentina superficial. (Adper Single Bond, 3M-ESPE) (*Muestras 31- 40*)
- **Subgrupo A3** : Adhesivo ionomérico en dentina superficial. (Fuji BOND LC, GC) (*Muestras 51- 60*)
- **Subgrupo A4** : Adhesivo autoacondicionante en dentina superficial. (G-BOND, GC) (*Muestras 71 – 80*)
- **Subgrupo B1** : Adhesivo estructurado en dentina profunda. (One Coat Bond, Coltene Whaledent) (*Muestras 1- 10*)
- **Subgrupo B2** : Adhesivo mono envase sin relleno en dentina profunda. (Adper Single Bond, 3M-ESPE) (*Muestras 21- 30*)
- **Subgrupo B3** : Adhesivo ionomérico en dentina profunda. (Fuji BOND LC, GC) (*Muestras 41- 50*)
- **Subgrupo B4** : Adhesivo autoacondicionante en dentina profunda. (G-BOND, GC) (*Muestras 61- 70*)

Posteriormente, a todas las muestras se les adhirió en forma paralela al eje largo del diente, resina compuesta microhíbrida (Z100 3M Dental Products) condensadas por técnica incremental dentro de cilindros siliconados de 2mm de alto por 1.8mm de diámetro, los cuales oficiaban de dique de contención de la resina. Se procedió a su fotopolimerización por 40 segundos por cada estrato, 10 segundos alejados del cilindro y los restantes 30 en contacto con la resina, con una unidad de curado de luz visible Optilux 501 (Kerr/Sybron) con un rango de emisión de 570mW/cm, corroborando cada 10 exposiciones con un radiómetro Demetron.





**Figura 6: Subgrupo A1, Adhesivo estructurado aplicado en dentina superficial. (One Coat Bond, Coltène Whaledent) (Muestras 11- 20)**



**Figura 7: Subgrupo A2, Adhesivo mono envase sin relleno en dentina superficial. (Adper Single Bond, 3M-ESPE) (Muestras 31- 40)**





**Figura 8: Subgrupo A3, Adhesivo ionomérico en dentina superficial.**  
(Fuji BOND LC, GC Corp.) (Muestras 51- 60)



**Figura 9: Subgrupo A4, Adhesivo autoacondicionante en dentina superficial.** (G-BOND, GC Corp.) (Muestras 71 – 80)



**Figura 10: Subgrupo B1, Adhesivo estructurado en dentina profunda.**  
(One Coat Bond, Coltène Whaledent) (Muestras 1- 10)



**Figura 11: Subgrupo B2, Adhesivo mono envase sin relleno en dentina profunda.**  
(Adper Single Bond, 3M-ESPE) (Muestras 21- 30)



**Figura 12: Subgrupo B3, Adhesivo ionomérico en dentina profunda.**  
(Fuji BOND LC, GC Corp.) (Muestras 41- 50)



**Figura 13: Subgrupo B4, Adhesivo autoacondicionante en dentina profunda.** (G-BOND, GC Corp.) (Muestras 61- 70)

Las superficies fueron conservadas por 48 horas, para las muestras de los adhesivos poliméricos, a 100% de humedad y a 37° centígrados. Para las muestras del adhesivo ionomérico fueron almacenadas por una semana, para completar la maduración ácido base, igualmente a 37 grados centígrados y 100% de humedad.

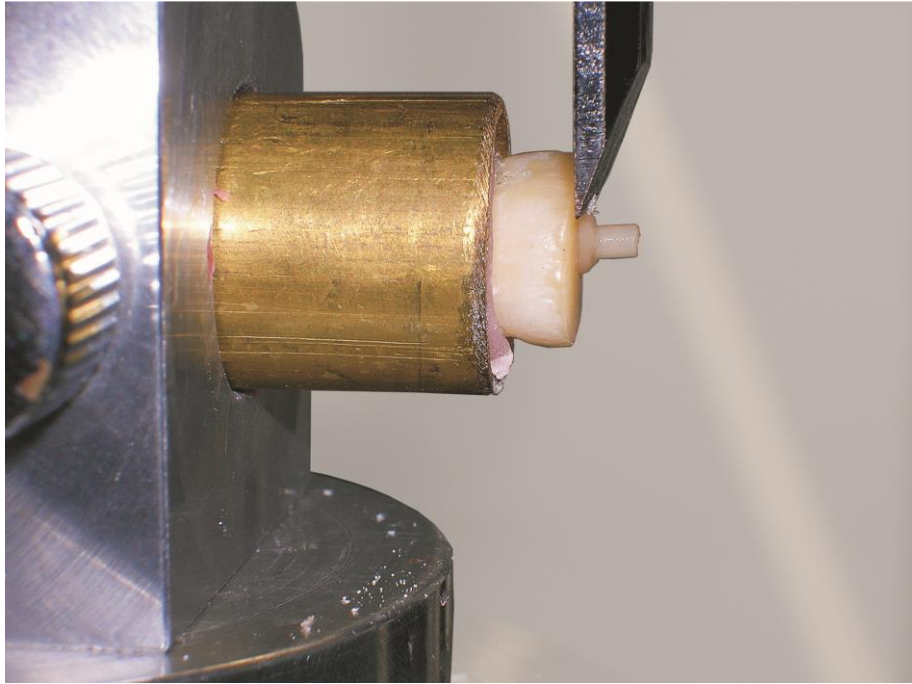
Posteriormente fueron sometidas a pruebas de tensión al corte con una máquina Instron 1000 (Figura 14) con una celda de carga de 50 kg, cuya velocidad de desplazamiento total de cabezal es de 1 mm por minuto en el filo del cincel de corte, orientando las muestras para que la pared pulpar quedase paralela a la dirección de la fuerza de cizallamiento (Figura 15 y 16). Los valores obtenidos en este ensayo se convirtieron a MPa, y fueron sometidos a Análisis Estadístico de Varianza y Prueba de Kruskal Wallis.

Las superficies dentinarias obtenidas tras la fractura fueron procesadas y observadas con lupa estereoscópica a x10, con la finalidad de determinar el ARI (Índice de Remanente Adhesivo).

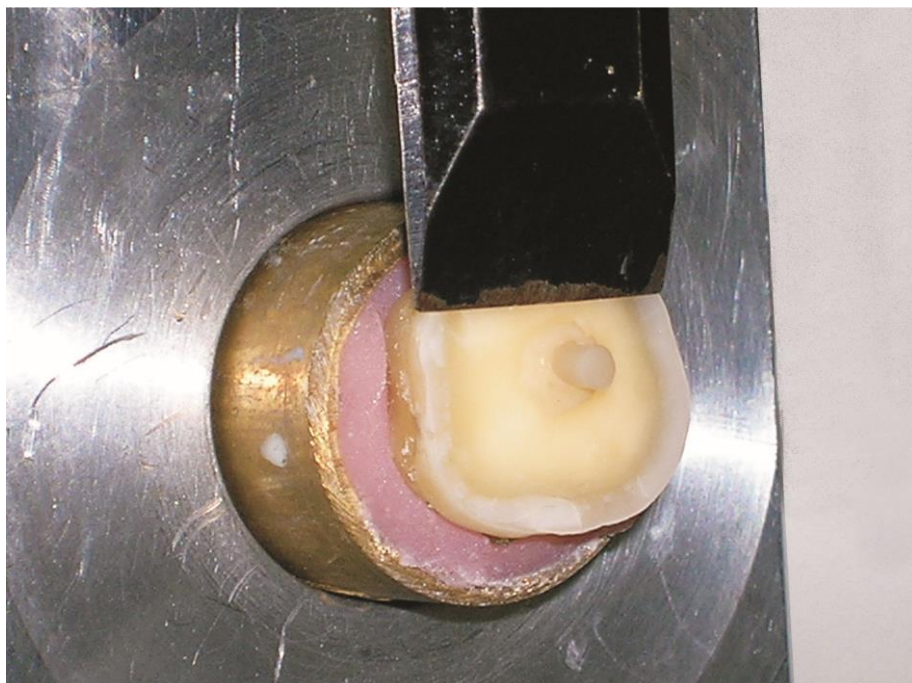
**Figura 14:** Máquina Instron Modelo 1000.



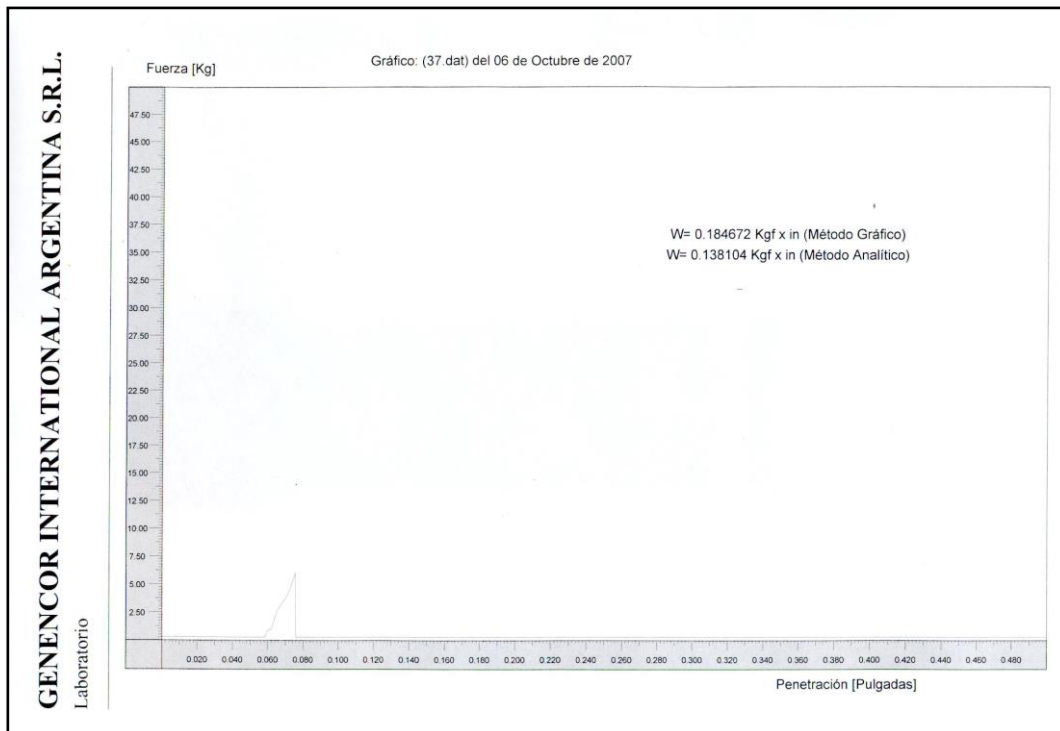
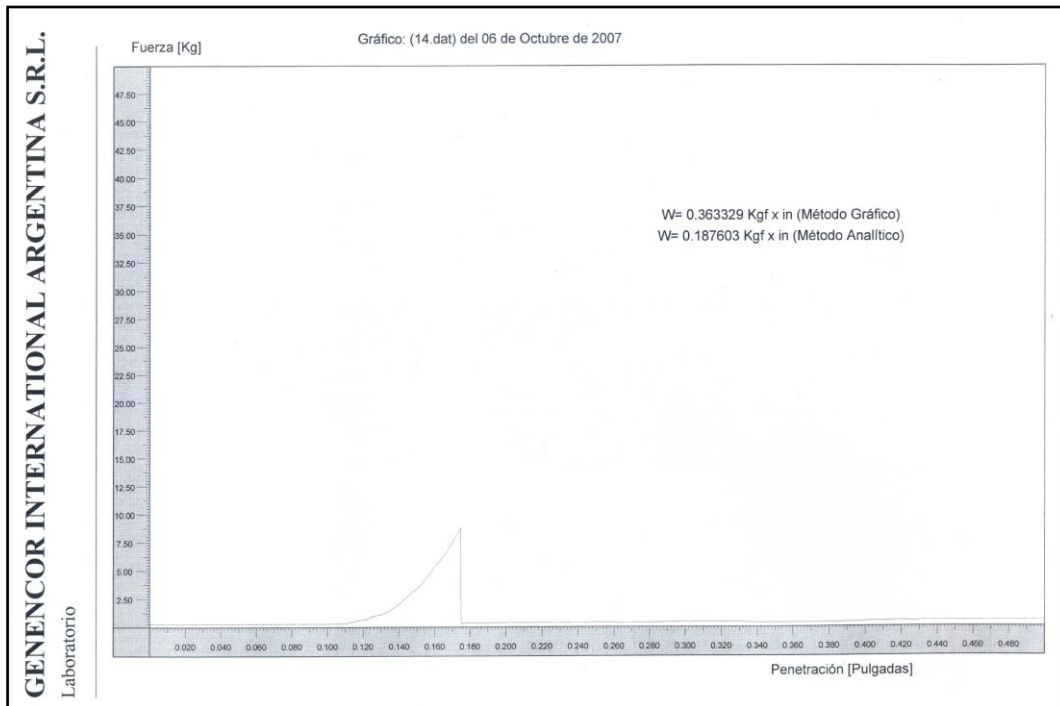




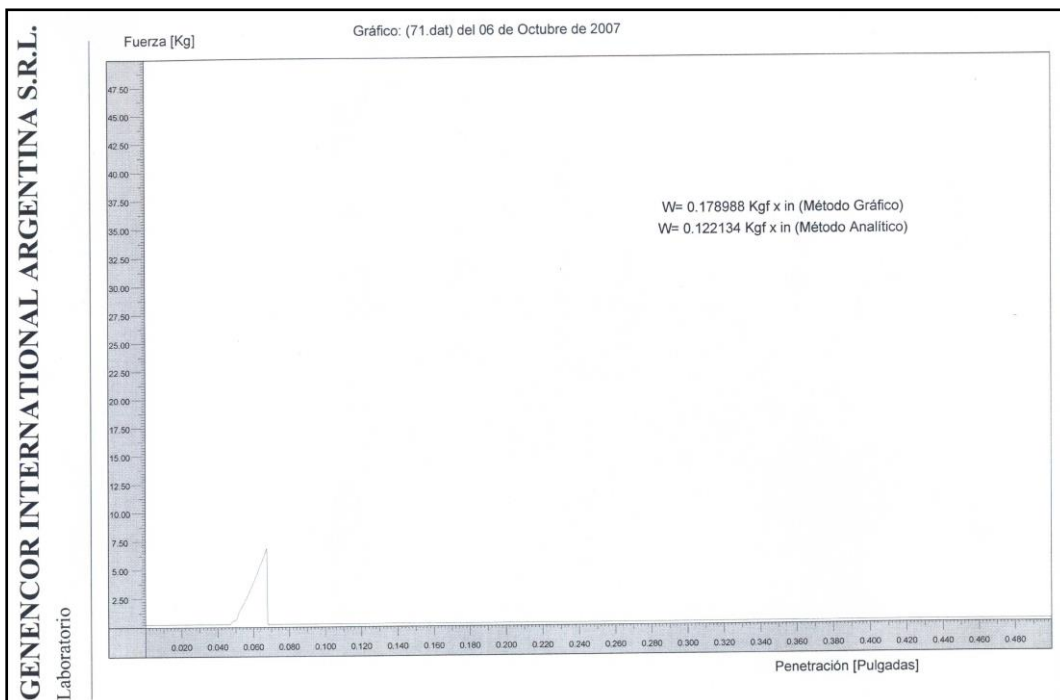
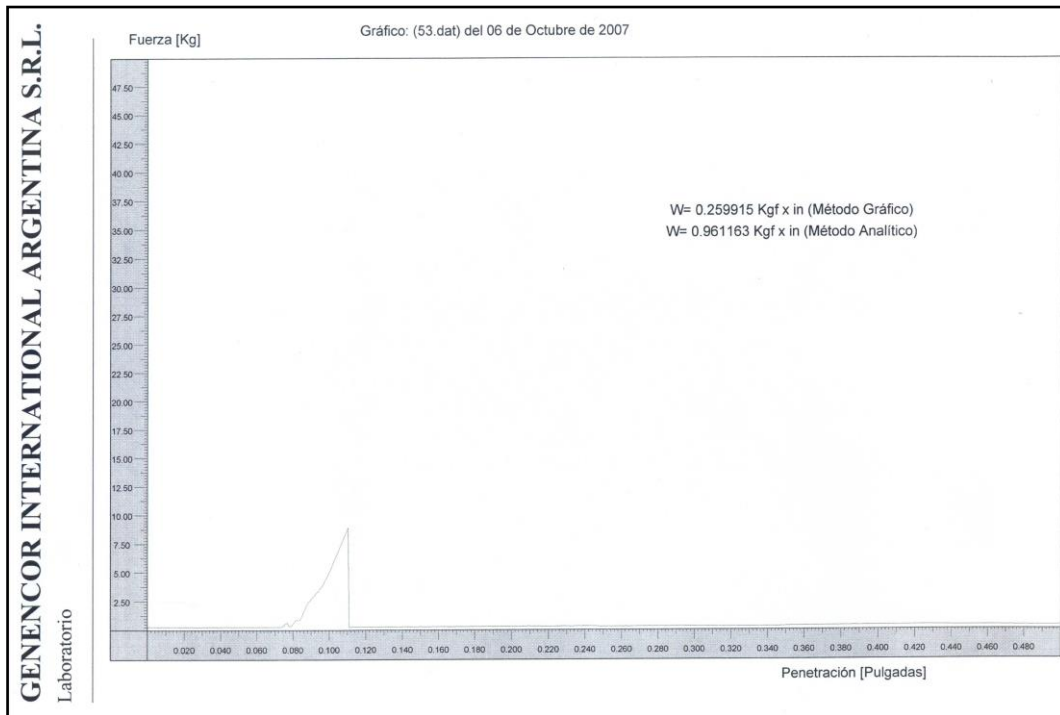
**Figura 15:** Ubicación de las muestras en el dispositivo ad hoc, especialmente diseñado para realizar los ensayos de Resistencia Adhesiva al Corte. Vista lateral.



**Figura 16:** Ubicación de las muestras en el dispositivo ad hoc, especialmente diseñado para realizar los ensayos de Resistencia Adhesiva al Corte. Vista de frente.



**Figuras 17 y 18:** Gráficos pertenecientes a las muestras 14 y 37 respectivamente, registrado por la máquina INSTRON, relacionando Fuerza (Kg)/Penetración (Pulgadas) los cuales posteriormente fueron convertidos a MPa.



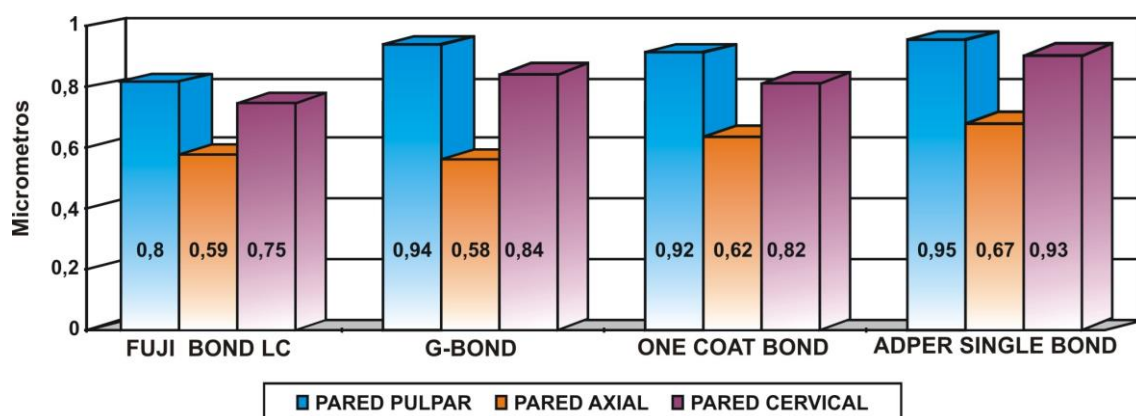
**Figuras 19 y 20:** Gráficos pertenecientes a las muestras 53 y 71 respectivamente, registrado por la máquina INSTRON, relacionando Fuerza (Kg)/Penetración (Pulgadas) los cuales posteriormente fueron convertidos a MPa.

## RESULTADOS

### A) Adhesión - Adaptación a las Paredes Cavitarias de Preparaciones Próximo Oclusales y Estructura de Capa Formada.

Se pudo determinar que:

1. La menor desadaptación correspondió a Fuji BOND LC, seguido de G-BOND, One Coat Bond, Adper Single Bond, no existiendo diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes adhesivos.



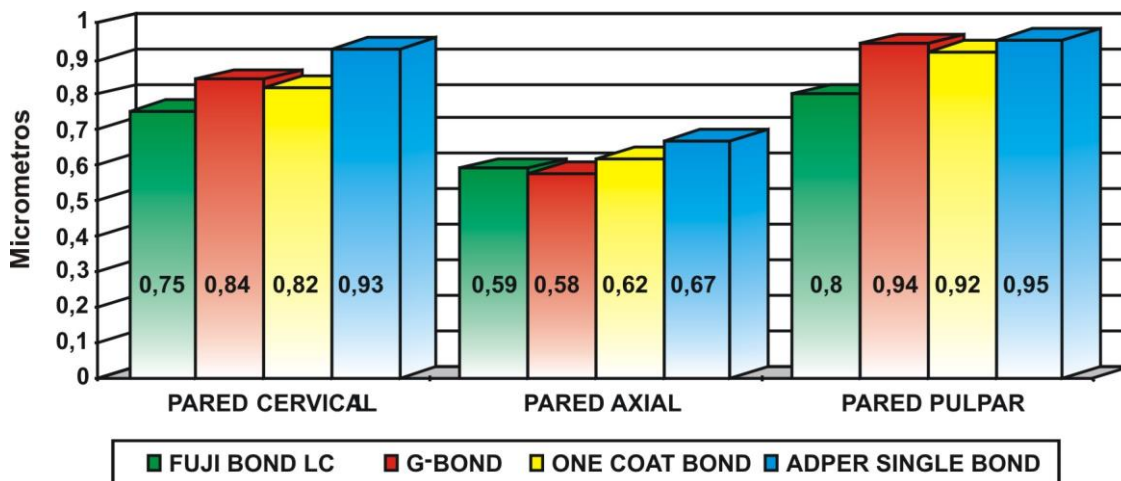
**Figura 21:** Gráfico representando los hiatos de desadaptación según el adhesivo empleado y la pared estudiada en micrómetros.

Paredes Cavitarias y Adhesivos	Fuji BOND LC	G-BOND	One Coat Bond	Adper Single Bond
Pared Pulpar	0.80 DS 0.39	0.94 DS 0.50	0.92 DS 0.53	0.95 DS 0.41
Pared Axial	0.59 DS 0.31	0.58 DS 0.30	0,62 DS 0.30	0.67 DS 0.35
Pared Cervical	0.75 DS 0.30	0.84 DS 0.43	0.82 DS 0.26	0.93 DS 0.34

**Cuadro 1:** Tabla con los valores promedio y las desviaciones estándar correspondientes a cada adhesivo estudiado y la pared cavitaria observada y cuantificada en micrometros.



2. La desadaptación fue de menor a mayor pared axial, pared cervical, pared pulpar, con diferencias estadísticamente significativas entre pared pulpar y axial ( $p < 0,001$ ). No se obtuvieron diferencias significativas entre pulpar y cervical ( $p > 0,05$ ), y tampoco entre axial y cervical ( $p < 0,01$ ).



**Figura 22:** Gráfico relacionando los hiatos de desadaptación según las paredes y el adhesivo empleado en micrómetros.

Paredes Cavitarias y Adhesivos	Total
Pared Pulpar	0.90 DS 0.069
Pared Axial	0.61 DS 0.040
Pared Cervical	0.83 DS 0.074

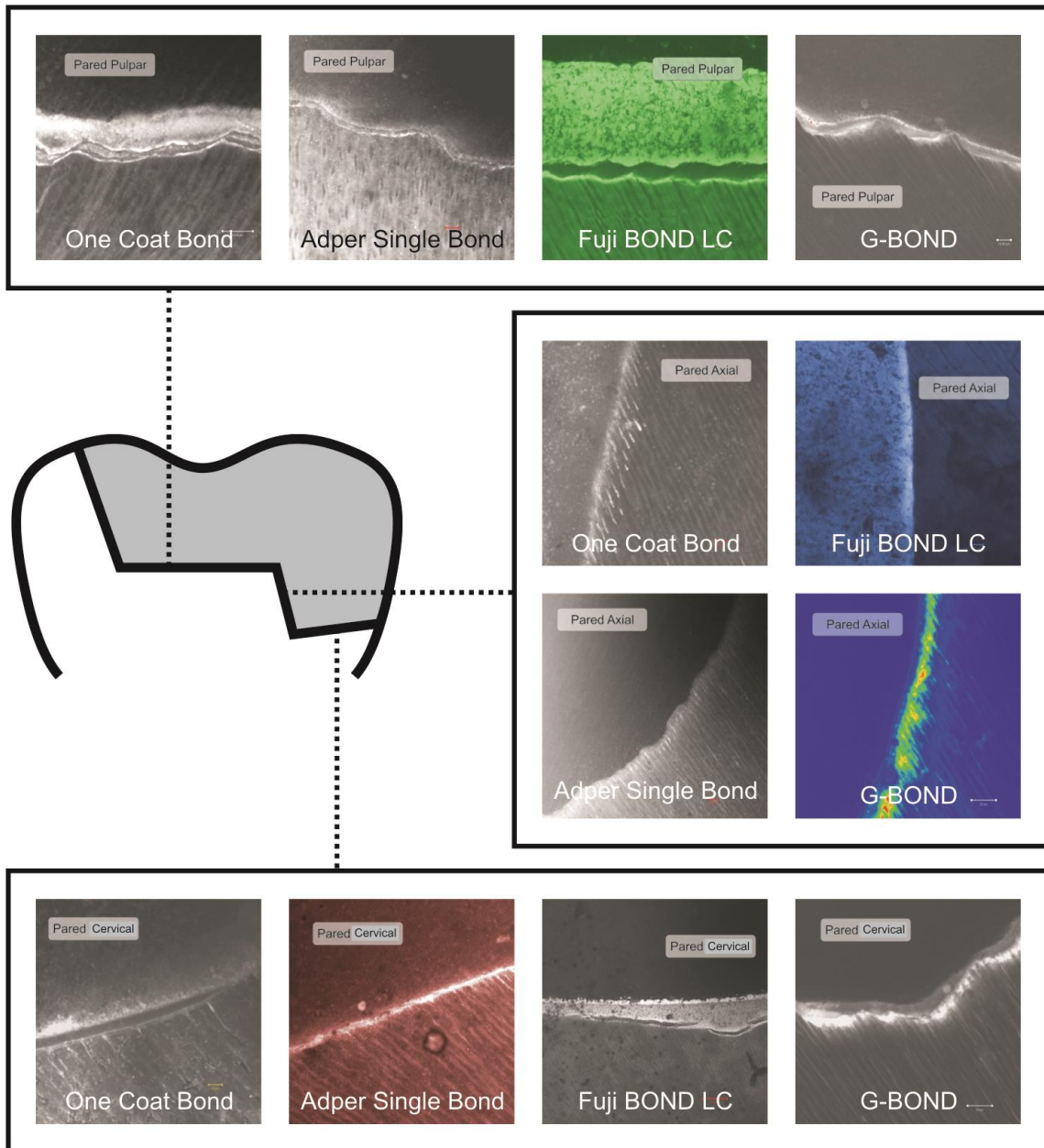
**Cuadro 2:** Valores totales y desviaciones estándar de desadaptación en cada pared estudiada, medidos en micrómetros.

Comparación	Diferencias Medias	F	P
Pared Pulpar vs. Pared Axial	0.2875	6.440	$p < 0.001$
Pared Pulpar vs. Pared Cervical	0.0675	1.512	$p > 0.05$
Pared Axial vs. Pared Cervical	0.2200	4.928	$p < 0.01$

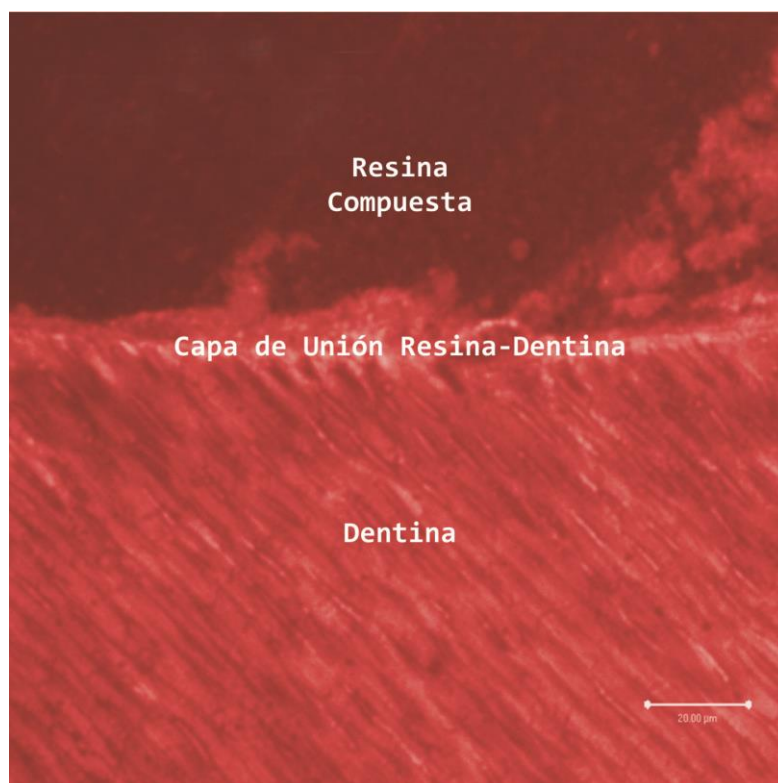
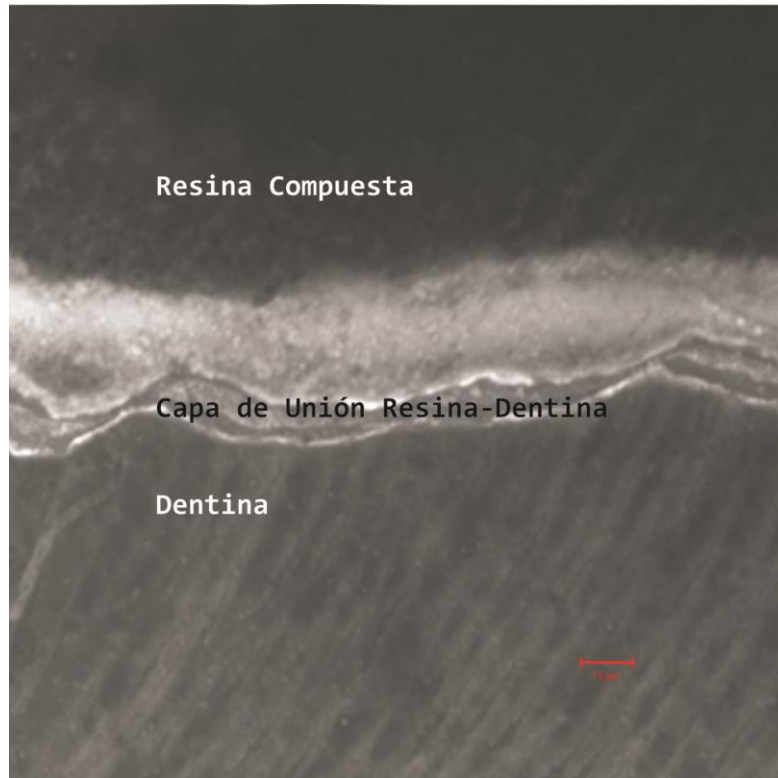
**Cuadro 3:** Comparación de los valores obtenidos en micrómetros relacionando dos paredes entre si, con los correspondientes valores de P.

3. La estructura del adhesivo ionomérico mostró una capa de espesor más uniforme y continuo que la obtenida con los agentes adhesivos resinosos con y sin relleno inorgánico.

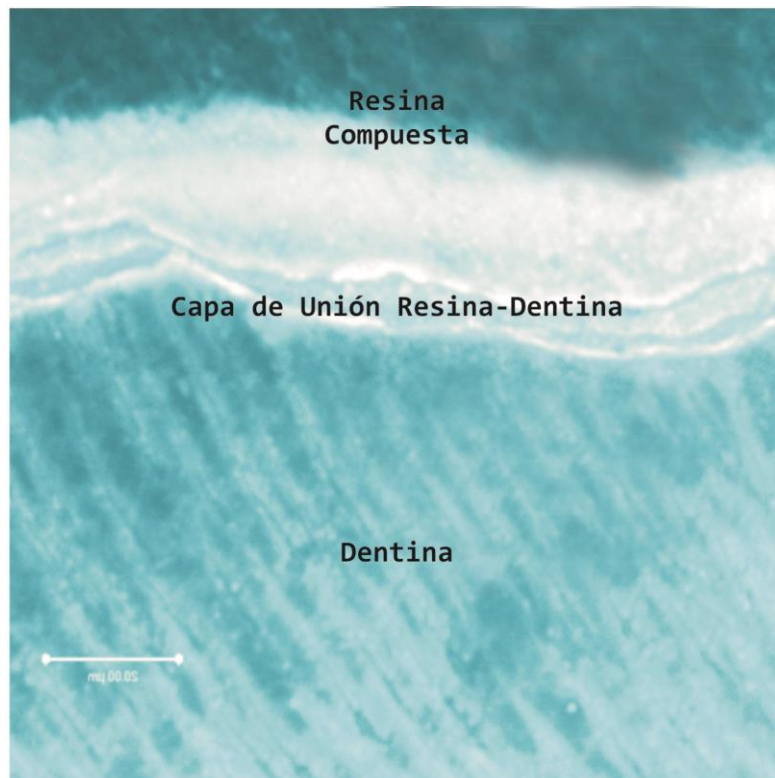
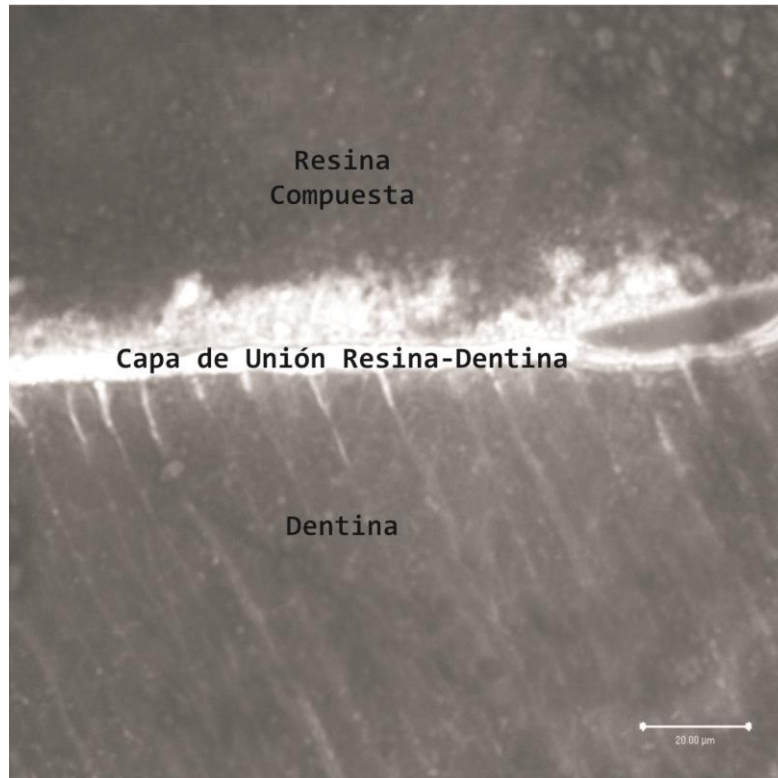
## Estudio Microscópico



**Figura 23:** Esquema de la preparación cavitaria próximo-oclusal con las respectivas paredes involucradas, pulpar, axial y cervical, en la observación microscópica tras el tratamiento con los agentes adhesivos dentinarios.

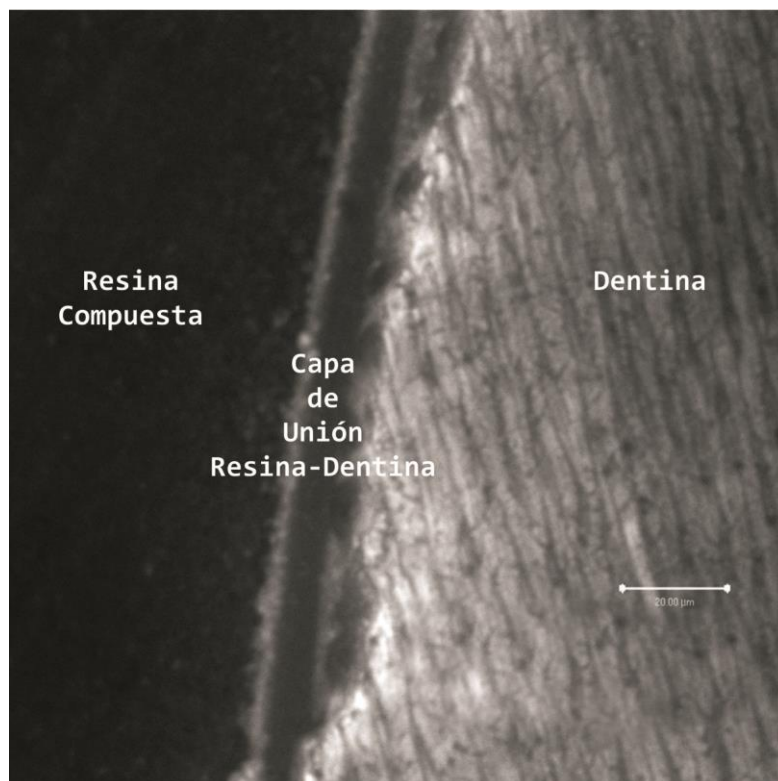
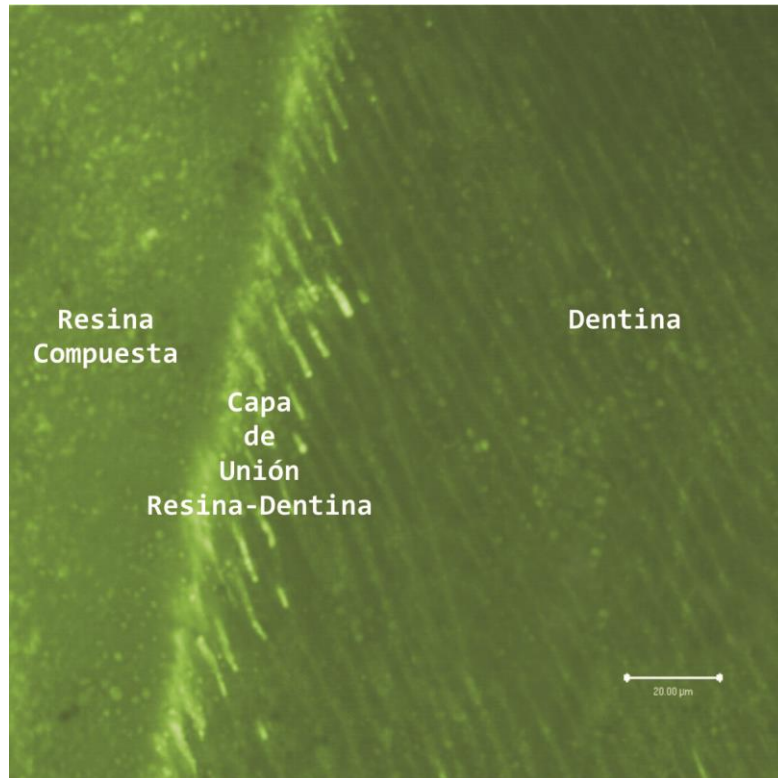


**Figuras 24 y 25:** Microfotografías de pared pulpar dentinaria tratada con One Coat Bond visualizadas con Confocal Laser Scanning Microscope. Se puede observar el sellado de los túbulos dentinarios por medio de los resin tags y el espesor variado de la capa de integración formada.

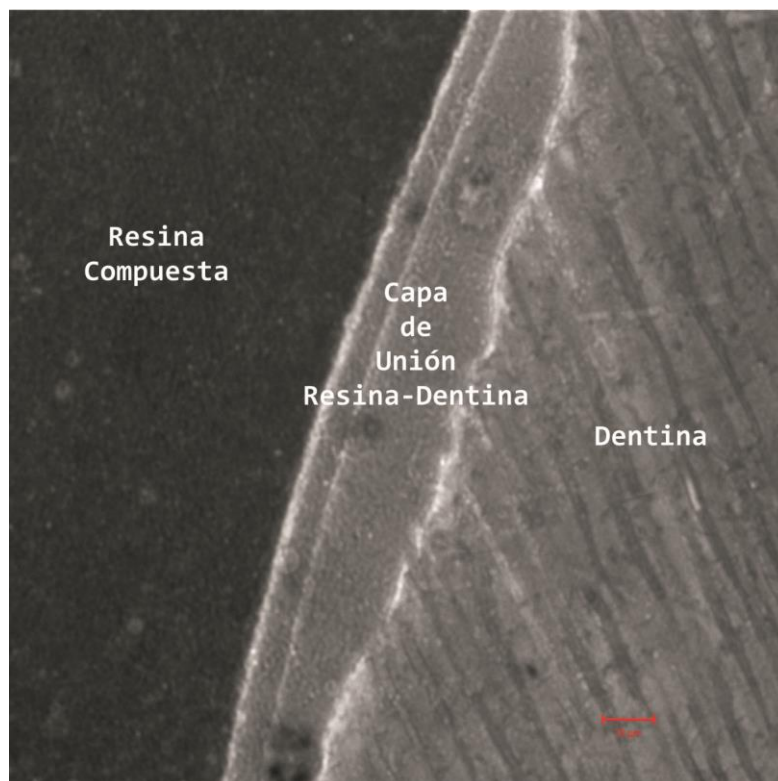
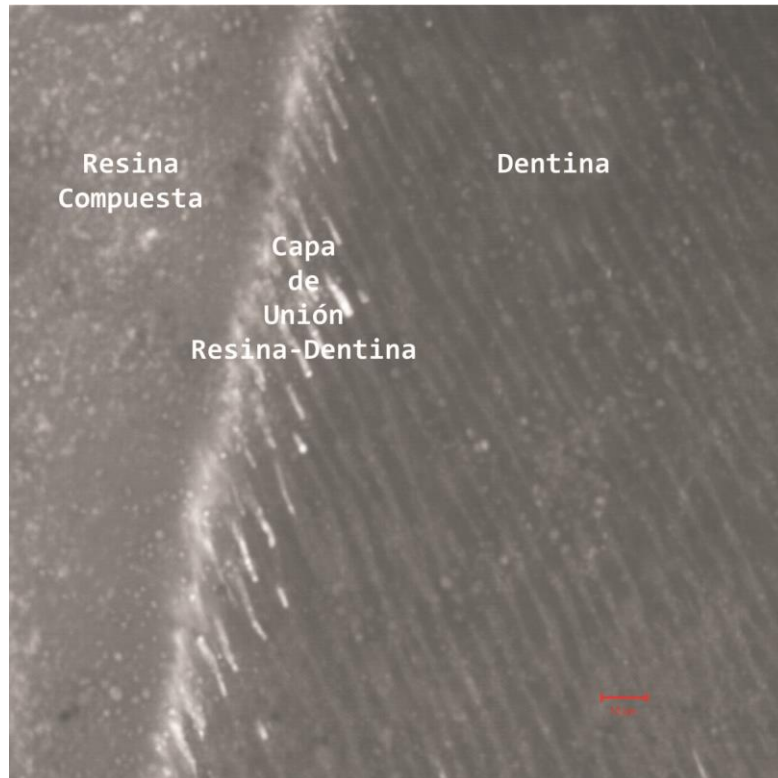


**Figuras 26 y 27:** Microfotografías de la pared pulpar dentinaria tras el tratamiento con One Coat Bond y observada con Confocal Laser Scanning Microscope, donde puede observarse la capa de unión estructurada de resina-adhesivo-dentina.

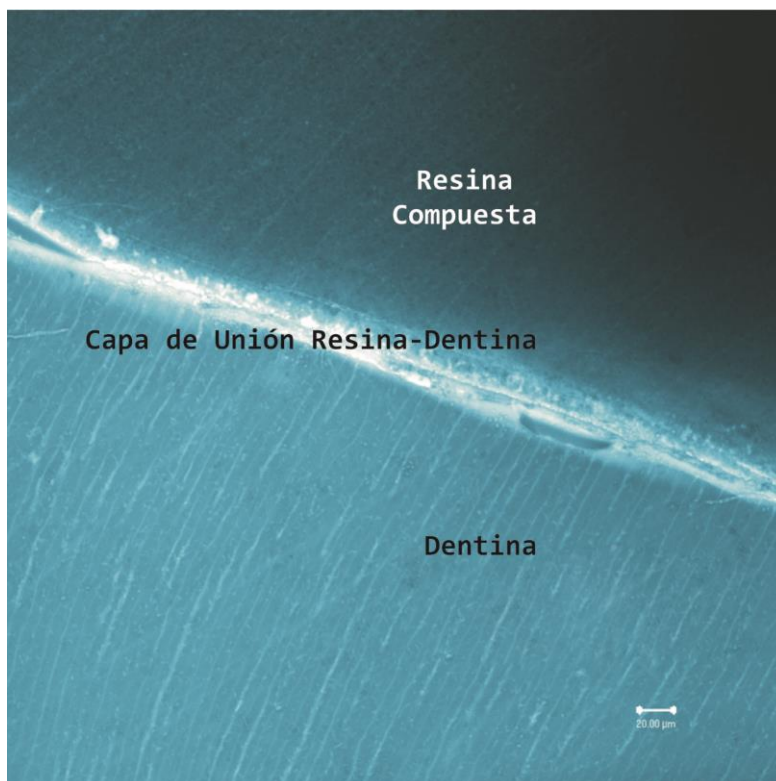
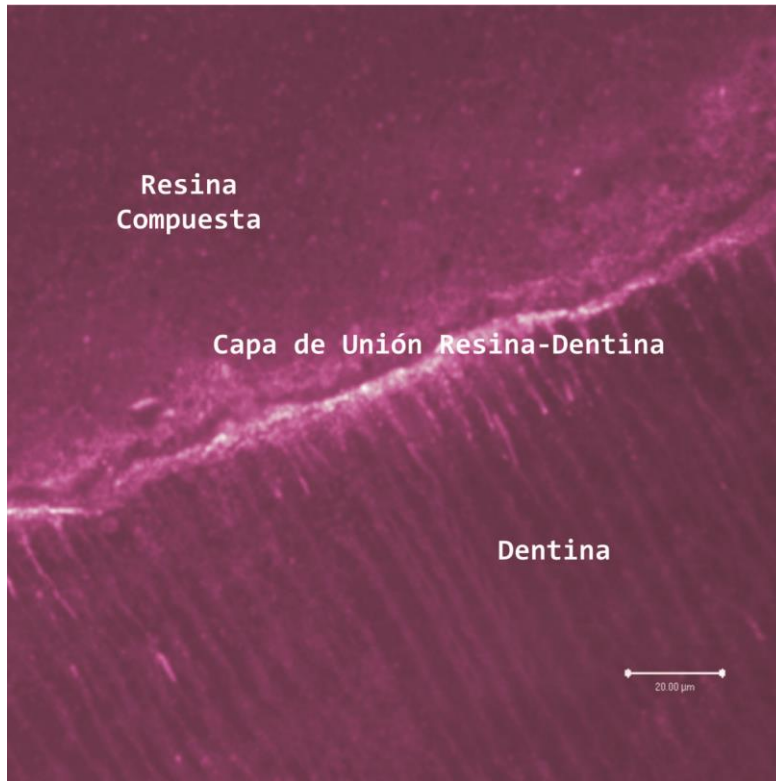




**Figuras 28 y 29:** Microfotografías de pared axial tratada con One Coat Bond. Se visualiza la impregnación del adhesivo y la orientación oblicua de los túbulos dentinarios. Confocal Laser Scanning Microscope.

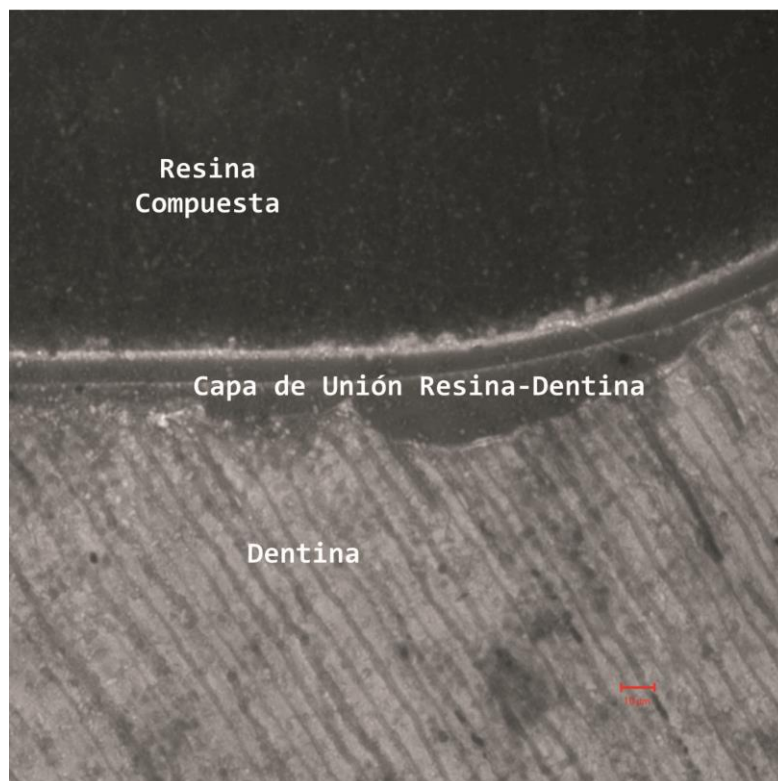


**Figuras 30 y 31:** Microfotografías con One Coat Bond sobre la pared axial, donde puede observarse el sellado de los túbulos dentinarios a través de la penetración del agente adhesivo. Confocal Laser Scanning Microscope.

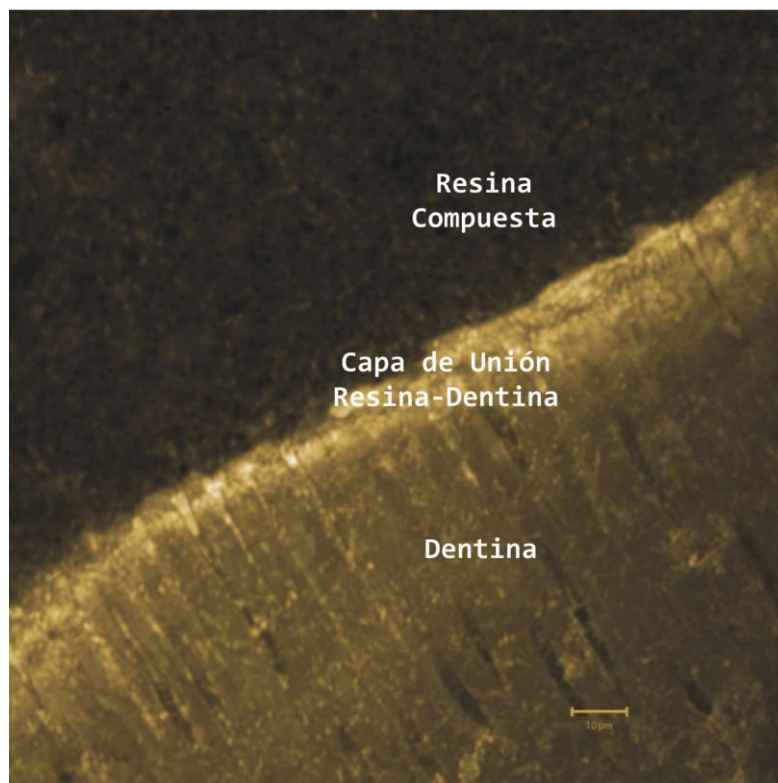
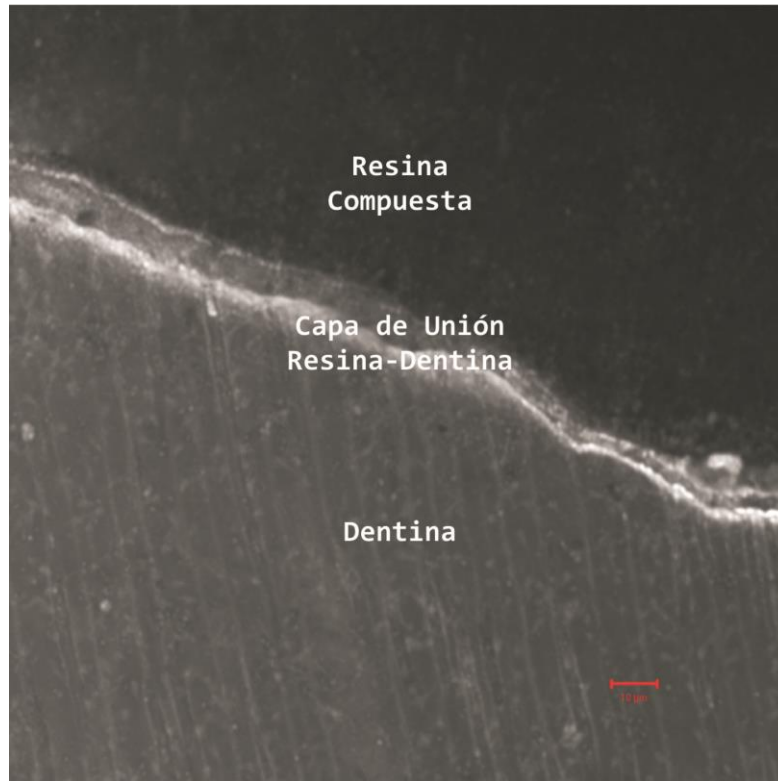


**Figuras 32 y 33:** Microfotografías de la pared cervical con One Coat Bond. Nótese la obliteración de los túbulos dentinarios con depósitos densos en diferentes profundidades de penetración. Confocal Laser Scanning Microscope.

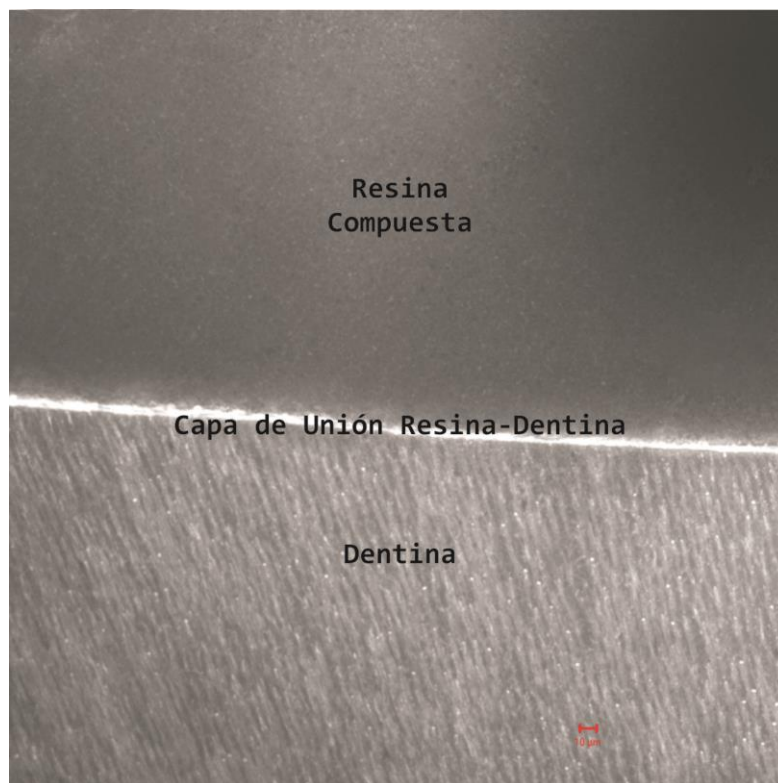




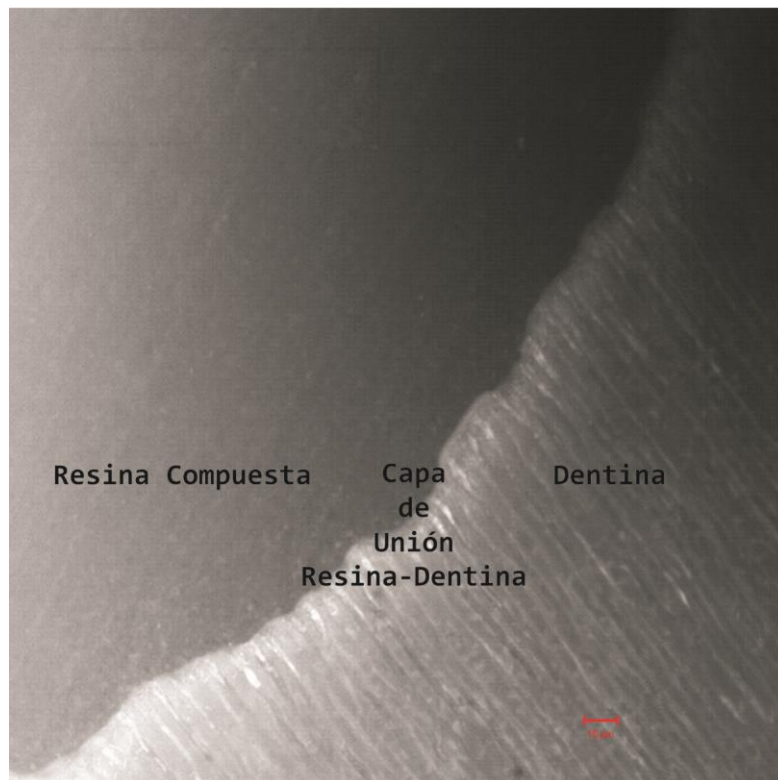
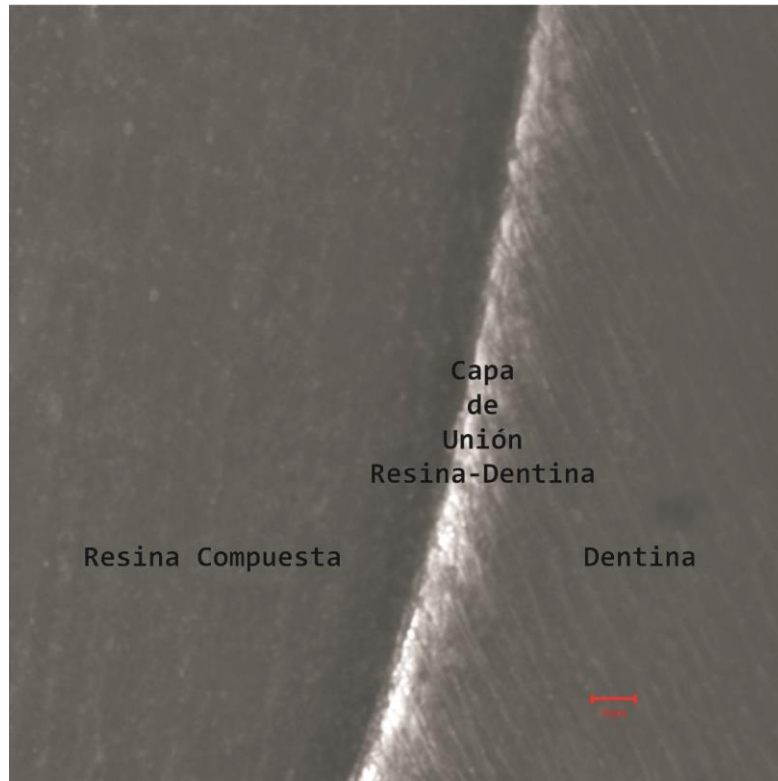
**Figuras 34 y 35:** Microfotografías de la pared cervical dentinaria con One Coat Bond, donde puede observarse la estructura tubular ligeramente oblicua, propia de esta pared y los diferentes espesores de capa adhesiva formada. Confocal Laser Scanning Microscope.



**Figuras 36 y 37:** Microfotografías que muestran la capa formada por Adper Single Bond en pared dentinaria pulpar. Se observan los túbulos cortados perpendicularmente con una irregular penetración de resin tags en el interior de los mismos. Confocal Laser Scanning Microscope.

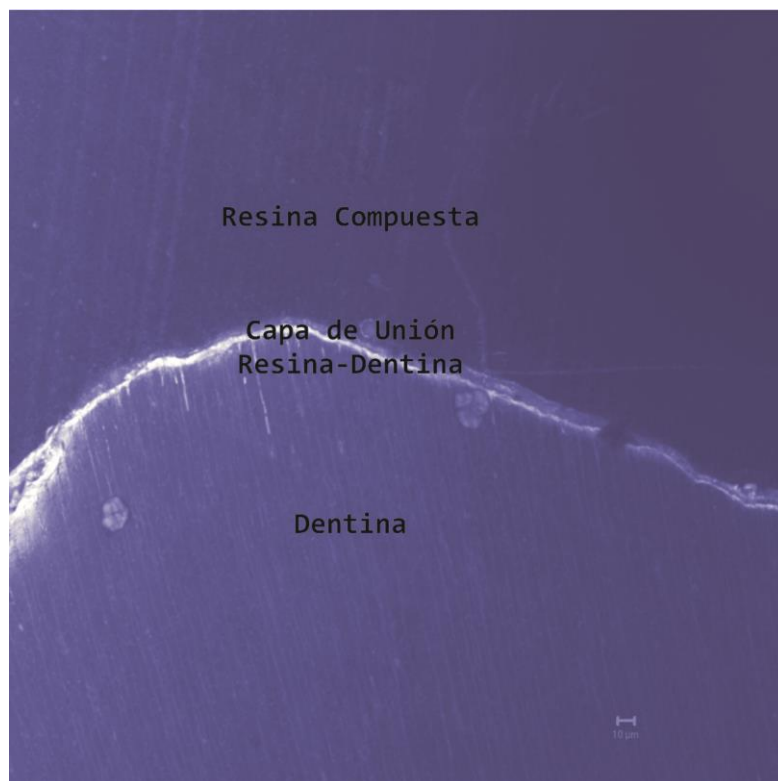
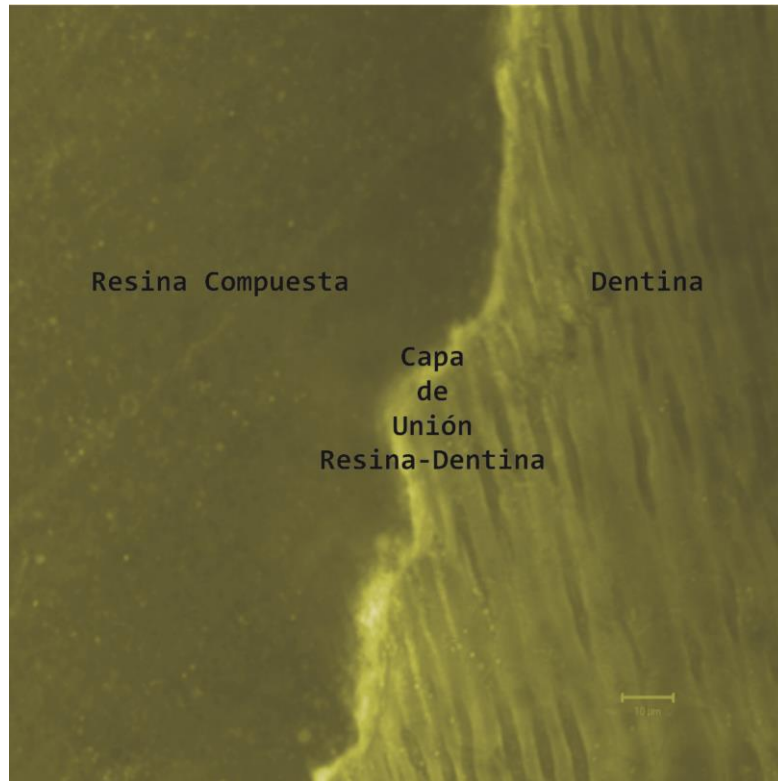


**Figuras 38 y 39:** Microfotografías de la pared pulpar dentinaria a diferentes aumentos tras la aplicación de Adper Single Bond, nótese el espesor de capa reducido propio de la composición del material. Confocal Laser Scanning Microscope.

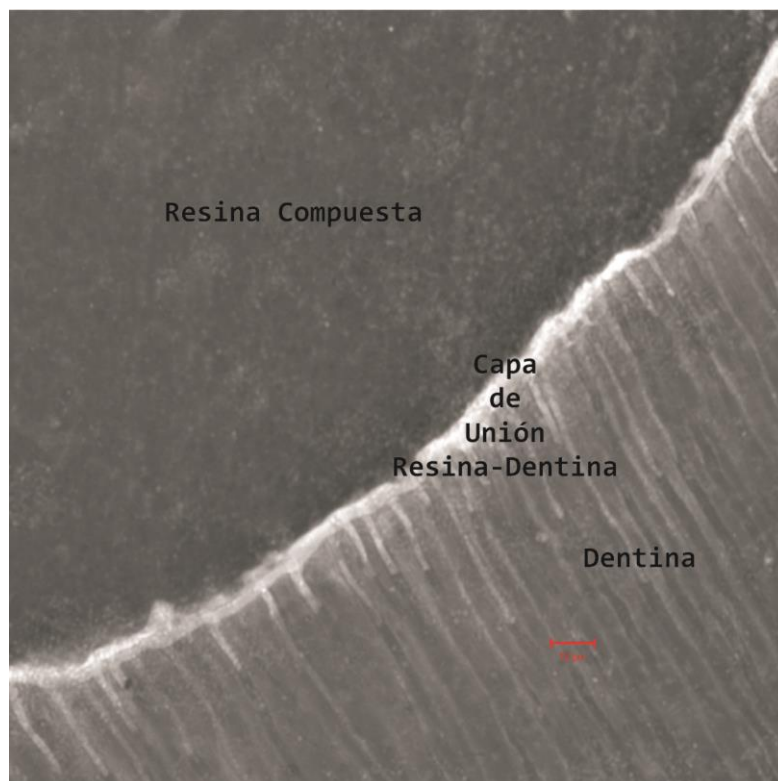
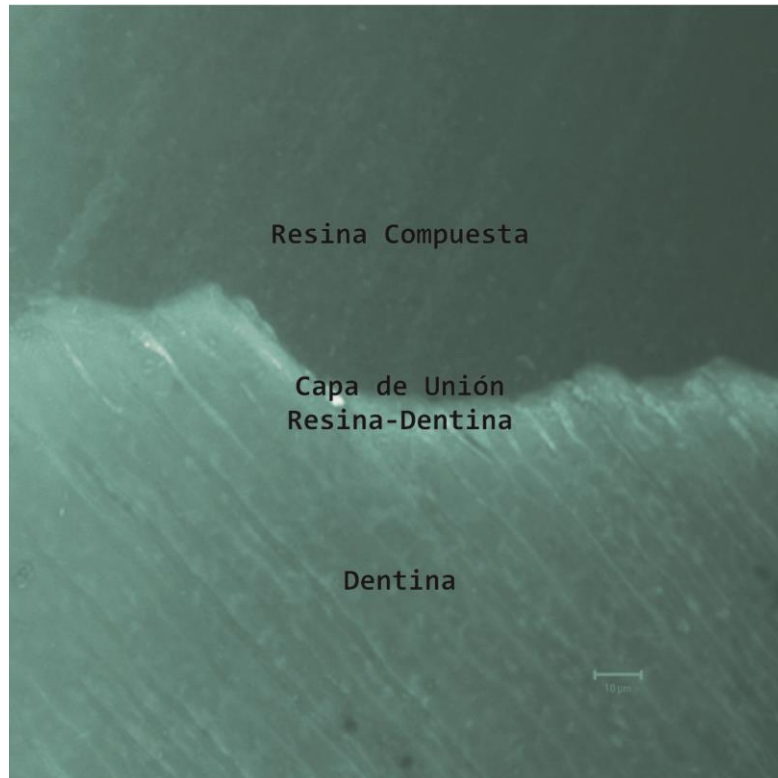


**Figuras 40 y 41:** Microfotografías con Confocal Laser Scanning Microscope de pared axial con diferentes aumentos, donde se observa la dirección de los túbulos dentinarios infiltrados por el adhesivo Adper Single Bond.

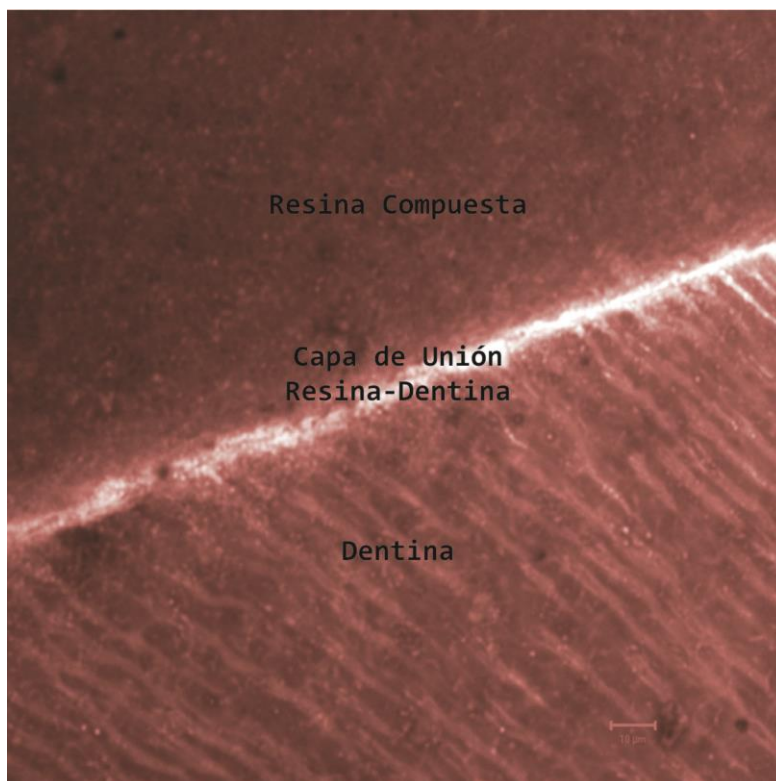
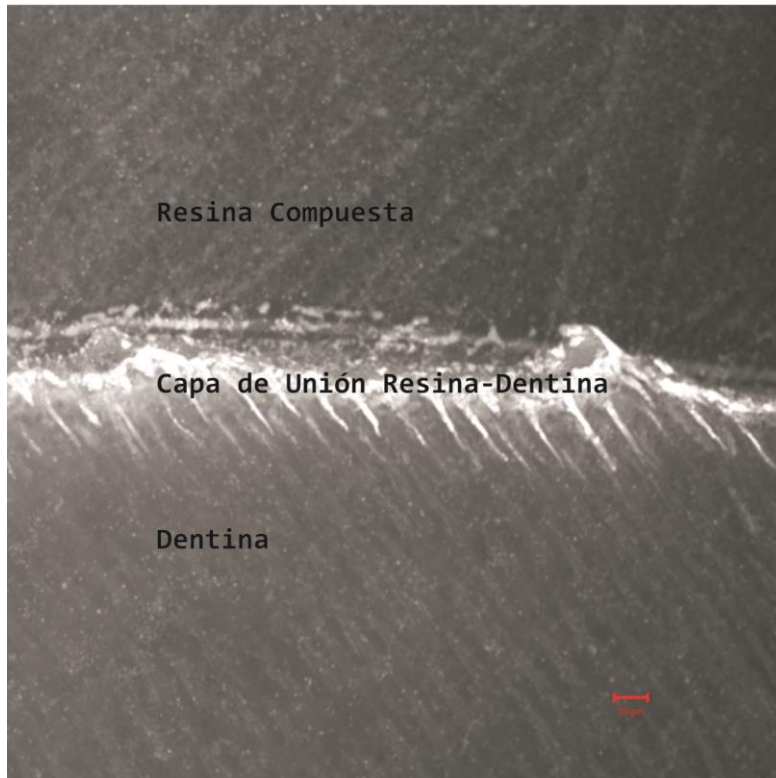




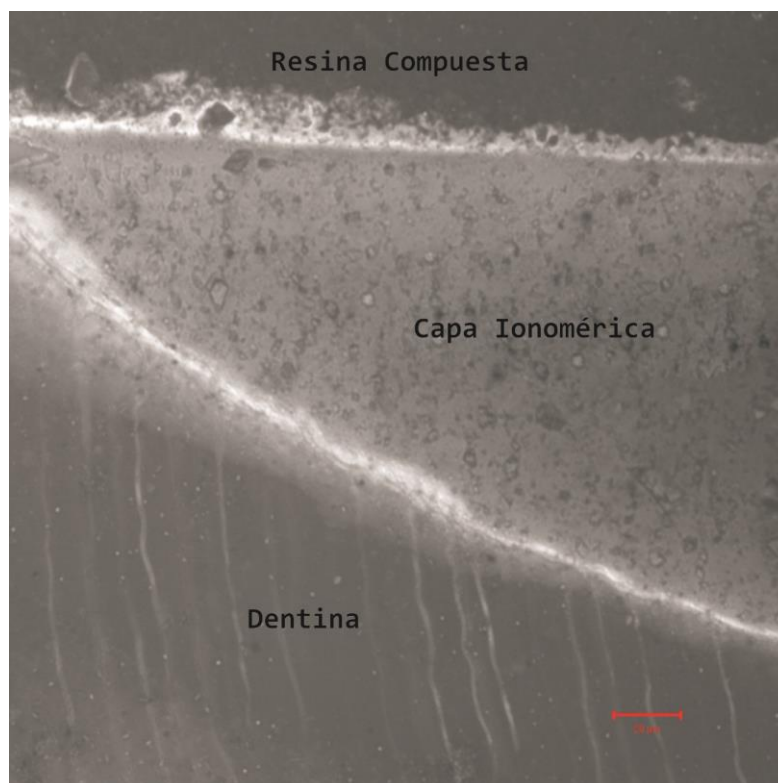
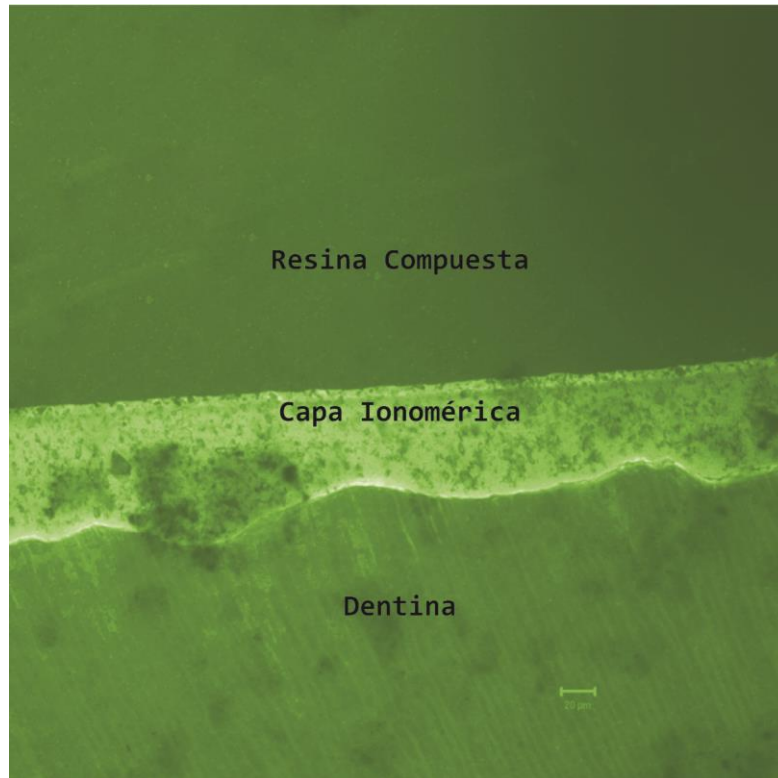
**Figuras 42 y 43:** Microfotografías que muestran el adhesivo Adper Single Bond en pared axial y ángulo axio-pulpar. Confocal Laser Scanning Microscope.



**Figuras 44 y 45:** Microfotografías observadas con Confocal Laser Scanning Microscope a nivel de pared cervical dentinaria tratada con Adper Single Bond donde se puede visualizar la penetración y sellado del adhesivo a través de resin tags de diferentes diámetros y longitudes.

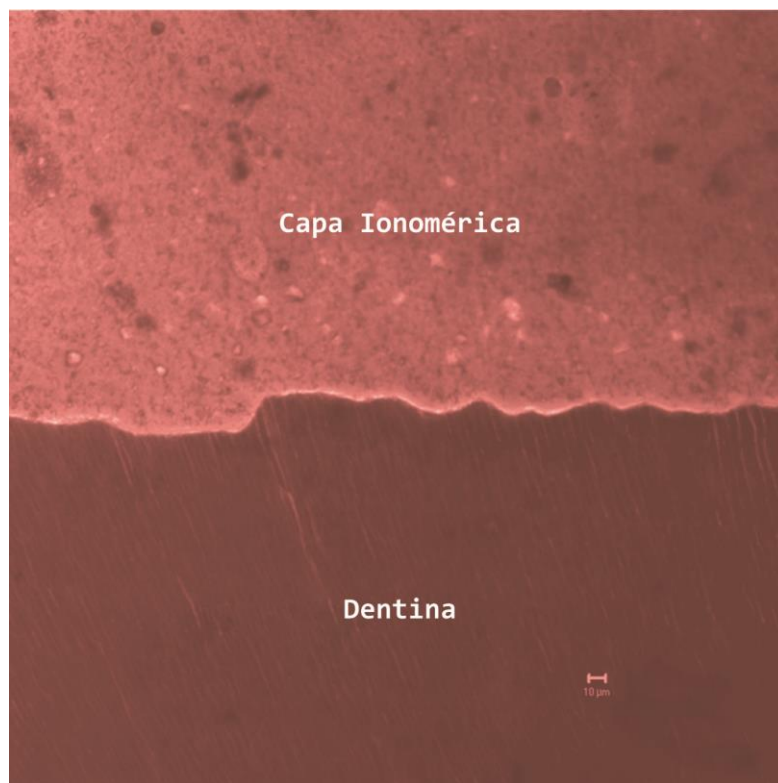
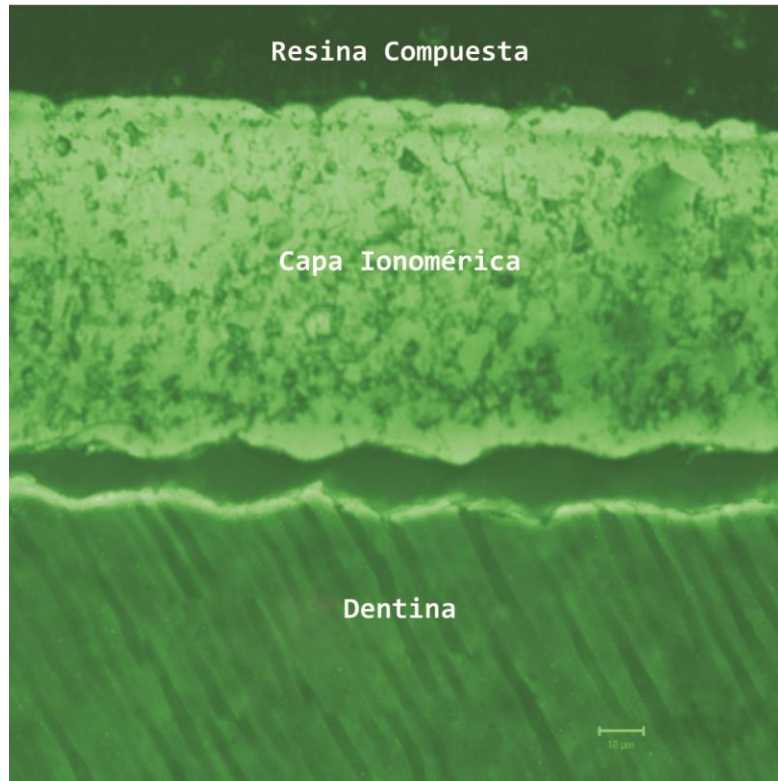


**Figuras 46 y 47:** Microfotografías de la pared cervical con aplicación de Adper Single Bond, donde se puede observar el espesor de capa formada y la penetración del adhesivo dentro de los túbulos dentinarios formando los resin tags. Confocal Laser Scanning Microscope.

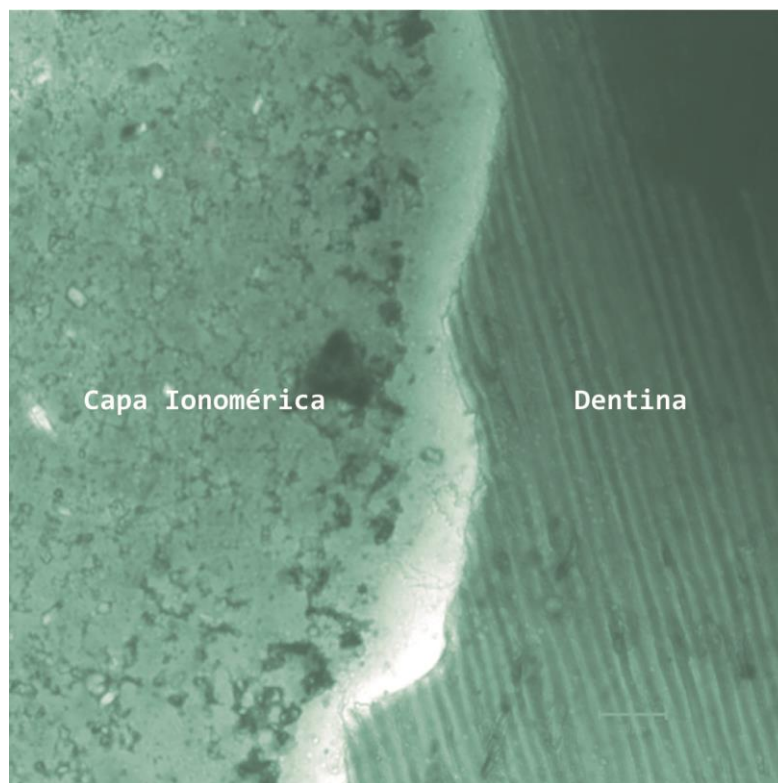
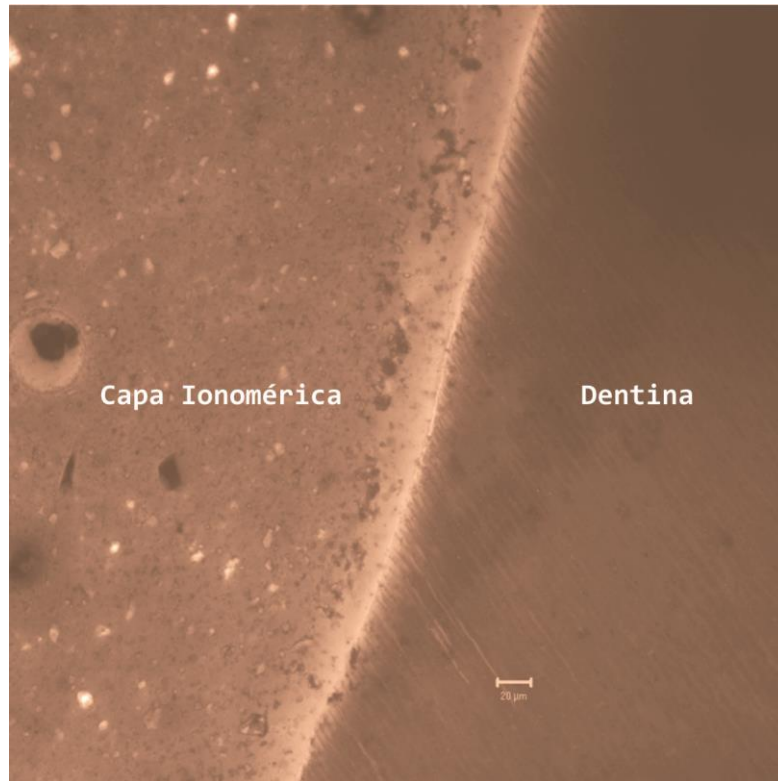


**Figuras 48 y 49:** Microfotografías a diferentes aumentos de la pared pulpar dentinaria con adhesivo ionomérico. Se visualiza la estructura cristalina característica del material, el importante espesor de capa formada y la modificación parcial del sustrato por parte del ácido poliacrílico. Confocal Laser Scanning Microscope.





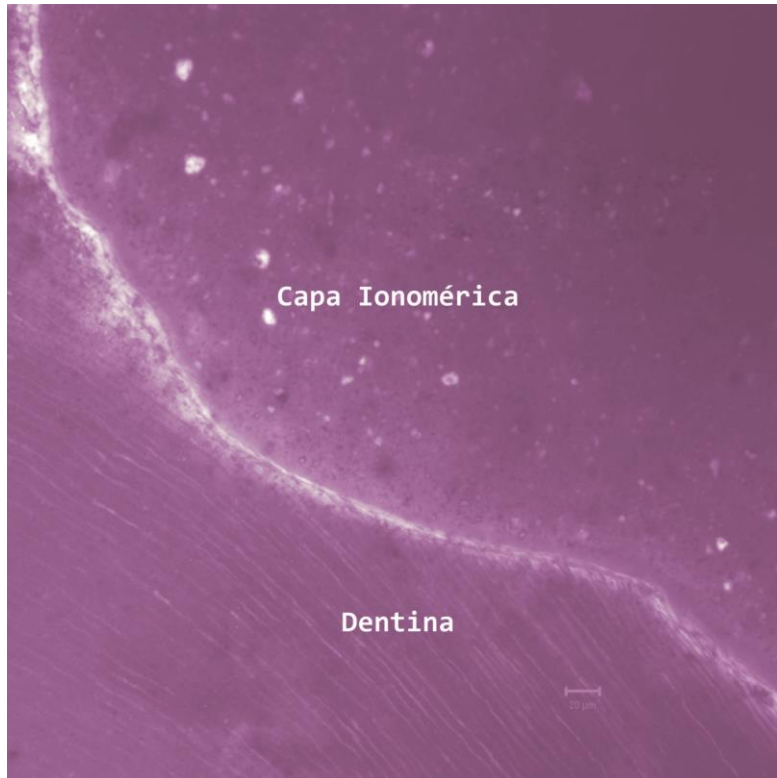
**Figuras 50 y 51:** Microfotografías con Confocal Laser Scanning Microscope de adhesivo ionomérico Fuji BOND LC sobre pared pulpar dentinaria a diferentes aumentos.



**Figuras 52 y 53:** Microfotografías de paredes axiales con aplicación de adhesivo ionomérico. Se visualiza las interfaces dentina-adhesivo formada mediante una reacción micromecánica y química.

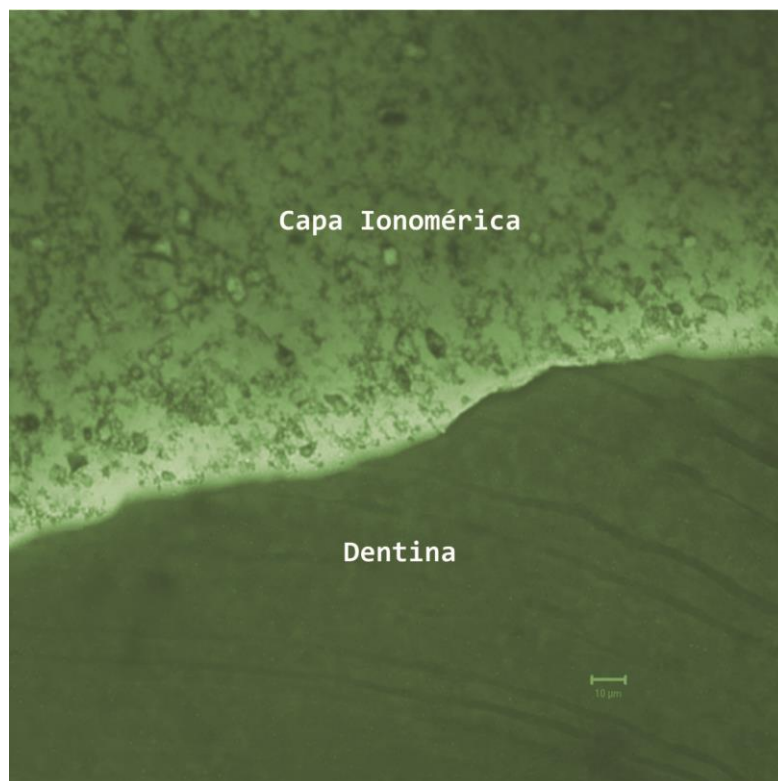
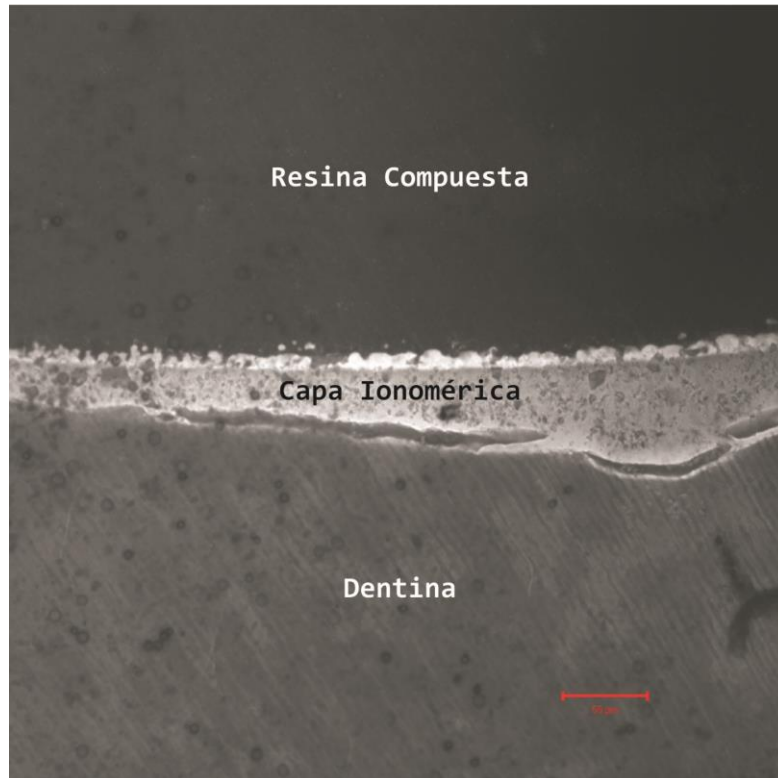


**Figuras 54 y 55:** Microfotografías de adhesivo Ionomérico Fuji BOND LC en pared axial. Nótese el importante espesor de capa y la estructura cristalina que forma el mismo. Confocal Laser Scanning Microscope.

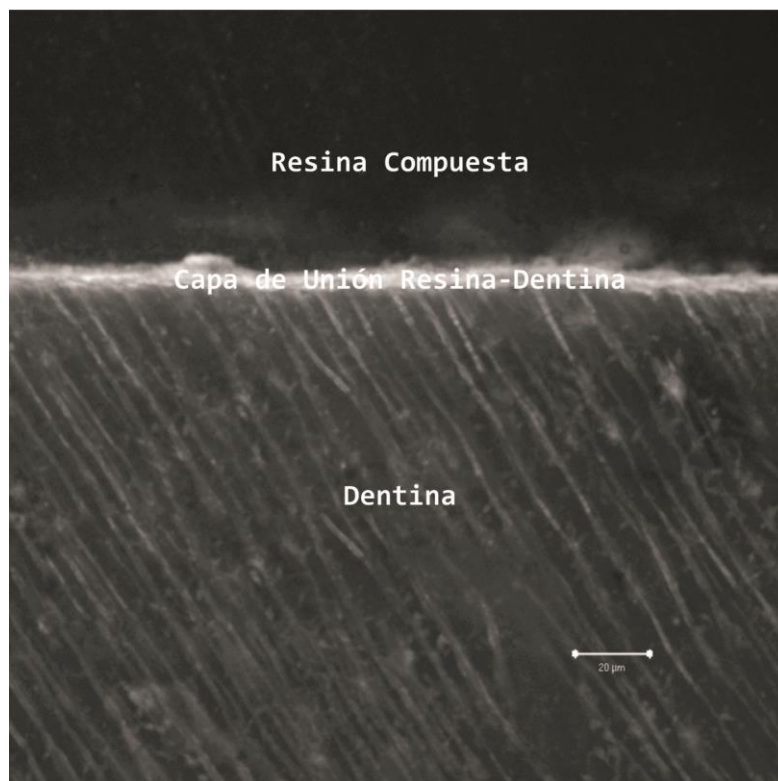


**Figuras 56 y 57:** Microfotografías de ángulos axio-cervicales con el adhesivo monomérico. Se observa un aumento localizado del espesor de capa a nivel del ángulo, relacionado con la técnica de aplicación del material. Confocal Laser Scanning Microscope.

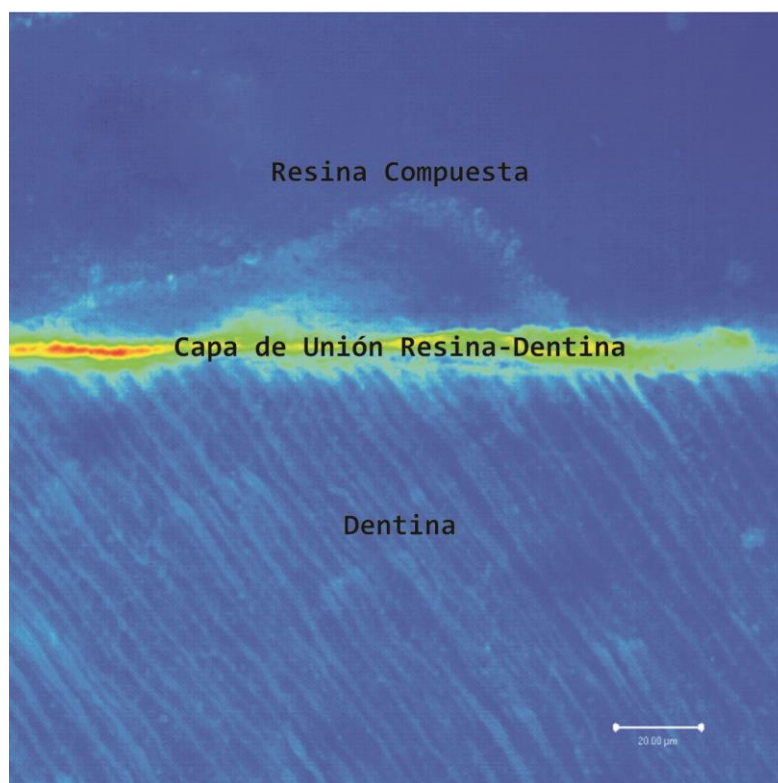
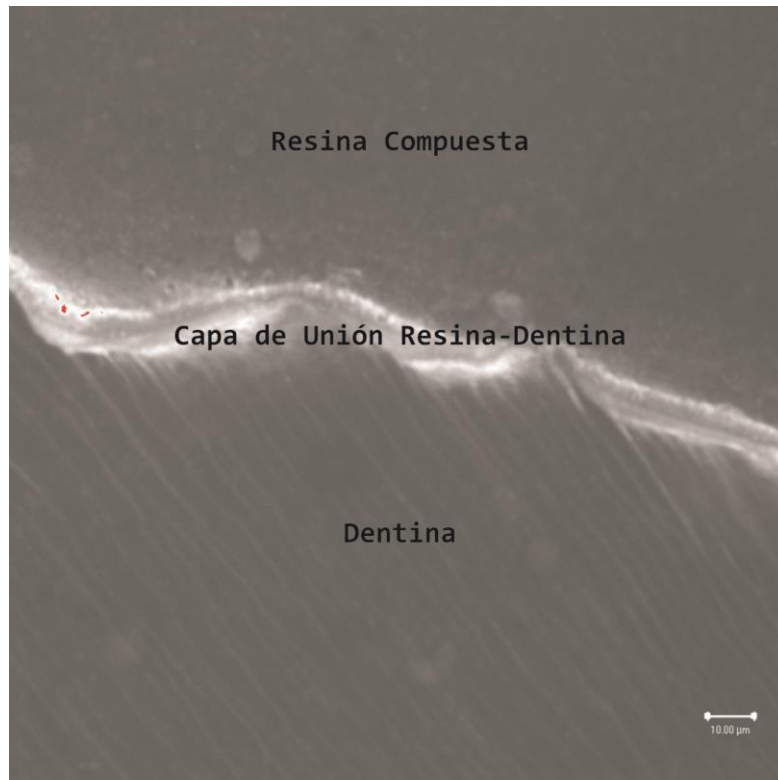




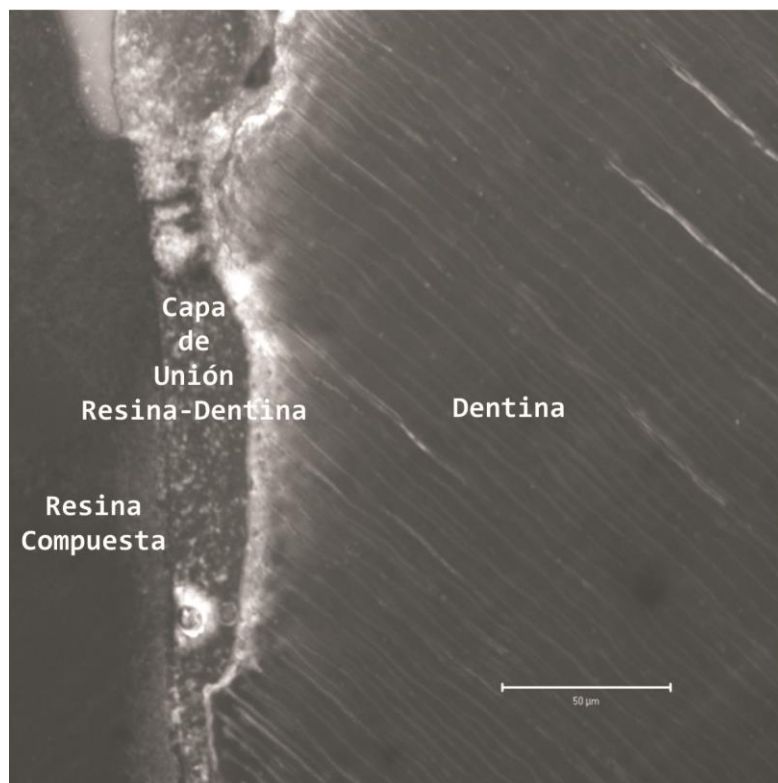
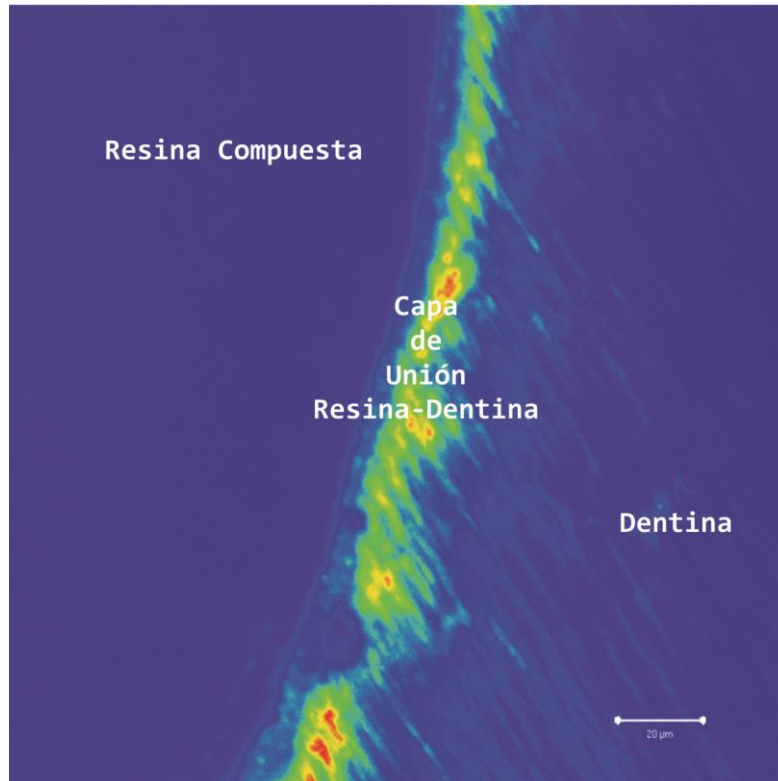
**Figuras 58 y 59:** Microfotografías de la pared cervical dentinaria con adhesivo Ionomérico Fuji BOND LC a diferentes aumentos, donde puede observarse la correcta adaptación del material al sustrato como consecuencia de la reacción química (ácido-base) y micromecánica. Confocal Laser Scanning Microscope.



**Figuras 60 y 61:** Microfotografías de pared pulpar dentinaria con adhesivo G-BONG. Se advierte una evidente disminución del espesor de capa y la obliteración de los túbulos dentinarios. Confocal Laser Scanning Microscope.

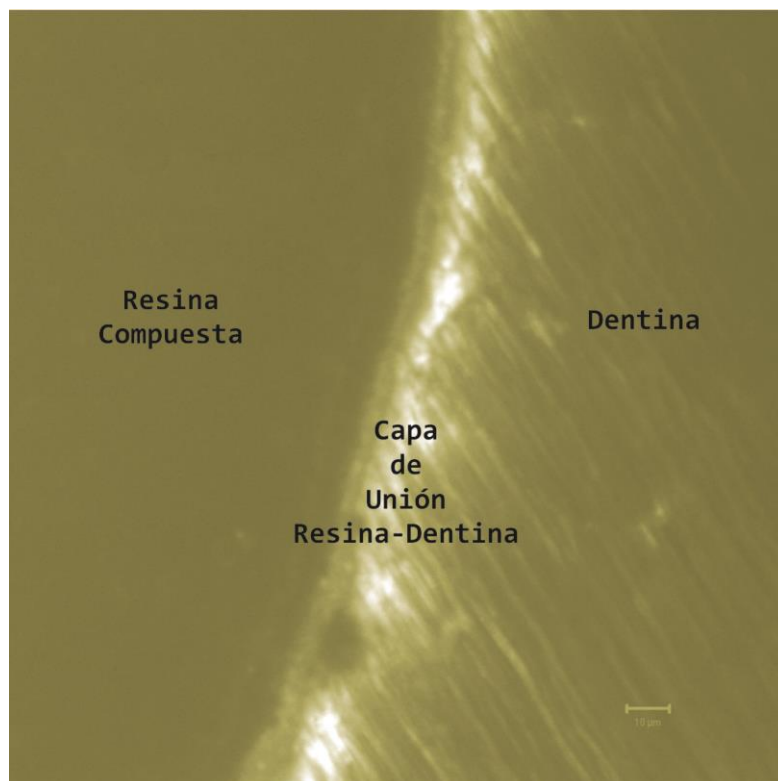
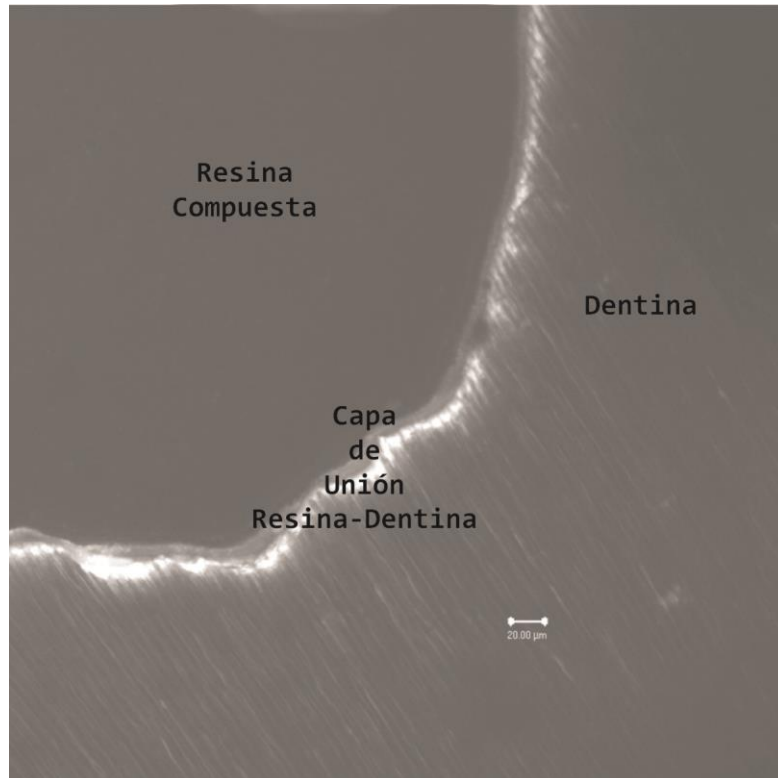


**Figuras 62 y 63:** Microfotografías, con Confocal Laser Scanning Microscope y Fotovideomicroscopio respectivamente de la pared pulpar dentinaria tras la aplicación de G-BOND, donde se observa la escasa penetración del adhesivo en el interior de los túbulos dentinarios.

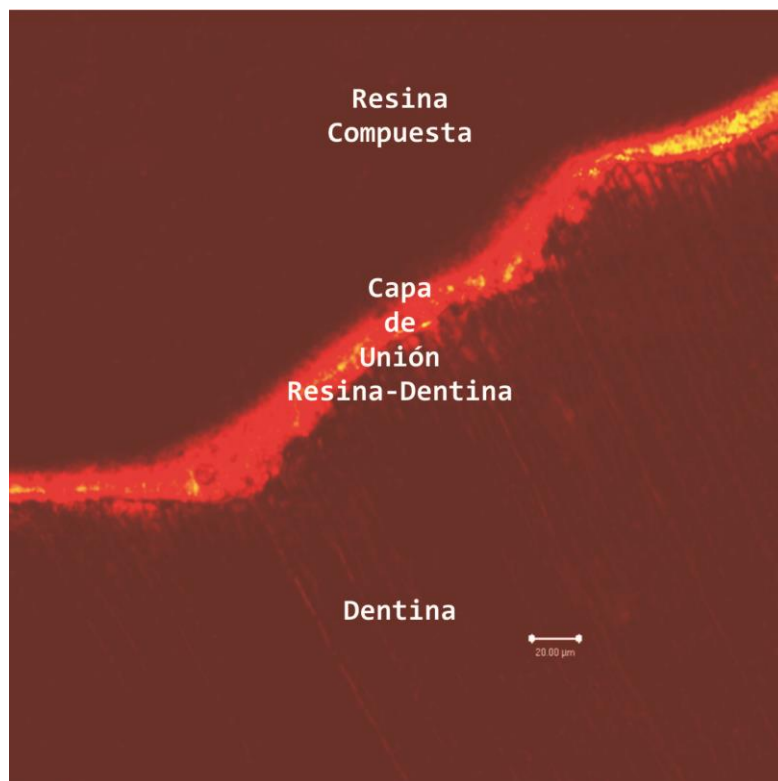
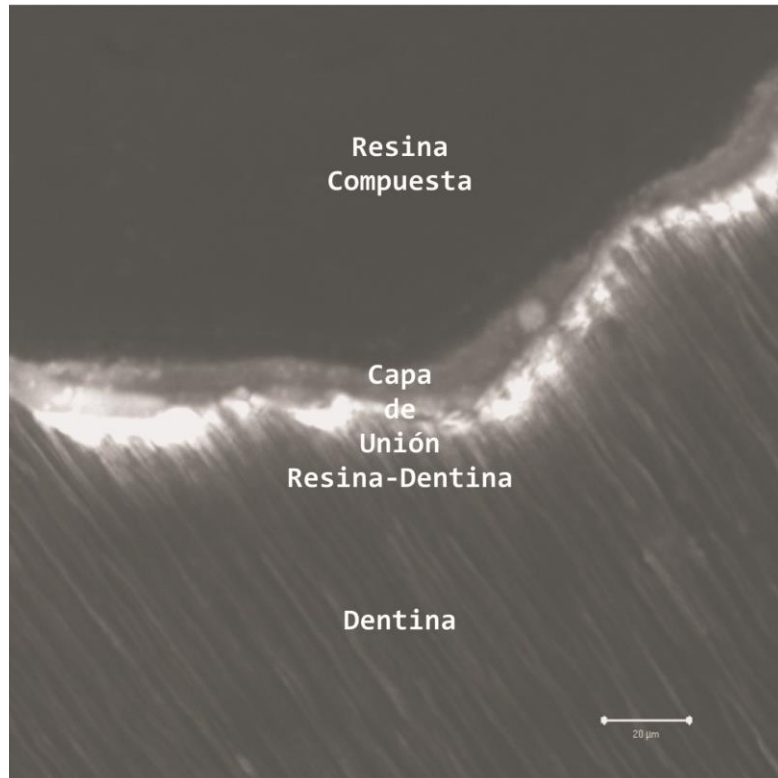


**Figuras 64 y 65:** Microfotografías con Fotovideomicroscopio y Confocal Laser Scanning Microscope de paredes axiales tratadas con G-BOND. Nótese los espesores irregulares de capa formada y el marcado poder de penetración-infiltración en el tejido dentinario.

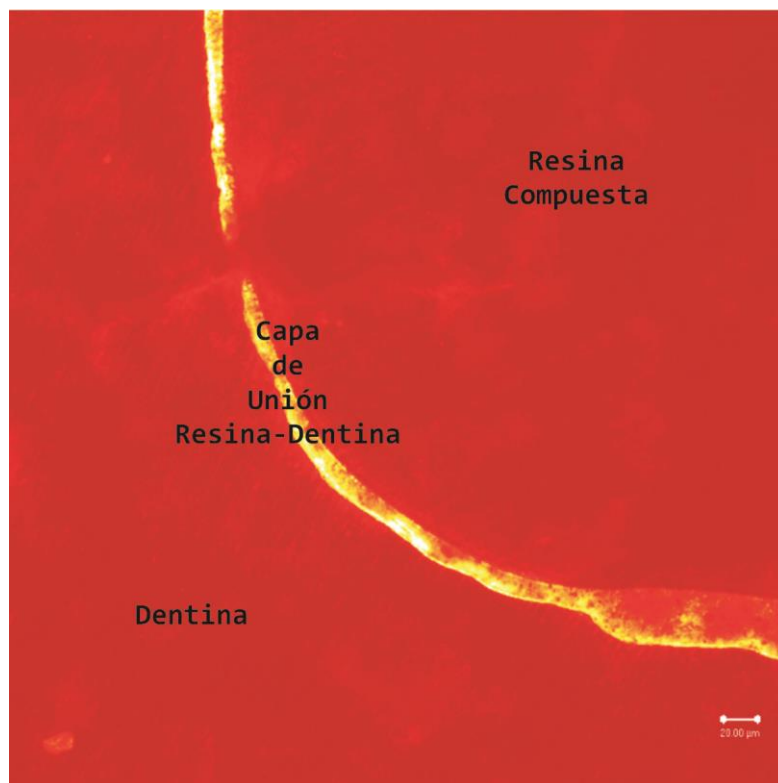
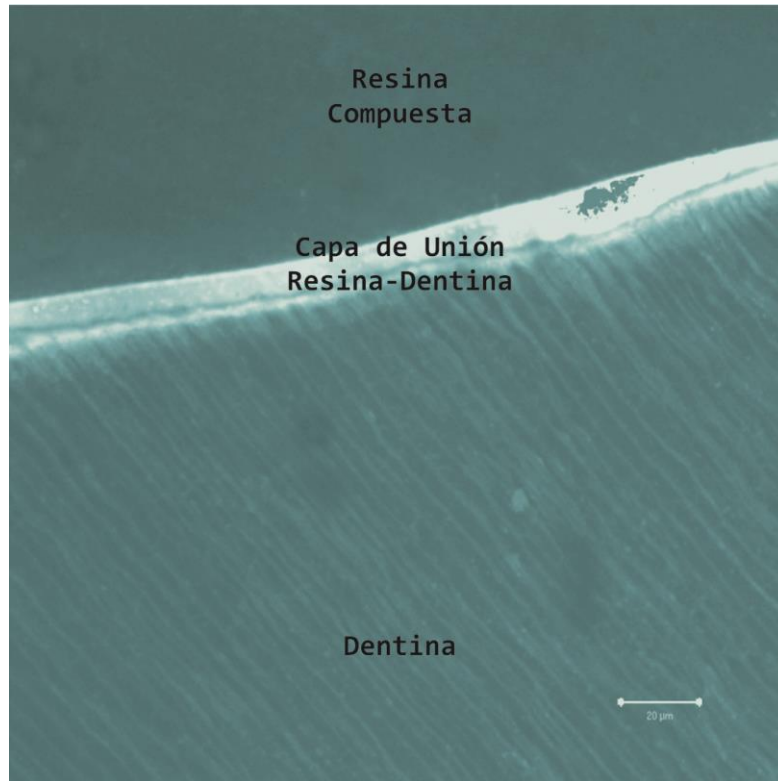




**Figuras 66 y 67:** Microfotografías del accionar de G-BOND sobre ángulo axio-cervical y pared axial que muestra la correcta y uniforme penetración del adhesivo sellando el medio interno. Confocal Laser Scanning Microscope.



**Figuras 68 y 69:** Microfotografías de las interfaces de unión a dentina mediante la aplicación de G-BOND en pared cervical. Se observa la infiltración en los túbulos dentinarios en forma uniforme y las variaciones en el espesor de capa formada. Confocal Laser Scanning Microscope.



**Figuras 70 y 71:** Microfotografías con adhesivo autoacondicionante G-BOND en pared cervical y ángulo axio-cervical. Confocal Laser Scanning Microscope.

## B) Resistencia Adhesiva al Corte

1. Se detallan a continuación los resultados obtenidos en dentina profunda y en dentina superficial para cada adhesivo empleado, estableciéndose los valores promedio, la media y la desviación estándar.

**CUADRO 4: ONE COAT BOND - DENTINA PROFUNDA**

Nº de Muestra	Fuerza (kg)	Presión (MPa)
1	3.75	11.69
2	3.625	11.307
3	5	15.590
4	2.62	8.188
5	2.875	8.968
6	2.250	7.018
7	4.750	14.810
8	3.125	9.748
9	5.750	17.936
10	4.625	14.427
PROMEDIO TOTAL: 11,9682 MPa MEDIA: 11,97 MEDIANA: 11,50 DS: 3,60		

**CUADRO 5: ONE COAT BOND - DENTINA SUPERFICIAL**

Nº de Muestra	Fuerza (kg)	Presión (MPa)
11	7.500	23.770
12	7.620	23.390
13	6.375	19.880
14	8.875	27.680
15	4.750	14.817
16	5	15.590
17	6.375	19.880
18	5.125	15.987
19	6.500	20.276
20	5.375	16.766
PROMEDIO TOTAL: 19,8036 MPa MEDIA: 19,80 MEDIANA: 19,88 DS: 4,18		

**CUADRO 6: ADPER SINGLE BOND - DENTINA PROFUNDA**

Nº de Muestra	Fuerza (kg)	Presión (MPa)
21	4,620	14,420
22	2	6,238
23	2,750	8,578
24	4,625	14,427
25	4,500	14,037
26	4,625	14,427
27	3,875	12,087
28	2,250	7,018
29	3,500	10,918
30	5,250	16,377
<b>PROMEDIO TOTAL: 11,8527 MPa</b> <b>MEDIA: 11,85</b> <b>MEDIANA: 13,06</b> <b>DS: 3,52</b>		

**CUADRO 7: ADPER SINGLE BOND - DENTINA SUPERFICIAL**

Nº de Muestra	Fuerza (kg)	Presión (MPa)
31	6,500	20,276
32	5,500	17,156
33	6	18,716
34	8,625	26,905
35	7.250	22,615
36	3,750	11,697
37	6	18,756
38	5,500	17,156
39	7	21,836
40	4,875	15,207
<b>PROMEDIO TOTAL: 18,972 MPa</b> <b>MEDIA: 18,97</b> <b>MEDIANA: 18,44</b> <b>DS: 4,22</b>		

**CUADRO 8: FUJI BOND LC - DENTINA PROFUNDA**

Nº de Muestra	Fuerza (kg)	Presión (MPa)
41	8,875	15,200
42	8,250	25,735
43	7,750	24,175
44	8	24,955
45	8,500	26,515
46	12,250	38,213
47	6,625	20,666
48	4,750	14,817
49	8,500	26,515
50	5	15,597
<b>PROMEDIO TOTAL: 23,2388 MPa</b> <b>MEDIA: 23,24</b> <b>MEDIANA: 24,57</b> <b>DS: 7,12</b>		

**CUADRO 9: FUJI BOND LC- DENTINA SUPERFICIAL**

Nº de Muestra	Fuerza (kg)	Presión (MPa)
51	7,125	22,226
52	7	21,836
53	8,875	27,685
54	7,125	22,226
55	7,250	26,615
56	7,375	23,005
57	6,750	21,056
58	7,625	23,785
59	6,375	19,886
60	6,500	20,276
<b>PROMEDIO TOTAL: 22,4596 MPa</b> <b>MEDIA: 22,46</b> <b>MEDIANA: 22,23</b> <b>DS: 2,19</b>		

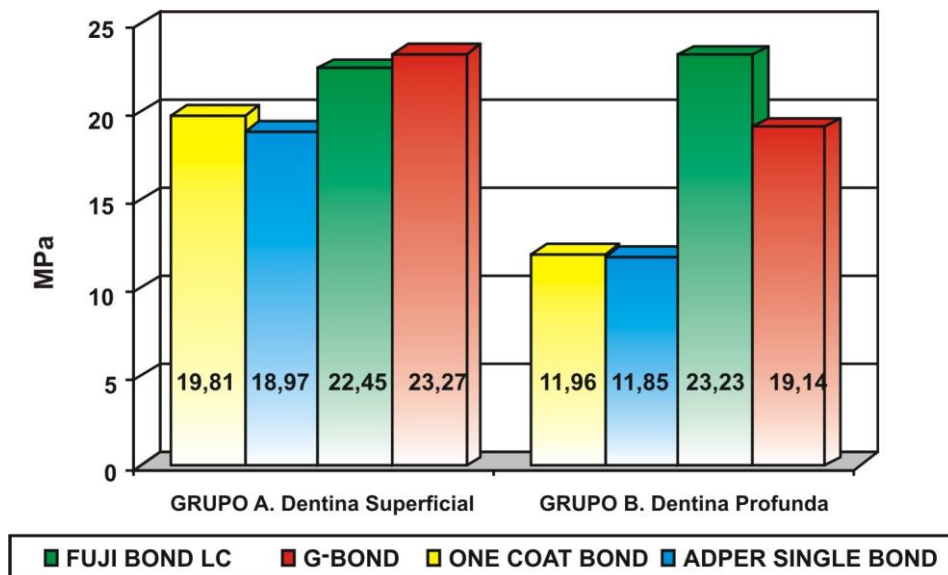
CUADRO 10: G-BOND - DENTINA PROFUNDA

Nº de Muestra	Fuerza (kg)	Presión (MPa)
61	7,250	22,615
62	6,750	21,056
63	6,375	19,886
64	5,250	16,377
65	5,500	17,156
66	7,625	23,785
67	6	18,716
68	6,625	20,666
69	5,250	16,377
70	4,750	14,817
PROMEDIO TOTAL: 19,1451 MPa MEDIA: 19,15 MEDIANA: 19,30 DS: 2,95		

CUADRO 11: G-BOND - DENTINA SUPERFICIAL

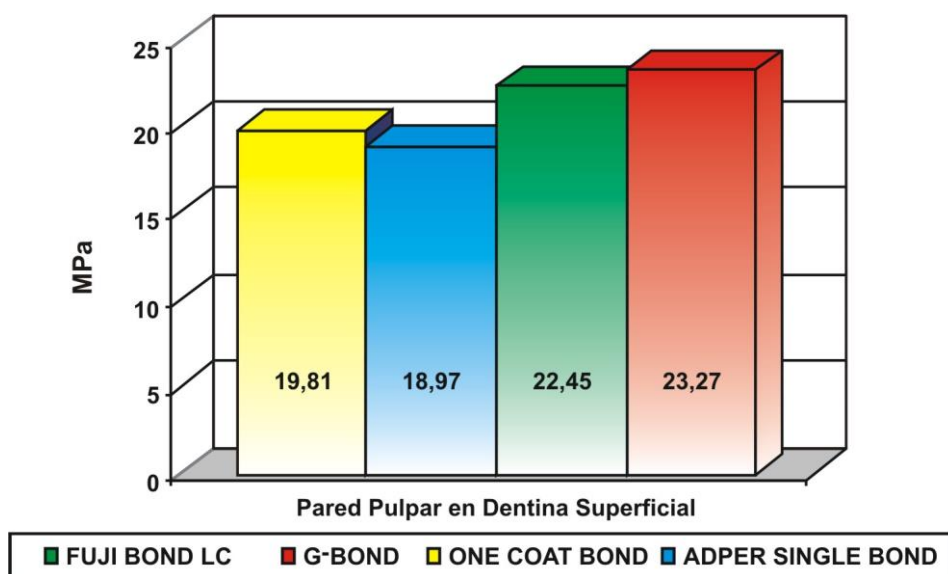
Nº de Muestra	Fuerza (kg)	Presión (MPa)
71	7,250	22,615
72	10,750	33,533
73	6,250	19,496
74	4,625	14,427
75	7,250	22,615
76	6,250	19,496
77	8,750	22,295
78	5,750	17,936
79	10,500	32,754
80	7,250	22,615
PROMEDIO TOTAL: 23,2782 MPa MEDIA: 23,28 MEDIANA: 22,62 DS: 6,22		

2. Los valores de resistencia adhesiva al corte en MPa fueron mayores en el grupo A (dentina superficial) que en el grupo B (dentina profunda) con diferencias altamente significativas ( $p < 0,0001$ ).



**Figura 72:** Valores promedio de resistencia adhesiva al corte en MPa en dentina superficial y en dentina profunda con los cuatro adhesivos probados.

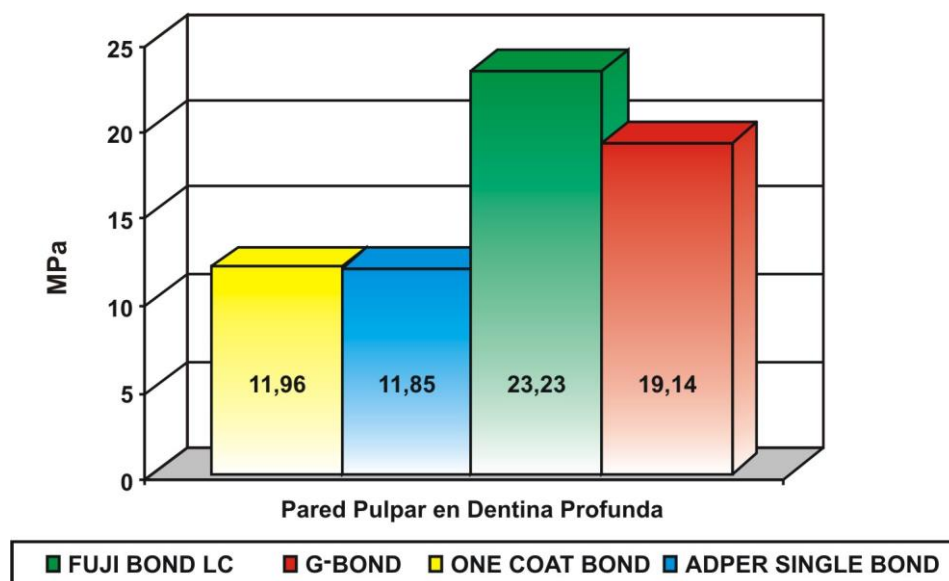
3. La resistencia adhesiva en la dentina superficial (grupo A) fue mayor cuando se empleó G-BOND, seguido de Fuji BOND LC, One Coat Bond y Adper Single Bond, sin diferencias significativas entre ellos.



**Figura 73:** Valores de resistencia adhesiva al corte en MPa en dentina superficial.



4. La resistencia adhesiva en la dentina profunda (grupo B) fue mayor cuando se empleó Fuji BOND LC, seguido de G-BOND, One Coat Bond y Adper Single Bond. Se observaron diferencias altamente significativas ( $p < 0,0001$ ) entre G-BOND y Fuji BOND LC, y entre Adper Single Bond y One Coat Bond.



**Figura 74:** Valores de resistencia adhesiva al corte en MPa en pared dentinaria profunda.

5. El análisis del ARI (Índice de Remanente Adhesivo) se realizó siguiendo los criterios de selección que a continuación se detallan:

**RESISTENCIA ADHESIVA AL CORTE: CRITERIOS DE SELECCIÓN ARI  
(ÍNDICE DE REMANENTE ADHESIVO)**

- 5:** No presenta adhesivo-resina en la dentina
- 4:** Presenta menos del 10% de adhesivo-resina residual en dentina
- 3:** Presenta mas del 10% y menos del 90% de adhesivo-resina residual en dentina
- 2:** Presenta mas del 90% de adhesivo-resina residual en dentina
- 1:** Se observa la totalidad del adhesivo-resina en dentina

El análisis del ARI permitió determinar que:

- a. En dentina superficial el 42,5% de las muestras presentó criterio 3; el 35% criterio 4; el 22,5% criterio 2, no presentando valores de ARI 1 y 5. (Cuadro 12).

Grupos	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Criterio 4	Criterio 5	Total Muestras
2	---	1	7	2	---	10
4	---	1	2	7	---	10
6	---	3	5	2	---	10
8	---	4	3	3	---	10
TOTAL	---	9	17	14	---	40
%	0	22,5	42,5	35	0	100

**Cuadro 12:** Análisis del ARI (Índice de Remanente Adhesivo) en Dentina Superficial.

- b. En dentina profunda el 45% de las muestras presentó criterio 4: el 27,5% criterio 3; el 12,5% criterio 2; y 7,5% respectivamente para ARI 1 y 5. (Cuadro 13).

Grupos	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Criterio 4	Criterio 5	Total Muestras
1	1	---	4	4	1	10
3	---	---	---	9	1	10
5	2	2	4	1	1	10
7	---	3	3	4	---	10
TOTAL	3	5	11	18	3	40
%	7,5	12,5	27,5	45	7,5	100

**Cuadro 13:** Análisis del ARI (Índice de Remanente Adhesivo) en Dentina Profunda.

## DISCUSIÓN

Las investigaciones orientadas al estudio de la adhesión se desarrollan en campos diversos que comprenden el conocimiento minucioso de los sustratos dentarios, la permanente aplicación y renovación de nuevas técnicas para el tratamiento de los mismos sumado a los avances vertiginosos y sorprendentes en las características químicas de los biomateriales adhesivos.

Tanto las pruebas de resistencia adhesiva al corte como las de resistencia microtensional, realizadas por diversos grupos de investigadores en todo el mundo, muestran una gran diversidad en los resultados obtenidos, la cual podría ser atribuible a múltiples variables, relacionadas en particular con las diferencias organizativas en cada laboratorio de trabajo, como por ejemplo, las inherentes a la calibración de la aparatología y de las técnicas empleadas en los ensayos más aquellas referidas específicamente a la confección de las muestras, tales como la geometría de las mismas, el tamaño de las superficies, la fragilidad, tipo de resinas compuestas empleadas y el factor de configuración cavitaria.

Estas muchas variables comprometidas más las relacionadas con técnicas demandantes y altamente sensibles por parte del operador hacen que sea muy difícil lograr estandarizaciones metodológicas en las pruebas de laboratorio para medir las fuerzas adhesivas.

De este modo, McDonough et al., (2002) en una investigación para medir fuerza adhesiva en las interfaces dentina-polímero plantean la dificultad de evaluar críticamente la validez de la resistencia adhesiva debido a la falta de estándares industriales para guiar las pruebas. Factores como concentración de stress en el punto de carga o la tendencia, bajo ciertas circunstancias, a las fallas o fracturas en el sustrato dentinario con cargas menores a la fuerza tensional propia de la dentina, limitan la capacidad de la prueba para discernir las diferencias reales entre los distintos adhesivos. Ellos observaron que cambiando los espesores de las muestras y las condiciones de la carga, el modo de fractura dominante puede ser cambiado entre la tensión y el corte dependiendo del radio de la fuerza tensional y la fuerza de corte. Asimismo,

sugieren que la condición de la carga es más importante para el modo de fractura; si la fuerza de adhesión fuera menor en la tensión que en el corte, el modo de fractura tensional modificaría todo intento que indujera a que la pieza fracture en el corte. En síntesis, los factores que contribuyen a la variación de los resultados en test de resistencia adhesiva al corte provienen de las diferencias en los procedimientos de esas pruebas y en las técnicas empleadas para la preparación de las muestras.

Bouillaguet et al., (2001) advirtieron que en pruebas de resistencia adhesiva al corte, los datos obtenidos en grandes superficies dentarias planas y perpendiculares al eje largo del diente pueden sobreestimar los valores adhesivos en comparación con los logrados en preparaciones cavidades complejas como una Clase 2 donde el factor de configuración cavitario es mas alto. Los resultados informados mostraron grandes variaciones entre los 60 y los 10 MPa tanto entre los distintos grupos como así también entre los valores de una misma pared en coincidencia con los valores logrados con este trabajo de tesis donde se pudieron identificar marcadas oscilaciones de los valores en especímenes del mismo grupo y de igual material. En cuanto al trabajo anterior, concluyeron que la preparación de la superficie de las muestras y el manejo del exceso de humedad podría ser más importante que el factor de configuración los cuales influenciarían en los resultados de los ensayos. Pashley et al., (1999) y Cohelo Santos et al., (2005) también identifican que la distribución de fuerzas no uniforme generada durante los ensayos crearía áreas de alta concentración de tensión causando un elevado porcentaje de fracturas cohesivas pudiendo reducir la concentración de estrés tensional al disminuir el tamaño de la superficie de las muestras.

Por otro lado, Van Meerbeek et al., (2003), documentan que trabajos de fuerza adhesiva microtensional realizados comparando adhesivos de tres pasos de grabado-lavado sobrepasaron en fuerza adhesiva a otros que se aplican con procedimientos simplificados de uno o dos pasos. No pudieron encontrar diferencias significativas en la adhesión a la dentina entre los adhesivos de dos pasos de acondicionado-lavado y los de autograbado. Los autoacondicionadores fuertes alcanzaron más efectividad de adhesión similar a la lograda con los de tres pasos. Los valores más bajos y menos favorables

fueron registrados para los adhesivos de auto grabado de un paso y a su vez se comportaron de manera similar al adhesivo Fuji BOND LC.

De los cuatro agentes adhesivos usados en este trabajo, uno de ellos es el ionomérico (Fuji BOND LC), el cual posee las mismas indicaciones que sus pares poliméricos, permitiendo además de la unión específica a esmalte y dentina y al material resinoso obturador, biocompatibilidad y la propiedad de liberar en forma prolongada iones fluoruros a las estructuras circundantes. La adhesión-adaptación de estos adhesivos posibilita la formación de una capa con la matriz del material y la superficie del sustrato hibridizado muy compacta, bien estructurada y sin solución de continuidad. Numerosas publicaciones refieren a la auto-adhesión de los cementos de ionomeros vítreos como la combinación de fenómenos de interdigitación micromecánica con las fibras colágenas e intercambio químico de iones de las estructuras mineralizadas, Van Meerbeek et al., (1998, 2001), Tay et al., (2001).

Estos comentarios refuerzan los resultados obtenidos en dentina profunda con el empleo del adhesivo ionomérico con el que se obtuvieron los mejores guarismos promediando los 23.23 MPa cuando se realizaron las pruebas de resistencia adhesiva al corte. Estos resultados fueron corroborados con la microscopía confocal en donde la mejor adhesión-adaptación fue obtenida con el empleo del adhesivo ionomérico.

Trabajos publicados sobre adhesivos ionoméricos realizados por Inoue et al., (2001,2001,2004) hacen referencia al efecto del acondicionador (ácido Poliálkenoico al 20%) previo a la aplicación del adhesivo ionomérico Fuji BOND LC en dentina media con y sin smear layer realizando resistencia adhesiva al corte. Tras las pruebas concluyeron que la adhesión micromecánica del Fuji BOND LC resultó principalmente del efecto de la desmineralización del acondicionador poliálkenoico, y que con el mecanismo de adhesión químico aparentemente fue suficiente para lograr una adecuada unión incluso con la interposición de una capa de smear layer, la cual hablaría de su buen comportamiento en dentina profunda. Sin embargo para esmalte, este fenómeno es insuficiente y definitivamente se requeriría de la aplicación de un ácido fuerte.

El mismo autor sumado a otros investigadores, retomando la línea de trabajo anterior y con las variables presencia o no de smear layer y el uso o no del acondicionador de ácido polialkenoico, no encontraron diferencias significativas. Reportaron que la mayoría de las fallas encontradas fueron mixtas, adhesivas-cohesivas. En dentina, la resistencia adhesiva al corte no fue afectada por la interposición de la capa de smear layer, lo que podría explicarse por el hecho que el adhesivo ionomérico en si mismo es suficientemente ácido lo cual le otorgaría un potencial de auto grabado adecuado para una retención miromecánica. En otro reporte, donde analizaron el efecto del espesor del remanente dentinario (profundidad cavitaria) y el uso del acondicionador en la resistencia adhesiva al corte del adhesivo ionomérico Fuji BOND LC, se observaron diferencias estadísticamente significativas para ambos factores, profundidad cavitaria y uso de acondicionador, sin embargo los valores mejoraron cuando aumentó el espesor de remanente dentinario y se aplicó el acondicionador.

Cuando se aplicó el acondicionador ocurrieron fallas adhesivas entre el adhesivo y el composite independientemente de la profundidad. Cuando no se usó acondicionador se encontraron fallas mixtas en dentina superficial y media y fallas adhesivas en dentina profunda.

Ellos atribuyen la disminución de los valores de resistencia adhesiva en la pared pulpar profunda a varios factores: a) el área disponible de dentina intertubular que disminuye cuando el diámetro y el número de túbulos dentinarios aumenta en zonas cercanas a la pulpa, b) la permeabilidad dentinaria aumenta cuando se usa un sistema adhesivo que remueva por completo la capa de smear layer ampliando la luz de los túbulos dentinarios por el empleo del acondicionamiento ácido total, c) el aumento de la presión pulpar y la humedad en dentina profunda, por la extravasación de fluidos dentinarios, d) la concentración de calcio de la dentina profunda es menor que en la dentina superficial.

En este trabajo, tras el análisis de los criterios de selección ARI (Índice de Remanente Adhesivo) pudo determinarse que tanto en dentina superficial como

profunda el tipo de falla predominante fue mixta, variando la cantidad de remanente adhesivo-resina adherido al sustrato dentario.

Cuando en el estudio microscópico del presente trabajo de tesis se empleó el adhesivo ionomérico Fuji BOND LC siguiendo las indicaciones del fabricante (cavity conditioner+adhesivo ionomérico) se obtuvieron los mayores hiatos de desadaptación en la pared pulpar, seguidos de la pared gingival y los menores en pared axial en preparaciones cavitarias próximo oclusales. En los ensayos de resistencia adhesiva al corte el Fuji BOND LC alcanzó valores altos tanto en dentina profunda como en dentina superficial tras una semana de almacenamiento de las muestras en 100% de humedad.

En este sentido, Sidhu et al., (2002) en un estudio referido a las interfaces, modos de fallas y estabilidades del adhesivo Fuji BOND LC encontraron mayor número de fallas cohesivas complejas en zonas de la matriz del ionómero donde presentaba fenómenos de absorción acuosa, sin embargo, la adhesión al smear layer no se vio afectada.

Otros de los agentes adhesivos empleados en esta investigación fueron, los adhesivos monoenvase de dos pasos con acondicionamiento ácido previo (Adper Single Bond) y el autoacondicionante (G-BOND).

El primero combina el imprimador con el adhesivo promoviendo su potencial de unión a través de los monómeros hidrófilos-hidrófugos; el segundo, es principalmente una mezcla acuosa de monómeros acídicos el cual obtiene una unión micromecánica y química simultánea y en el mismo paso clínico.

Coincidentemente con los resultados de esta tesis en la resistencia adhesiva al corte de adhesivos de dos pasos y autoacondicionantes, Toba et al., (2003) obtuvieron valores mayores en paredes de dentina superficial en comparación con la dentina profunda, siendo los autoacondicionadores los adhesivos que lograron mediciones más altas en relación a los sistemas de dos pasos. Concluyeron que la morfología y las variaciones estructurales de la dentina en sus diferentes profundidades pudieron haber influenciado los resultados en la resistencia adhesiva al corte. Estas diferencias morfológicas y ultraestructurales tales como las presentes en las dentinas secundarias o



reparativas en relación con el número de túbulos, los contenidos orgánicos de los procesos odontoblásticos y las fibras colágenas o los depósitos del contenido mineral peritubular influenciarían la penetración de los monómeros resinosos de los sistemas adhesivos en la estructura dentinaria dando como resultado una disminución de los fenómenos adhesivos.

Otro factor influyente en la adhesión a dentina es la dirección de los túbulos dentinarios en las diferentes paredes cavitarias. Ogata et al., (2001) afirman que los valores de resistencia adhesiva fueron mayores en zonas donde los túbulos eran cortados en forma paralela, paredes cavitarias laterales o de contorno, que los valores obtenidos en donde los túbulos eran seccionados en forma perpendicular, pared pulpar.

Así mismo, el tratamiento del sustrato dentinario previo a la aplicación del sistema adhesivo influenciaría los valores en la resistencia adhesiva al corte. Por ejemplo, Lutri y col., (2004) tras realizar pruebas de resistencia adhesiva al corte en pared dentinaria pulpar profunda y aplicando diferentes tratamientos del sustrato como: acondicionamiento total con ácido fosfórico al 37% durante 15 segundos, acondicionamiento total con ácido fosfórico al 37% y aplicación de hipoclorito de sodio 5.2% por 60 segundos, utilización de un primer autoacondicionante y por último el tratamiento con aplicación de hipoclorito de sodio al 5.2% por 45 segundos; concluyeron que las variaciones en el tratamiento del sustrato en la pared pulpar influenciarían en los valores obtenidos en las pruebas de resistencia adhesiva al corte.

Con la misma metodología de tratamiento del sustrato dentinario Sezin y col., (2004) realizaron resistencia adhesiva al corte en pared dentinaria lateral arribando a la conclusión de que las variaciones en el tratamiento del sustrato, cuando se midió la resistencia en paredes dentinarias laterales, no influenciarían la resistencia adhesiva al corte.

Perdigao et al., (2000) evidenciaron con microscopía electrónica la ultramorfología de la capa híbrida obtenida con diferentes tratamientos del sustrato y la posterior aplicación de un adhesivo autoacondicionante. En el grupo uno aplicaron el adhesivo siguiendo las indicaciones del fabricante, en el

grupo dos secaron el adhesivo por 30 segundos, en el grupo tres aplican ácido fosfórico al 35% por 15 segundos, en el grupo cuatro decalcifican la dentina por 2 minutos con EDTA previo al adhesivo y en el grupo cinco aplicaron un adhesivo estructurado. Determinaron que los autoacondicionadores tienen menor agresividad en dentina que el ácido fosfórico y observaron restos de cristales de hidroxiapatita retenida en el interior de la capa híbrida formada los cuales junto con el entrecruzamiento con las fibras colágenas podrían influenciar los mecanismos de adhesión.

Otros estudios donde se realizó acondicionamiento total con ácido fosfórico (Abate et al., 2001; Ceballos et al., 2003) previo a la utilización de adhesivos autoacondicionadores o adhesivos de tres pasos informan la obtención de valores de resistencia adhesiva al corte altos en dentina a pesar de la eliminación total del smear layer. Contrariamente Yazici et al., (2004) reportaron que la aplicación de ácido fosfórico en dentina sana disminuye los valores de resistencia adhesiva al corte.

Toledano et al., (2003) publicaron ensayos de resistencia adhesiva al corte en adhesivos dentinarios de tres pasos, autoacondicionadores de dos pasos y autoacondicionadores de un paso aplicados en diferentes profundidades dentinarias. Los resultados mostraron que los valores de resistencia adhesiva dependen de la constitución de agente adhesivo y del tipo y tratamiento del sustrato dentinario como así también del área de infiltración del adhesivo, el área de dentina intertubular infiltrada y el área de adhesión superficial. Los altos valores obtenidos con los adhesivos autoacondicionadores se podrían atribuir a la presencia en su composición de un monómero hidrófilo que mejoraría la humectación de la superficie dentinaria y dos grupos hidroxil que quelan iones de calcio de la matriz inorgánica de la dentina. Según este autor la resistencia adhesiva en dentina profunda es menor que en dentina superficial, si solo tenemos en cuenta el factor de humedad dentinaria que es mayor en las zonas próximas a cámara pulpar, pudiendo diluir o precipitar al adhesivo e interferir con su propia adhesión a la dentina. Coincidentemente Rosales-Leal et al., (2001) sostienen que las características químicas de los agentes adhesivos y la humedad de la dentina en relación a la profundidad influencia los resultados de las pruebas de resistencia adhesiva. En los

adhesivos autoacondicionantes el comportamiento frente a la humedad del sustrato dentinario y estabilidad estructural del mismo traería como resultado uniones adhesivas mas bajas en comparación con los adhesivos de varios pasos.

En una publicación sobre la agresividad de los adhesivos autoacondicionadores y su poder de penetración en el smear layer Tay et al., (2001) describieron que la susceptibilidad a la contaminación del adhesivo con la humedad del sustrato a través de la transudación del fluido dentinario en paredes pulpares profundas se reducía con los adhesivos autoacondicionadores si se los compara con los sistemas que utilizan técnicas de grabado total en esmalte y dentina. La eficacia de los adhesivos dentinarios actuales se vería influenciada por la infiltración de los monómeros hidrófilos de alta afinidad en la red de fibras colágenas que conforman una estructura tridimensional dentro de la dentina activada.

Quagliatto et al., (2002) estudiaron la infiltración de los autoacondicionantes y de adhesivos monofrascos en dentina superficial y media encontrando diferencia significativa en los valores de resistencia adhesiva al corte con ambas variables, siendo los valores en dentina superficial mas altos que los obtenidos en dentina media.

En relación a las dos estrategias adhesivas principales de conservar o no el smear layer, tenemos por un lado, los agentes adhesivos que se aplican directamente sobre la dentina instrumentada, para que sean efectivos deben ser lo suficientemente agresivos sobre todo para acondicionar capas de espesores considerables de smear layer. Por otro lado, la aplicación de soluciones ácidas en altas concentraciones, eliminan completamente la capa de smear layer desmineralizando la capa superficial del sustrato dentinario y la posterior difusión de los monómeros resinosos dentro de la matriz colágena sin soporte inorgánico. El mantenimiento de la integridad estructural inorgánica de los espacios interfibrilares es de suma importancia para asegurar una óptima infiltración resinosa.

Los sistemas autoacondicionadores pueden convertirse en ácidos por tres métodos que haran variar significativamente su pH y en consecuencia su grado de agresividad: 1) utilizando monómeros de resina polimerizables basados en metacrilatos que contienen ácidos carboxílico, fosfórico, sulfúrico y sus ésteres. 2) incorporando ácidos minerales u orgánicos a monómeros hidrófilos resinosos no ácidos. 3) mezclando ácidos minerales u orgánicos a monómeros hidrófilos resinosos ácidos.

En un estudio comparativo de los primeros adhesivos autoacondicionadores en salir al mercado y los adhesivos de pasos múltiples o de acondicionamiento ácido previo de Frankenberger et al., (2001) concluyeron que el grabado con ácido fosfórico antes de la aplicación del autoacondicionador aumenta la resistencia adhesiva y que los adhesivos de múltiples botellas logran valores adhesivos más altos e importantes. Bajo microscopía electrónica de transmisión evidenciaron una zona híbrida de aproximadamente 1 a 2 micrómetros de espesor cuando aplicaron adhesivos autoacondicionantes y cuando usaron adhesivos de múltiples pasos el espesor de la capa híbrida resultó en promedio de 3 a 4 micrómetros.

Los sistemas autoacondicionadores, que no requieren de la aplicación previa de un ácido fuerte, presentan una discrepancia entre la profundidad de la desmineralización y de la infiltración resinosa ya que los dos procesos ocurren de manera simultánea.

Reunir en un adhesivo dentinario todas las cualidades efectivas requeridas como humedad, acidez, capacidad de penetración o infiltración y resistencia cohesiva-adhesiva puede ser un logro difícil de alcanzar por parte de los fabricantes.

La agresividad de un adhesivo autoacondicionante depende en gran medida del valor de su pH o grado de acidez. Muchas veces a pesar de no emplear ácido fosfórico para lograr el grabado total de la dentina, técnica altamente cuestionada y discutida, la utilización de autoacondicionadores con pH altos, actuarían de manera similar a aquel método con eliminación total de smear layer.

De Munck et al., (2005) evaluaron la efectividad de nuevos adhesivos autoacondicionantes en dentina y esmalte instrumentados, determinando que basados en la morfología interfacial y el pH de los adhesivos autoacondicionadores, éstos pueden ser subdivididos en suaves, intermedios y fuertes. La efectividad temprana de la unión de estos adhesivos varía sustancialmente dependiendo de la constitución y pH de cada uno de ellos. En particular los adhesivos fuertes de un solo paso logran valores menores que los de dos pasos y éstos a su vez se comparan con los adhesivos de tres pasos donde se acondiciona el esmalte con ácido en altas concentraciones previo a la aplicación del adhesivo

Pashley et al., (2000) en un estudio ultraestructural para determinar la profundidad de desmineralización de la dentina utilizando sistemas autoacondicionadores con diferentes valores de pH, confirmaron que la profundidad de penetración en la dentina intacta depende del pH del imprimador y del tiempo en que actúa el mismo y que la formación de una auténtica capa híbrida entre el sustrato y el adhesivo sería independiente del espesor de smear layer formado sobre la superficie dentinaria.

Así mismo Olivera et al., (2002) compararon la profundidad de desmineralización intertubular en dentina media con la utilización de adhesivos autoacondicionadores de pH 1.94 y el uso de ácido fosfórico con diferentes tiempos de aplicación. La microscopía electrónica de transmisión reveló valores nanométricos sin diferencias significativas para ambas técnicas.

El pH de los adhesivos autoacondicionadores tiene una relación directa con el poder de penetración de sus monómeros resinosos acídicos en la capa mineralizada intacta de smear layer, sin embargo si esa capa es gruesa el adhesivo puede no penetrarla eficazmente. En los adhesivos autoacondicionadores los grupos funcionales polimerizables y los ácidos están en la misma molécula permitiendo de este modo que ambos penetren a la misma profundidad a medida que la dentina cubierta con smear layer se desmineraliza.

Resumiendo, los sistemas autoacondicionadores mostraron diferentes grados de agresividad en su capacidad para desmineralizar e infiltrar la dentina intacta subsuperficial. El más suave preservó la capa de smear layer y los tapones biológicos dentro de los túbulos dentinarios y los incorporó como parte del complejo hibridizado. La capa híbrida era delgada y probablemente alcanzó la profundidad límite de desmineralización necesaria para su formación. Para los autoacondicionadores moderados las capas de smear layer y los tapones biológicos fueron parcialmente disueltos, los orificios de los túbulos no se presentaban totalmente abiertos. En los más agresivos se disolvió completamente las capas y los tapones de smear layer y se formaron auténticas capas híbridas alcanzando espesores similares a las observadas con los adhesivos de tres pasos con aplicación de ácidos fuertes. La luz de los túbulos dentinarios se ampliaron al punto de identificar en forma de embudo los smear plugs. (Tay et al., 2001).

Inoue et al., (2003) realizaron un estudio con adhesivos de aplicación simplificada. El rendimiento de los adhesivos autoacondicionadores no fue parejo, los que poseen en su composición 4-META como monómero ácido (G-BOND), proveen una capacidad hidrófila que promueve la difusión entre las fibras colágenas. Los grupos carboxílicos de 4-META son capaces de formar una unión iónica con el calcio de la hidroxiapatita a nivel molecular (adhesión química adicional) asegurando de esta manera una mayor resistencia a la degradación hidrolítica del adhesivo, que explicaría los altos valores obtenidos en el presente trabajo de tesis, tanto en resistencia adhesiva al corte, donde se obtuvieron en dentina superficial promedios de 23.27 MPa cuando se empleo el adhesivo G-BOND y con en el estudio de microscopía Confocal, donde los mayores resultados de adhesión-adaptación fueron en la pared axial comparándolo con los demás adhesivos estudiados.

Investigadores como Van Meerbeek et al., (2000) y Yoshida et al., (2003) coinciden en las mejoras alcanzadas con los adhesivos que poseen 4-META en su composición, en los resultados logrados con pruebas de resistencia adhesiva al corte.

Los adhesivos poliméricos con relleno inorgánico incorporado (One Coat Bond) otorgan un espesor de película mayor que los que no lo contienen, a pesar de que la mayoría de los sistemas poseen nanopartículas, se comportan como más elásticos, con propiedades físicas y mecánicas superiores y logrando, mediante el frotado del mismo sobre la superficie del sustrato dentinario, una mejor penetración y adaptación.

Ya en 1995, Miyasaki et al., sugieren incorporar un porcentaje de carga inorgánica en la composición del adhesivo lo cual podría disminuir la humectación de la superficie dentinaria imprimada debido a la mayor viscosidad del mismo con la consiguiente formación de ángulos de contacto bajos, disminución de la penetración de los monómeros y reducción en forma considerable de los valores de adhesión, fenómeno que puede minimizarse clínicamente con la aplicación activa del adhesivo sobre el sustrato por parte del operador.

Breschi et al., (2003) relacionan la ultramorfología de la interface dentina-adhesivo y las estructuras circundantes que intervienen en el fenómeno adhesivo. Cuando visualizaron las muestras de One Coat Bond, la microscopía reveló una capa híbrida amorfa con depósito de material denso dentro de los túbulos dentinarios. La capa del adhesivo era gruesa de 5 a 8 micrómetros, en todo su trayecto y la capa híbrida tenía un espesor de 1.4 a 2.1 micrómetros. El adhesivo entrelazaba totalmente la estructura de la dentina desmineralizada logrando un límite difuso en la infiltración. El interior de los túbulos estaba revestido por estructuras globulares que se correspondían a depósitos electrónicamente densos. Se observó una completa hibridización dentinaria sin formación de brechas debido a la acción simultánea de dos monómeros hidrófilos que constituyen el 53% del adhesivo (HEMA y HPMA), completando la composición posee ácido poliacrílico modificado con metacrilato cuya acción quelante con el calcio de la dentina forma puentes de hidrógeno con los componentes dentinarios de manera similar al mecanismo que ocurre con los sistemas adhesivos que contienen ácidos polialquenoicos.

Esta reacción de quelación podría explicar los hallazgos de los depósitos densos dentro de los túbulos así como los pequeños cristales reflectantes



principalmente aglomerados entre la capa híbrida y el adhesivo. Estos hallazgos son coincidentes, en sus características de penetración dentro de los túbulos dentinarios, con los estudiados en la microscopía Confocal realizada en este trabajo.

Kar-Mun et al., (2003) comparan adhesivos de dos pasos (grabado-lavado) y autoacondicionantes, con el método de aplicación y sus influencias en los resultados de pruebas de resistencia adhesiva al corte. La aplicación activa de los agentes de unión produce valores significativamente más altos que la aplicación pasiva ya que difunden a través de un delgado espesor de smear layer, formando una capa híbrida delgada. A través del frotado los adhesivos penetran más profundamente, pudiendo corroborarse bajo microscopía electrónica, una infiltración resinosa a diferentes profundidades dentro de los túbulos dentinarios, situación corroborada en nuestro trabajo por medio de las observaciones con Confocal Laser Scanning Microscope.

Si bien la capa formada con los adhesivos ionoméricos es superior en espesor, estructura, uniformidad y continuidad que la obtenida con los agentes adhesivos poliméricos, la aplicación activa por frotado de estos últimos mejoraría la calidad de capa formada como así también la infiltración y penetración del adhesivo en el sustrato dentinario.

Sería ideal que la interdigitación entre el agente adhesivo dentinario y la dentina acondicionada pudiera lograrse totalmente. Este entrelazamiento de monómeros con fibras colágenas y algunos cristales residuales de hidroxiapatita dependería de varios factores tales como, la agresividad del ácido utilizado, las condiciones de humedad post acondicionamiento del sustrato dentinario, el tipo de adhesivo y su capacidad de difundir en la red colágena microporosa expuesta.

## CONCLUSIONES

- 1) El estudio microscópico permitió confirmar que la menor adhesión-adaptación se logro en la pared pulpar, debido a la dirección y orientación de los túbulos dentinarios, que se hallan cortados transversalmente, seguida por la pared gingival y los mayores valores se obtuvieron en la pared axial en preparaciones cavitarias próximo oclusales.
- 2) En relación con los agentes adhesivos empleados los mayores valores adhesión-adaptación se obtuvieron con el empleo del Fuji BOND LC, valores intermedios fueron alcanzados con el autoacondicionante G-BOND y el adhesivo estructurado One coat bond, en tanto que los menores promedios se registraron con el monoenvase sin relleno Adper Single Bond.
- 3) La estructura de capa formada por la impregnación del agente adhesivo a la dentina desmineralizada estuvo en relación directa con la composición del adhesivo. Así Fuji BOND LC fue el que mostró mayor uniformidad y espesor, lo cual se corresponde con su componente cristalino, seguido por One Coat Bond, que posee un componente silícico que le confiere una estructura inorgánica. Los espesores menores correspondieron al autoacondicionante G-BOND y Adper Single Bond ambos sin relleno.
- 4) Las pruebas de resistencia adhesiva al corte permitieron determinar que los valores mayores de adhesión se encontraron en dentina superficial, con diferencias estadísticamente significativas en comparación con los valores obtenidos en dentina profunda. Estos resultados se podrían explicar debido a las características del sustrato dentinario en relación con el contenido orgánico de los procesos odontoblásticos y fibras colágenas, los depósitos minerales de la dentina peritubular, la calidad de la dentina reaccional, el número y dirección de los túbulos dentinarios y la presencia de humedad.
- 5) Los valores en los ensayos de resistencia adhesiva al corte en dentina superficial fueron mayores con el uso del adhesivo autoacondicionante

G-BOND, seguido de Fuji BOND LC, One Coat Bond y Adper Single Bond.

- 6) En cuanto a la resistencia adhesiva al corte en dentina profunda valores mas altos se registraron cuando se empleó el adhesivo Fuji BOND LC, posteriormente G-BOND, One Coat Bond y Adper Single Bond.
- 7) El análisis del criterio ARI (Adhesive Remnant Index) permitió determinar que en dentina superficial prevaleció un remanente de adhesivo-resina adherido a la estructura en mayor porcentaje de casos que en dentina profunda. Las fallas tanto en dentina profunda como en dentina superficial fueron mixtas, es decir de tipo adhesivas-cohesivas.

**Bajo las condiciones del presente estudio se puede determinar que la composición química de los agentes adhesivos dentinarios, las características estructurales del sustrato dentinario y su tratamiento son variables que influyen en el tipo y espesor de capa resina-dentina formada, en la adhesión-adaptación de los agentes adhesivos a la estructura y en la resistencia adhesiva al corte.**

## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue determinar las características de capa, la adhesión-adaptación, la resistencia adhesiva al corte y el remanente adhesivo evaluando adhesivos de diferentes características y composición química. Para adhesión-adaptación se emplearon terceros molares donde se tallaron cavidades próximo oclusales, dividiéndolas en cuatro grupos de 20 cavidades: a, One Coat Bond; b, Adper Single Bond; c, Fuji BOND LC; d, G-BOND las que fueron obturadas con resina compuesta y procesadas con Confocal Laser Scanning Microscope y Fotovideomicroscopio. Para resistencia adhesiva al corte se desgastaron 80 molares, 40 para el grupo A exponiendo dentina superficial y 40 para el grupo B exponiendo dentina profunda, subdivididos en 4 subgrupos de 10 elementos según los adhesivos empleados. A cada muestra se adhirió un cilindro de resina microhíbrida, utilizando para las mediciones una máquina Instrom 1000 con velocidad de cabezal de 1mm por minuto. Los resultados fueron sometidos a análisis estadísticos determinando que: 1) La menor desadaptación correspondió a Fuji BOND LC, G-BOND, One Coat Bond y Adper Single Bond, sin diferencias significativas. 2) La desadaptación fue de menor a mayor pared axial, pared cervical, pared pulpar, con diferencias significativas entre pulpar y axial ( $p < 0.001$ ) y sin diferencias significativas entre pulpar y cervical ( $p > 0.05$ ) ni entre axial y cervical ( $p < 0.01$ ). 3) La estructura de capa del adhesivo ionomérico mostró un espesor mayor, uniforme y continuo, que los agentes resinosos. 4) Los valores de resistencia adhesiva fueron mayores en dentina superficial que en dentina profunda. 5) La resistencia adhesiva en dentina superficial fue mayor con G-BOND seguida de Fuji BOND LC, One Coat Bond y Adper Single Bond, sin diferencias significativas. 6) En dentina profunda los valores mayores fueron Fuji BOND LC seguida de G-BOND, One Coat Bond y Adper Single Bond, con diferencias significativas entre los dos primeros y los dos segundos ( $p < 0.0001$ ). 7) El análisis siguiendo los criterios del Índice de Remanente Adhesivo, ARI, fue: 0% para el criterio 1, 22.5% para el 2, 42,5% para el 3, 35% para el 4 y 0% para el 5 en dentina superficial y 7.5% para el criterio 1, 12.5% para el 2, 27,5% para el 3, 45% para el 4 y 7.5% para el 5 en dentina profunda. **Las variables: características de capa, adhesión-adaptación, resistencia adhesiva al corte y remanente adhesivo, bajo las condiciones estudiadas se verían influenciadas por la composición química de los agentes adhesivos, las características estructurales del sustrato dentinario y su tratamiento.**

## SUMMARY

The aim of this work was to determine layer characteristics, bonding-adaptation, shear bond strength and adhesive remnants by evaluating adhesive agents of various characteristics and chemical compositions. To study bonding-adaptation occluso-proximal cavities were prepared in non-carious, human third molars. The specimens were divided into 4 groups of 20 each: a, One Coat Bond; b, Adper Single Bond; c, Fuji BOND LC; and d, G-BOND. The cavities were filled with composite resin and processed with Confocal Laser Scanning Microscope. For shear bond strength 80 molars were used, 40 (group A) to expose superficial dentin and 40 (group B) to expose deep dentin. Depending on the adhesive agent used, the molars were divided into 4 subgroups of 10 specimens each. A micro-hybrid resin cylinder was bonded to each sample. Measurements were performed using an Instron 1000 with a crosshead speed of 1mm/minute. Statistical analysis of the results revealed that 1) the lowest maladaptation value corresponded to Fuji BOND LC, followed by G-BOND, One Coat Bond and Adper Single Bond, presenting no significant differences among them. 2) The axial wall showed the lowest maladaptation value, whereas the pulp wall presented the highest. There were significant differences between pulp and axial walls ( $p < 0.001$ ), but not between pulp and cervical walls ( $p > 0.05$ ), or between axial and cervical walls ( $p < 0.01$ ). 3) The layer structure of the glass-ionomer adhesive agent showed a larger, continuous, more uniform thickness than resin agents. 4) Bond strength values were higher on superficial dentin than on deep dentin. 5) G-BOND yielded the highest bond strengths on superficial dentin, followed by Fuji BOND LC, One Coat Bond and Adper Single Bond, presenting no significant differences among them. 6) On deep dentin, the highest valued were obtained with Fuji Bond LC, followed by G-BOND, One Coat Bond and Adper Single Bond, with significant differences between the first two and the second two materials ( $p < 0.0001$ ). 7) The analysis based on Adhesive Remnant Index (ARI) criteria resulted as follows: 0%, 22.5%, 42.5%, 35% and 0% for criteria 1,2,3,4 and 5 respectively on superficial dentin; 7.5%, 12.5%, 27%, 45% and 7.5% for criteria 1,2,3,4 and 5 respectively on deep dentin. **Under the conditions created in this study, the variables of layer characteristics, bonding-adaptation, shear bond strength and adhesive remnants would be influenced by the chemical compositions of the bonding agents and the structural characteristics of the dentin substrate and its treatment.**

## BIBLIOGRAFÍA

1. Abate P, Molina M, Macchi R (2001). Adhesion of composites to dental tissues with self conditioning bonding systems. *Journal of Dental Research* 80: 943 (26) Abstract
2. Bouillaguet S, Ciucchi B, Jacoby T, Wataha J, Pashley D (2001). Bonding characteristics to dentin walls of class II cavities, in vitro. *Dental Materials* 17: 316-321
3. Breschi L, Perdigao J, Lopez M, Gobbi P, Mazzotti G (2003). Morphological study of resin-dentin bonding with TEM and In-Lens FESEM. *American Journal of Dentistry* 16: 267-274
4. Ceballos L, Camejo D, Fuentes M, Osorio R, Toledano M, Carvalho R, Pashley D (2003). Microtensile bond strength of total etch self-etching adhesives to caries affected dentine. *Journal of Dentistry* 31: 469-477
5. Cehreli Z, Yazici A, Akca T, Özgünaltay G (2003). A morphological and micro-tensile bond strength evaluation of a single-bottle adhesive to caries-affected human dentine after four different caries removal techniques. *Journal of Dentistry* 31: 429-435
6. Chan K, Tay F, King N, Imazato S, Pashley D (2002). Effects of agitation of self-etching primers/adhesives on resin dentin bond strength. *Journal of Dental Research* 81: A-222 (1683) Abstract
7. Chan K, Tay F, King N, Imazato S, Pashley D (2003). Bonding of mild self-etching primers/adhesives to dentin with thick smear layers. *American Journal of Dentistry* 16: 340-346
8. Cohelo Santos M, Navarro M, Tam L, McComb D (2005). The effect of dentin adhesive and cure mode on film thickness and microtensile bond strenght to dentin in indirect restorations. *Operative Dentistry* 30-1: 50-57
9. Frankenberger R, Perdigao J, Rosa B, Lopez M (2001). "No bottle" vs "multi-bottle" dentin adhesives. A microtensile bond strength and morphological study. *Dental Materials* 17: 373-455

10. Garone W. Evolución de los sistemas adhesivos poliméricos, en Adhesión en Odontología Restauradora. Ed Henostroza G. Editorial MAIO, Brasil, 2003, pp 113-138
11. Inoue S, Van Meerbeek B, Abe Y, Lambrechts P, Vanherle G, Sano H (2001). Effect of conditioner on the micro-tensile bond strength of a glass-ionomer adhesives. Journal of Dental Research 80: 1268 (12) Abstract
12. Inoue S, Van Meerbeek B, Abe Y, Yoshida Y, Lambrechts P, Vanherle G, Sano H (2001). Effect of remaining dentin thickness and the use of conditioner on micro-tensile bond strength of glass-ionomer adhesive. Dental Materials 17: 445-455
13. Inoue S, Vargas M, Abe Y, Yoshida Y, Lambrechts P, Vanherle G, Sano H, Van Meerbeek B (2003). Microtensile bond strength of eleven contemporary adhesives to enamel. American Journal of Dentistry 16: 329-334
14. Inoue S, Abe Y, Yoshida Y, De Munck J, Sano H, Suzuki K, Lambrechts P, Van Meerbeek B (2004). Effect of conditioner on bond strength of glass-ionomer adhesive to dentin/enamel with and without smear layer interposition. Operative Dentistry 29-6: 685-692
15. Lee K, Son H, Yoshiyama M, Tay F, Carvalho R, Pashley D (2003). Sealing properties of a self-etching primer system to normal caries-affected and caries-infected dentin. American Journal of Dentistry 16: 68A-72A
16. Leinfelder KF (1992). Acid etching of dentin. Too early to recommend. Quintessence Internacional 23: 229-231
17. Lutri M, Bonafé A, Priotto E, Sezín M, Uribe Echevarría J (2001). Adaptación de sistemas resinosos en preparaciones cavitarias de clase II con interposición de distintos tipos de liners. Actas de la XXXIV Reunión Anual de la División Argentina, International Association for Dental Research: 24 Abstract
18. Lutri M, Sezín M, Lutri P, Priotto E, Uribe Echevarría J (2002). Adaptación-adhesión de agentes adhesivos dentinarios a preparaciones



- de una pared. Actas de la XXXV Reunión Anual de la División Argentina, International Association for Dental Research: 146 Abstract
19. Lutri P, Priotto E G, Sezin M, Lutri M S de, Uribe Echevarria J (2004). Adhesión a Pared Dentinaria Pulpar Profunda con Distintos Tratamientos del Sustrato. Resistencia Adhesiva al Corte. Actas de la XXXVII Reunión Anual de la División Argentina. International Association for Dental Research: 49
  20. Mc Donough W, Antonucci J, He J, Shimada Y, Chiang M, Schumacher G, Schultheisz C (2002). A micro shear test to measure bond strengths to dentin-polymer interfaces. *Biomaterials* 23: 3603-3608
  21. Miyazaki M, Ando S, Hinoura K, Osone H, Moore BK (1995). Influence of filler addition to bonding agents on shear bond strength to dentin. *Dental Materials* 11: 234-238
  22. Mount G, Hume W. *Conservación y Restauración de la Estructura Dental*. Ed. Harcourt Brace, España, 1999, pp. Totales.
  23. Munck J, Vargas M, Iracki J, Van Landuyt K, Poitevin A, Lambrechts P, Van Meerbeek B (2005). One day bonding effectiveness of new self-etch adhesive to bur-cut enamel and dentin. *Operative Dentistry* 30-1: 39-49
  24. Nakabayashi N, Kojima K, Masuhara E (1982). The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. *Journal of Biomedical Materials Research* 16: 265-273
  25. Nakabayashi N (1984). Biocompatibility and promotion of adhesion to tooth substrates. *CRC Critical Review Biocompatibility* 1: 25-52
  26. Nakabayashi N (1996). Function of hybridized dentin created in subsurface of dentin. *Dentin/pulp complex*. Quintessence Publishing Co. Inc Tokyo Japan
  27. Ogata M, Nakajima M, Pereira PN, Sano H, Tagami J (2001). Influence of the direction of the tubules on bond strength of self-etching primer bonding systems. *Operative Dentistry* 26- 1:27-35

28. Olivera S, Marshall S, Gansky S, Habelitz S (2002). Dentin demineralization with a self-etching primer. *Journal of Dental Research* 81: A-468 (3825) Abstract
29. Pashley D (1992). The effects of acid etching on the pulpodentin complex. *Operative Dentistry* 17: 229-242
30. Pashley D, Sano H, Ciucchi B, Yoshiyama M, Carvalho R (1995). Adhesion testing of dentin bonding agents: a review. *Dental Materials* 11: 117-125
31. Pashley D, Carvalho R, Sano H, Nakajima M, Yoshiyama M, Shono Y, Fernández C, Tay F (1999). The microtensile bond test: a review. *The Journal of Adhesive Dentistry* 4: 299-309
32. Pashley E, Tay F, Sano H, Carvalho R, Pashley D (2000). An ultrastructural study of bonding to dentin smear layer. *Journal of Dental Research* 79: 268 (998) Abstract
33. Perdigao J, Lopez M, Gomes G (2000). Ultramorphology of the hybrid layer-a TEM study of non calcified interfaces. *Journal of Dental Research* 79: 336 (1543) Abstract
34. Peumans M, Van Meerbeek B, Lambrechts P, Vanherle G (2003). Two-year clinical effectiveness of a resin-modified glass-ionomer adhesive. *American Journal of Dentistry* 16: 363-368
35. Priotto E, Uribe Echevarría D, Uribe Echevarría J 1995 (1995). Morphological and numerical characteristics of dentine tubules destined to adhesion. *Journal of Dental Research* 74: 734 (38) Abstract
36. Priotto E, Lutri M, Sezín M, Lutri P, Uribe Echevarría J (2002). Adaptación de adhesivos dentinarios y liners a las paredes cavitarias en preparaciones cervicales. *Actas de la XXXV Reunión Anual de la División Argentina, International Association for Dental Research*: 147 Abstract
37. Priotto E, Sezín M, Lutri M, Lutri P, Uribe Echevarría J (2003). Variaciones en el espesor de capa de adhesivos dentinarios según la técnica de evaporación del solvente. *Actas de la XXXVI Reunión Anual*

- de la División Argentina, International Association for Dental Research:  
170 Abstract
38. Quagliatto P, Porto C, Garcia-Godoy F (2002). Resin-dentin infiltrated layer and bond strength of self-etching primers vs one bottle adhesives. Journal of Dental Research 81: A-234 (1864) Abstract
  39. Rosales-Leal J, Osorio R, Holgado-Terriza J, Cabrerizo-Vílchez M, Toledano M (2001). Dentin wetting by four adhesive systems. Dental Materials 17: 526-532
  40. Schwartz R y col. Fundamentos en Odontología Operatoria. Un Logro Contemporáneo. Ed Actualidades Médico-Odontológicas Latinoamericanas, U.S.A., 1999, pp. Totales
  41. Sezin M, Lutri P, Priotto E G, Lutri M S de, Uribe Echevarria J (2004). Adhesión a las Paredes Laterales Dentinarias con Distintos Tratamientos del Sustrato. Resistencia Adhesiva al Corte. Actas de la XXXVII Reunión Anual de la División Argentina. International Association for Dental Research. 50
  42. Sidhu S, Pilecki P, Cheng P, Watson T (2002). The morphology and stability of resin-modified glass-ionomer adhesive at the dentin/resin-based composite interface. American Journal of Dentistry 15: 129-136
  43. Steenbecker O, Garone Filho W, Souza Costa C, Uribe Echevarría J, Nuñez N, Priotto G (2006). Principios y bases de los biomateriales en operatoria dental estética adhesiva. Ed. Universidad de Valparaíso-Editorial. Chile, pp 277-387
  44. Tay F, Carvalho R, Sano H, Pashley D (2000). Effects of smear layer on the bonding of a self etching primer to dentin. The Journal of Adhesive Dentistry 2: 99-116
  45. Tay F, Pashley D (2001). Aggressiveness of contemporary self-etching systems:I: Depth of penetration beyond dentin smear layers. Dental Materials 17: 296-308

46. Tay F, Sano H, Tagami J, Hashimoto M, Moulding K, Yiu C, Pashley D (2001). Ultrastructural study of a glass ionomer-based, all-in-one adhesive. *Journal of Dentistry* 29: 489-498
47. Tay F, Smales R, Ngo H, Wei S, Pashley D (2001). Effect of different conditioning protocols on adhesion of a GIC to dentin. *Journal of Adhesive Dentistry* 3 (2): 153-167
48. Toba S, Veerapavati W, Shimada Y, Nikaido T, Tagami J (2003). Micro-shear bond strengths of adhesive resins to coronal dentin versus the floor of the pulp chamber. *American Journal of Dentistry* 16: 52A-56A
49. Toledano M, Osorio R, Ceballos L, Fuentes M, Fernandez C, Tay F, Carvalho R (2003). Microtensile bond strength of several adhesives systems to different dentin depths. *American Journal of Dentistry* 16: 292-298
50. Toledano Pérez M. Cementos Dentales: Cementos de Ionómero de Vidrio e Híbridos, en: *Arte y Ciencia de los Materiales Odontológicos*. Ed. Ediciones Avances Médico Dentales S. L., Madrid, España, 2003, pp 237-251.
51. Uribe Echevarría J. Restauraciones con resinas compuestas en el sector posterior, posibilidades y limitaciones, en *Operatoria Dental, Ciencia y Práctica*. Ed. Ediciones Avances Médico Dentales S. L., España, 1990, pp 319-365
52. Uribe Echevarría J, Priotto E, Lutri M. Adhesión a esmalte y dentina con adhesivos poliméricos, en "Adhesión en Odontología Restauradora". Editor Henostroza G. Editora MAIO, Brasil, 2003, pp 71-111
53. Uribe Echevarría J, Lutri P, Sezin M, Priotto E, Lutri M (2004). Adhesión a dentina a través de distintos tratamientos del sustrato. Estudio con Confocal Laser Scanning Microscope. *Revista de la Asociación Odontológica Argentina* 92-4: 315-321
54. Van Meerbeek B, Yoshida Y, Lambrechts P, Vanherle G (1998). Mechanisms of bonding of resin-modified glass-ionomers to dentin. *Journal of Dental Research* 77 Abstract 2236 p 911

55. Van Meerbeek B, Yoshida Y, Snauwaert J, Hellemans L, Lambrechts P, Vanherle G, Wakasa K, Pashley D (1999). Hybridization effectiveness of a two-step versus a three-step smear layer removing adhesive systems examined correlatively by TEM and AFM. *The Journal of Adhesive Dentistry* 1: 7-23
56. Van Meerbeek B, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Abe Y, Fukuda R, Okazaki M, Lambrechts P, Vanherle G (2000). Bonding mechanism and micro-tensile bond strength of a 4-META-based self-etching adhesive. *Journal of Dental Research* 79 Abstract 845 p 249
57. Van Meerbeek B, Yoshida Y, Inoue S, Fukuda R, Okazaki M, Lambrechts P, Vanherle G (2001). Interfacial characterization of resin-modified glass-ionomers to dentin. *Journal of Dental Research* 80 Abstract 1701 p 739
58. Van Meerbeek B, De Munck J, Mattar D, Van Landuyt K, Lambrechts P (2003). Microtensile bond strengths of an etch&rinse and self-etch adhesive to enamel and dentin as a function of surface treatment. *Operative Dentistry* 28-5: 647-660
59. Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P, Van Landuyt K, Lambrechts P, Vanherle G (2003). Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Operative Dentistry* 28-3: 215-235
60. Yazici A, Akca T, Ozgunaltay G, Dayangac B (2004). Bond strengths of a self-etching adhesive system to caries-affected dentin. *Operative Dentistry* 29-2: 176-181
61. Yoshida Y, Nagakane K, Fukuda R, Nakayama Y, Okazaki M, Shintani H, Inoue S, Tagawa Y, Suzuki K, De Munck J, Van Meerbeek B (2004). Comparative study on adhesive performance of functional monomers. *Journal of Dental Research* 83-6: 454-458
62. Yoshioka M, Yoshioka Y, Inoue S, Lambrechts P, Vanherle G, Nomura Y, Okazaki M, Shintani H, Van Meerbeek B (2002). Adhesion/decalcification mechanisms of acid interactions with human hard tissues. *Journal of Biomedical Materials Research* 59-1: 56-62

63. Yoshikawa T, Sano H, Burrow MF, Tagami J, Pashley DH (1999). Effects of dentin depth and cavity configuration on bond strength. *Journal of Dental Research* 78: 898-905

