



Universidad
Nacional
de Córdoba



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

ESCUELA DE POSGRADO

**“ESTUDIO *IN VITRO* SOBRE LA INFLUENCIA DEL
TRATAMIENTO ACONDICIONADOR DE SUPERFICIE EN LA
RESISTENCIA ADHESIVA DE DOS SISTEMAS ADHESIVOS
DIFERENTES. ESTUDIO CON MICROTENSILE”**

TESISTA:

OD. LUIS MARCELO ZAYA

DIRECTOR:

PROF. DR. RICARDO JUAN CABRAL

CÓRDOBA, 2019



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 Posgrado
Carrera de Doctorado**

Trabajo de tesis para optar al título de Doctor en Odontología

**“Estudio *In vitro* sobre la influencia del
tratamiento acondicionador de superficie en
la resistencia adhesiva de dos sistemas
adhesivos diferentes.**

Estudio con microtensile”

Tesista: Od. Luis Marcelo Zaya

Director: Prof. Dr. Ricardo Juan Cabral

2019

COMISIÓN DE TESIS

Prof. Dra. Mirta Spadiliero de Lutri

Prof. Dra. Silvia Urreta

Prof. Dr. Ricardo Juan Cabral

JURADO DE TESIS

Prof. Dra. Mirta Spadiliero de Lutri

Prof. Dra. Silvia Urreta

Prof. Dra. Liliana Zeman

DEDICATORIA

A Eugenia, mi compañera de vida, profesión y madre de mis hijos.

A Nicolás, Mauricio, Candela e Ignacio, quienes son la razón de mi vida.

A mamá Ana María, que me transmitió su amor por la Odontología y la docencia.

A papá Miguel, por su ejemplo de bondad, humildad y generosidad.

AGRADECIMIENTOS

A mi Director de Tesis Doctoral, Prof. Dr. Ricardo Cabral, colega, compañero y amigo de la vida por su generosidad, guía, colaboración y estímulo permanente para llevar adelante el presente trabajo.

A la Comisión de Tesis Doctoral, Prof. Dra. Mirta Spadiliero de Lutri y Prof. Dra. Silvia Urreta, las cuales con sus sugerencias, asesoramiento, consejos y enseñanzas permitieron enaltecer el presente trabajo. A la evaluadora externa, Prof. Dra. Liliana Zeman, por su pronta respuesta y aprobación.

A mis compañeros y amigos de la Cátedra de Materiales Dentales, por su apoyo permanente, consejos y colaboración.

Al Prof. Dr. Julio Cabral, por sus generosas enseñanzas.

A la Facultad de Odontología de la UNC, a la Escuela de Postgrado de la Facultad de Odontología de la UNC y a sus autoridades.

A Liliana Dajruch y Sofía Arach, por su paciencia y apoyo.

Al Ing. Luis Croharé del Área de Biología Odontológica (ABO), por los trabajos estadísticos, pruebas de ensayo y desinteresada colaboración en la edición de fotografías para dotar de calidad este trabajo.

Certificado Comité Académico de Investigaciones en Salud (CAIS)

Facultad de Odontología - UNC

 UNC	
COMITÉ ACADÉMICO DE INVESTIGACIONES EN SALUD (CAIS) FACULTAD DE ODONTOLOGIA. UNC	
Título del Proyecto N° CAIS 8 T	Evaluación in vitro de la influencia del tratamiento acondicionador de superficie en la resistencia adhesiva de los sistemas adhesivos diferentes. Estudio con microtensile.
Autor responsable	Proyecto ODO N° 8 T Luis Marcelo ZAYA
Director responsable	Ricardo CABRAL
Trabajo Patrocinado	APROBADO
Firma Coordinador (o en su reemplazo quien corresponda) 	Lugar y Fecha Córdoba, 10 de marzo de 2016
	

ÍNDICE

Abreviaturas	7
Resumen.....	8
Abstract	10
Introducción y marco teórico	13
- Factores	13
- Adhesión	14
- Mecanismos de adhesión	14
- Adhesión a dentina.....	15
- Barro dentinario	17
- Clasificación de adhesivos.....	18
- Ensayo de microtensión	20
Hipótesis	22
Objetivos.....	22
Materiales y métodos	24
Resultados	43
Discusión	55
Conclusiones.....	64
Referencias bibliográficas.....	66
Anexos	75

ABREVIATURAS

F	Flúor
Cu	Cobre
Fe	Hierro
Zn	Cinc
Mg	Magnesio
UAD	Unión Amelo Dentinaria
nm	nanómetro
mm	milímetro
µm	micrómetro
N	newton
Kgf	Kilogramo-fuerza
MPa	Mega Pascal
ABO	Área de Biología Odontológica
OMS	Organización Mundial de la Salud
mw	milivatio
cm ²	centímetro cuadrado
ASB	Adper Single Bond
SB	Single Bond
SBU	Single Bond Universal
RC	Resina Compuesta
D	Dentina
pH	Medida de acidez o alcalinidad
MMP	Metaloproteinasas de matriz

RESUMEN

OBJETIVOS: El propósito de este trabajo fue determinar mediante ensayos de microtensile, la influencia de distintos tratamientos previos de la dentina humana, en la capacidad de adhesión de dos sistemas diferentes de adhesivos, uno autoacondicionante (Single Bond Universal, 3M-ESPE) y otro con grabado independiente (Adper Single Bond 2, 3M-ESPE).

MATERIALES Y MÉTODOS: Se utilizaron 120 terceros molares sanos y de reciente extracción, en los cuales se realizaron cortes del tercio radicular y desgaste de la cara oclusal a 1 mm por sobre la unión amelo dentinaria. Se eliminaron restos pulpares camerales y se obturó la cámara pulpar con Resina Compuesta híbrida Z100 (3M-ESPE). Las muestras fueron divididas al azar en 12 grupos de 10 elementos cada uno. Cada grupo recibió un tratamiento dentinario previo, según protocolo preestablecido. G1: Hipoclorito de Sodio al 5,25%; G2: EDTA al 17%; G3: Peróxido de Hidrógeno al 3%; G4: Ácido Fosfórico al 37%; G5: Ácido Fosfórico al 37% + Hipoclorito de Sodio al 5,25%; G6: sin tratamiento previo. Luego cada grupo se dividió en dos y a una mitad se les colocó el adhesivo Adper Single Bond 2 (3M-ESPE) ASB, generando los subgrupos A y a la mitad restante se les colocó el adhesivo Single Bond Universal (3M-ESPE) SBU, generando los subgrupos B, en ambos casos siguiendo las normas del fabricante. Sobre la superficie así tratada, con dispositivo *ad-hoc*, se confeccionó un bloque cúbico de Resina Compuesta Z100 (3M-ESPE) de 9 mm de cada lado por 6 mm de altura el que fue fotopolimerizado en tres incrementos. Las muestras se cortaron en máquina Isomet, obteniendo bastones de corte rectangular de dentina y Resina Compuesta (D-RC) de 12 mm de largo y 2,5 mm aproximadamente de lado. Los bastones se fijaron a dispositivos para microtensile telescópicos ranurados para ser testeados en la máquina de ensayos universal Digimess MX-5000, se realizaron los test de microtensile hasta la separación de los especímenes a una velocidad de desplazamiento traccional de 0,5 mm por minuto. Los valores registrados fueron tabulados y analizados estadísticamente, con test de ANOVA, estableciendo diferencias significativas mediante prueba de Tukey para $p < 0,05$.

RESULTADOS: Los grupos que alcanzaron los valores más altos de resistencia adhesiva fueron G4-B, G4-A y G6-B, con 16(4) MPa, 12(4) MPa y 12(4) MPa respectivamente; el grupo de menor resistencia adhesiva fue el G5-A con 8(3) MPa.

CONCLUSIONES: El tratamiento previo dentinario con el ácido fosfórico al 37% (H₃PO₄) permite lograr los valores más altos de resistencia traccional adhesiva en la interface D-RC en los dos sistemas adhesivos utilizados, con valores más altos en SBU. El adhesivo autoacondicionante SBU incrementa los valores de resistencia de las muestras, comparativamente con el sistema ASB.

La aplicación de SBU sin tratamiento previo dentinario generó valores más altos de resistencia que los obtenidos con tratamiento previo dentinario con NaClO al 5,25%, EDTA al 17% y H₂O₂ al 3%.

Palabras claves: Sistemas adhesivos, Adper Single Bond 2, Single Bond Universal, microtensile, Resistencia adhesiva.

ABSTRACT

AIM: The aim of this research was to determine by means of microtensile test the influence on bonding capacity of different surface pre-treatments on human dentin, using two adhesive systems: one, self-conditioned (Single Bond Universal, 3M-ESPE) and another two-steps, with acid conditioning separated from the bonding agent (Adper Single Bond 2, 3M-ESPE).

MATERIALS AND METHODS: Slices of 120 sound freshly-extracted third molars were used after grinding their occlusal surfaces down to 1mm above the dentin-enamel junction and cutting their cervical third, separating the radicular portion of the crown and their roots from the rest of the tooth. Remaining pulp tissue was removed and all pulp chambers were sealed with a hybrid resin composite (Z100, 3M-ESPE). Tooth samples were randomly divided into 12 groups of 10 samples each, receiving preliminary dentin surface treatment according to different protocols: G1- 5.25% NaClO; G2- 17% EDTA; G3- 3% O₂H₂; G4- 37% Phosphoric Acid; G5- 37% Phosphoric Acid + 5.25% NaClO and G6- without pre-treatment. After this step, each group was equally divided in two sub-groups, which received adhesive systems according to manufacturer's instructions: A: Adper Single Bond 2 - ASB (3M-ESPE) and B: Single Bond Universal - SBU (3M-ESPE).

Over the treated surfaces a bulk of resin composite Z100 (3M-ESPE) 9x9x6 mm was bonded and photopolymerized in three increments. Rectangular sample rods of dentin-resin composite (D-RC) were cut using an Isomet machine, obtaining sections of 12x2.5x2.5 mm. These rods were fixed to a device to be tested using a universal testing machine Digimess MX-5000, where microtensile test was performed at a tractional crosshead speed of 0.5 mm/min until the rod broke apart. Outcome values were recorded and analyzed with ANOVA test, using Tukey *post-hoc* test for statistical differences among groups ($p < 0.05$).

RESULTS: Highest bond strength values were obtained in groups G4-B, G4-A and G6-B with 16(4) MPa, 12(4) MPa y 12(4) MPa respectively whereas the lowest values were found in G5-A with 8(3) MPa.

CONCLUSIONS: Preliminary treatment of the dentin using 37% H₃PO₄ (phosphoric acid) enhances the bonding strength onto the interfaces D-RC for the two adhesive systems that were used, being higher with SBU. Higher bond strength values were recorded using this self-adhesive system (SBU) without preliminary treatment of the dentin compared to those samples that received a preliminary treatment of 5.25% NaClO, 17% EDTA and 3% H₂O₂.

Key words: Adhesive systems, Adper Single Bond 2, Single Bond Universal, microtensile, Bond strength.

- **INTRODUCCIÓN**
- **MARCO TEÓRICO**



FO
Facultad de
Odontología

Estudio *in vitro* sobre la influencia del tratamiento acondicionador de superficie en la resistencia adhesiva de dos sistemas adhesivos diferentes. Estudio con microtensile.

INTRODUCCIÓN Y MARCO TEÓRICO

Los seres humanos a lo largo de sus vidas pueden verse afectados por enfermedades de variada etiología. La Odontología es la ciencia que se ocupa de las enfermedades que afectan al sistema estomatognático, compuesto por estructuras dentarias, óseas y tejidos blandos.

La caries dental es la que mayor prevalencia presenta, es crónica, infecciosa, bacteriana y multifactorial.

Factores Cariogénicos

- **Huésped Susceptible:** Entran en consideración la anatomía de la pieza dentaria, arcadas, saliva y genética del individuo.
- **Sustrato Cariogénico:** Se refiere al factor relacionado con la dieta, fundamentalmente a cantidad y calidad de Hidratos de Carbono.
- **Factor Microbiano:** Relacionado con la microflora bucal que coloniza la superficie dentaria y que recibe el nombre de Placa Bacteriana, definida por la OMS como "Una entidad bacteriana proliferante, enzimáticamente activa, que se adhiere fundamentalmente a la superficie dentaria y que, por su actividad bioquímica metabólica, ha sido propuesta como el agente etiológico principal en el desarrollo de caries y periodonciopatías". Destacan en la placa bacteriana una gran cantidad de estreptococos, actinomicetes y lactobacilos.
- **Factor Tiempo:** Si las condiciones favorables se mantienen en el tiempo, favorecen el desarrollo de esta patología.

La caries dental afecta en un principio a las estructuras duras del diente, tanto esmalte como dentina y cemento, rompiendo el equilibrio desmineralización-remineralización. El avance de la lesión trae aparejada la pérdida de tejidos (esmalte, o esmalte y dentina, o esmalte, dentina y cemento), debiéndose proceder a la remoción de los tejidos dañados y su posterior reemplazo por materiales que se asemejen a las características del tejido eliminado de esta manera.

Desde el inicio de la Odontología Restauradora, los elementos dentarios afectados por caries dental, han sido sometidos a tratamientos para su eliminación, generando cavidades. Éstas, eran rellenadas con materiales de obturación, que devolvían la

integridad funcional y anatómica al elemento dentario; desde el siglo XVIII, esas cavidades se obturaron con oro, plata, posteriormente con amalgama e incrustaciones coladas, utilizándolas en sector posterior, ya que no eran estéticos para sector anterior. Éstos materiales se retenían dentro de las cavidades por la fricción o mediante retenciones accesorias socavadas en la estructura dentaria de los mismos con las paredes cavitarias y por lo general formaban óxidos que sellaban la interface. En la década del 50' comenzaron a aparecer materiales de color semejante al diente, como los cementos de silicato y resinas acrílicas, pero al no ser de naturaleza metálica, presentaban problemas de microfiliación. Para contrarrestar este problema se comienza a pensar en adherir los materiales a los tejidos dentarios e integrarlos a la estructura del diente en forma íntima dando como resultado una verdadera unidad anátomo-funcional con el diente (Buonocore, 1955). Es así como surgieron los biomateriales dentales, que pretenden reemplazar las superficies dentarias afectadas, manteniendo sus características, sin embargo, para ello deben cumplir una serie de requisitos tanto mecánicos, como físicos, biológicos, estéticos, etc.

Adhesión

La palabra adhesión proviene del latín y se desglosa de *ad* y *haerere* que significa “unir a”.

Las superficies a unir se denominan adherentes, el espacio virtual que hay entre ellas se denomina interfaz y el adhesivo es el que hace posible la unión de estas superficies. Es indispensable para obtener una buena adhesión que exista humectancia y un íntimo contacto entre las superficies a unir (Burke y col., 1995). El fenómeno de adhesión se define como el estado en el que dos superficies se mantienen unidas mediante fuerzas o energías interfaciales basadas en mecanismos químicos, mecánicos o ambos, con la mediación de un adhesivo (ISO/TS 11405:2003).

Mecanismos de adhesión

1. Mecánico: La superficie del adherente presenta irregularidades en las que el adhesivo penetra y solidifica. Cuando las irregularidades son apreciables a simple vista se denomina adhesión macromecánica y si son microscópicas se llama micromecánica.

2. Químico: Se producen interacciones atómicas e intermoleculares que resultan en enlaces químicos entre el adhesivo y el adherente, que pueden ser primarios (iónicos y covalentes) y secundarios (fuerzas de Van der Waals, puentes de hidrógeno, dipolos) (Macchi, 2007).

Los mecanismos de adhesión químico y mecánico pueden coexistir y presentarse en forma simultánea.

Existen diversos factores físicos que influyen en la adhesión:

- Un adhesivo debe tener *alta humectancia*, de baja viscosidad (por lo general tienen solventes como alcohol, acetona o agua) para cubrir y penetrar en la superficie del sustrato. Esta humectancia se mide por el ángulo de contacto que se forma entre la línea tangente que pasa por la superficie de una gota sobre la superficie plana. Un bajo ángulo de contacto determina un buen poder de mojado.
- Un sustrato, debe poseer *alta energía superficial*, que es la manifestación en superficie de las fuerzas de cohesión de dicho cuerpo. Además, tiene que estar en condiciones óptimas para que el adhesivo lo cubra, como por ejemplo estar limpio, desengrasado, en lo posible liso y seco.

Básicamente, el proceso para lograr adhesión a los tejidos dentarios sigue tres pasos fundamentales:

1. Acondicionamiento del sustrato: Es el procedimiento que modifica la morfología y/o estructura química de la superficie del adherente.

2. Imprimación del adherente: Aplicación de una sustancia química previa sobre el sustrato para hacer más receptivo al adhesivo.

3. Aplicación del adhesivo: Íntimo contacto del adhesivo con la superficie del sustrato. En Odontología Adhesiva participan tres elementos en el proceso adhesivo: el tejido dentario (esmalte y/o dentina), el adhesivo y el material de restauración, generando dos interfaces: diente-adhesivo y adhesivo-material de restauración.

Adhesión a dentina

En Odontología Restauradora, la dentina coronaria sirve como sustrato adherente. Histológicamente, los odontoblastos que la forman se diferencian a partir de células ectomesenquimáticas de la papila del germen dentario (Gómez y Campos, 2001).

La dentina coronaria está constituida mayoritariamente por:

70% de materia inorgánica (hidroxiapatita)

18% de materia orgánica (fibras colágenas)

12% de agua

La materia inorgánica está constituida principalmente por cristales de hidroxiapatita, (formados por miles de unidades moleculares de forma laminar) y, en menor cuantía, por carbonatos, fosfatos cálcicos y oligoelementos como F, Cu, Fe, Zn y Mg. (Davis, 1988; Gómez y Campos, 2001).

El componente orgánico presenta mayoritariamente fibras colágenas tipo I, fosfolípidos y diferentes proteínas (osteonectina, osteopontina, fosforina dentinaria, fosfolípidos, albúmina y proteoglicanos) (Davis, 1986; Gómez y Campos, 2001).

En el tejido dentinario podemos distinguir cinco unidades estructurales diferentes: los *odontoblastos*, los *túbulos dentinarios*, el *espacio periodontoblástico*, la *dentina peritubular* y la *dentina intertubular* (Mjor y Fejerskov, 1989).

Los odontoblastos son células especializadas que tapizan la pared de la cámara pulpar y poseen prolongaciones (proceso odontoblástico) situados dentro de los túbulos dentinarios. Éstos se forman durante la dentinogénesis conservando su estructura en la dentina madura.

A la altura de la cámara pulpar los túbulos presentan más densidad que en la unión amelodentinaria (UAD). El diámetro de la luz tubular difiere según sea su localización: próxima a la pulpa es de 2 a 3 micras y en la UAD es de 0,5 a 0,9 micras. (Pashley, 1995; Gómez y Campos, 2001; Pashley, 2001).

En el interior de los túbulos se encuentra el fluido dentinario, cuyo movimiento genera una presión hidrostática de 25 a 30 mm/Hg que puede interferir en la adhesión (Brännström y col., 1968; Arends y col., 1995; Roberson y col., 2006).

La dentina peritubular forma la pared de los túbulos dentinarios y presenta un grosor que varía entre 400 nm y 750 nm, mientras que la dentina intertubular se localiza entre los túbulos dentinarios, está menos calcificada, la mitad de su volumen está formado por una matriz orgánica cuyo componente principal son las fibras colágenas, que se encuentran dispuestas al azar alrededor de los túbulos.

Estas fibras son predominantemente de tipo I y mínima cantidad de tipo V, tienen la función de servir de matriz para los cristales de apatita (Gómez y Campos, 2001).

La dentina es un tejido que debido a su compleja histología y morfología complica la aplicación de los diferentes sistemas adhesivos, ya que las resinas hidrófugas usadas para obturaciones, no adhieren a sustratos hidrófilos (Bowen, 1984; Roberson y col., 2006).

Barro Dentinario

Para obtener adhesión a la dentina es necesario realizar procedimientos para remover la fase mineral y el barro dentinario para permitir el infiltrado de los monómeros del agente adhesivo de la dentina intertubular (Gaston y col., 2001).

El barro dentinario o *smear layer* es el resultado de las maniobras de corte del tejido dentinario y está compuesto por tejido orgánico e inorgánico, fibras colágenas, proteínas coaguladas, células sanguíneas y ocasionalmente microorganismos (Sen y col., 1995; Osorio y col., 2008). Está formado por dos estratos:

- **Estrato superficial o pseudo *smear layer*** de 5 μm de espesor, cuyos componentes son fácilmente eliminables cuando se efectúa el lavado o *toilette* de la cavidad o con agua presurizada.

- **Segundo estrato o *smear layer* verdadero**, que tiene aproximadamente 2 μm de espesor y se halla fuertemente adherido a la dentina y su eliminación sólo es viable a través del empleo de ácidos con bajo pH y coeficiente osmótico.

El tratamiento de esta capa es fundamental para lograr la unión de los diferentes sistemas adhesivos; éstos pueden actuar por **desmineralización y eliminación**, o por **modificación** con conservación de la fase mineral o por desproteneización parcial.

1. Eliminación del *smear layer*:

Se logra mediante la utilización de soluciones ácidas que, por su efecto quelante, destruyen la hidroxiapatita generando una zona de dentina desmineralizada, rica en fibras colágenas y agua. Esta zona desmineralizada, será luego infiltrada por el adhesivo hidrófilo, generando una zona de dentina desmineralizada infiltrada con resina denominada “capa híbrida” (Nakabayashi, 1991; Kanka, 1992).

2. Modificación del *smear layer*:

a) Por medio de los adhesivos auto acondicionadores, que en su composición poseen *primers* acídicos y monómeros hidrófilos que impriman el colágeno dentinario, dando origen a la capa de reacción-integración (Tay y col., 2001; Hashimoto M, 2008; Aguilera y col., 2012).

b) Por medio del empleo de hipoclorito de sodio al 5,25% por el cual se logra una capa intermedia por oxidación-desproteneización (Lahmouzi y col., 2012; Saraceni y col., 2013). Se elimina parcialmente el contenido glicoproteico de colágeno, glicosaminoglicanos y proteoglicanos, mientras se conserva la fase mineral.

La activación y desmineralización de la dentina mediante los procedimientos citados anteriormente generan conceptos encontrados y polémicos que encaminan la Odontología Restauradora a nuevos desafíos de estudio y desarrollo de diversas técnicas para el tratamiento del sustrato dentario (Carvalho y col., 2000; Aguilar-Mendoza y col., 2008; Perdigão y col., 2008; Sezin, 2008; Di Hipólito y col., 2012; Imbery y col., 2012; Mazzitelli y col., 2012).

Clasificación de adhesivos

Según Garone (2003), los adhesivos dentinarios se pueden clasificar de acuerdo a:

- a) Metodología de aplicación
- b) Solvente que contengan
- c) Composición inorgánica
- d) Acondicionamiento ácido
- e) Componentes 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) Solvente que contengan:

- Sin solvente
- Con agua
- Con acetona
- Con alcohol

El solvente tiene como función disolver los monómeros hidrófilos del *primer* y favorecer su penetración en la dentina desmineralizada. Éstos se comportan de manera diferente, el alcohol es menos susceptible a la variación de humedad de la dentina a diferencia de la acetona que promueve la deshidratación y no difunde adecuadamente

los monómeros. Los que poseen agua, promueven la rehidratación de la dentina, pero es más difícil de evaporar que los otros solventes.

c) Composición inorgánica:

- Sin relleno
- Con relleno {
 - Microparticulados
 - Nanoparticulados

El relleno les confiere a los adhesivos mayor espesor de película y disminución de la contracción de polimerización, mejorando sus propiedades mecánicas.

d) Acondicionamiento ácido:

- Con acondicionamiento previo, presentando tres componentes básicos: el ácido, el *primer* y el *bonding*, que se aplican en etapas diferentes.
- Con autoacondicionantes:
 - o **Fuertes**, no necesitan acondicionamiento previo con ácido, ya que poseen un pH de 1 o menor, que producen en esmalte y dentina una desmineralización similar al método de acondicionamiento total.
 - o **Moderados o leves**, tienen un pH de 2, desmineralizando la dentina a una profundidad de un micrómetro, conservando la hidroxiapatita residual adherida al colágeno.

Es importante destacar que la tendencia de los procedimientos de aplicación simplificada no garantizaría una mejor efectividad de adhesión en relación con la técnica de múltiples pasos (Sezin, 2008; Mair, 2010; Benetti y col., 2011). Ésta es muy susceptible al tipo de dentina sobre la que se esté trabajando, ya que la edad de la misma y el grado de esclerosis inciden en forma desfavorable sobre la capacidad de acondicionamiento e infiltración del adhesivo autoacondicionante y, en consecuencia, en la efectividad de la adhesión.

La capacidad de un adhesivo para actuar sobre la dentina depende de varios factores, entre ellos el tratamiento previo que recibirá el tejido dentinario (Taschner y col., 2010). Al eliminar el *smear layer*, o bien modificarlo, se facilita la penetración del adhesivo en la intimidad del tejido, dando lugar a lo que se conoce como capa híbrida o interdifusión que resulta en el fenómeno de microrretención mecánica (Pisani-Proença y col., 2011;

Ravishanker y col., 2012). En este sentido existen actualmente en el comercio numerosos sistemas adhesivos, unos promueven la conservación y modificación del *smear layer* y otros se inclinan por su eliminación.

Los sistemas adhesivos autoacondicionantes actuales presentan la dificultad de no tener una acción uniforme (Monticelli y col., 2008), ya que ésta depende en gran medida del grado de esclerosis de la dentina o del tipo de dentina sobre la que actúa (dentina joven o adulta). Al respecto, algunos trabajos de investigación puntualizan la necesidad de un tratamiento previo de la dentina, en especial si ésta presenta un grado de esclerosis elevada (Ritter y col., 2008; Cabral y col., 2009). Esto va en contra de la filosofía de este tipo de adhesivos, cuya razón de ser se basa en la eliminación de los pasos de acondicionamiento previo, lavado y secado.

Los test realizados para la evaluación de los sistemas adhesivos se basan generalmente en la aplicación de fuerzas para romper la adhesión entre el sustrato y el material restaurador, simulando de esta manera las condiciones que se presentan en la cavidad bucal. Existen autores que consideran que la evaluación de adhesivos en el laboratorio es importante para obtener un análisis previo al desarrollo de un estudio clínico, mucho más costoso y dispendioso en términos de tiempo, ya que un sistema adhesivo que no se muestre promisorio en los estudios de laboratorio, difícilmente tendrá un buen desempeño en el medio bucal. La metodología experimental comúnmente utilizada para este tipo de evaluaciones son los ensayos de microtensile (Casucci y col., 2011; Manimaran, 2011; Han y col., 2012; Silva y col., 2012).

Ensayo de Microtensión

La técnica de microtensión o microtensile para evaluar la resistencia adhesiva introducida por Sano y col. (1994), es una técnica que presenta múltiples ventajas, ya que con ella se pueden medir fuerzas de adhesión en áreas muy pequeñas y en diferentes sectores y es capaz de obtener de una sola pieza múltiples especímenes (Pimentel y col., 2002; Albaladejo-Martínez, 2006). Es un test de resistencia traccional (*tensile*) que resulta útil para probar los materiales que fallan en tracción de tensiones en valores comprendidos entre 18MPa y 20MPa o menores. Permite la observación y evaluación de la superficie de fractura, determinando su carácter, si es en el propio adhesivo o implica a la dentina o *composite* (cohesiva). Se realizan en una máquina de ensayo universal y se determina el valor de la tensión tensil máxima y la de fractura.

- **HIPÓTESIS**
- **OBJETIVOS**



FO
Facultad de
Odontología

Estudio *in vitro* sobre la influencia del tratamiento acondicionador de superficie en la resistencia adhesiva de dos sistemas adhesivos diferentes. Estudio con microtensile.

HIPÓTESIS

Es necesario el acondicionamiento previo del sustrato dentinario para lograr buenos valores de adhesión, cuando se emplean adhesivos autoacondicionantes.

OBJETIVO GENERAL

El propósito de este trabajo, es determinar mediante ensayos de microtensile, la influencia de distintos tratamientos previos de la dentina humana sobre la capacidad de adhesión de dos sistemas diferentes de adhesivos, uno autoacondicionante y otro con grabado independiente.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Establecer si existen diferencias significativas en cuanto a capacidad de adhesión de un sistema autoacondicionante con uno de grabado independiente.
- 2) Determinar la necesidad o no de acondicionamiento previo de la dentina con diferentes sustancias, cuando se utiliza un adhesivo autoacondicionante y uno de grabado independiente.
- 3) Proponer la necesidad o no de un protocolo válido para la utilización de un adhesivo autoacondicionante y uno de grabado independiente.

▪ MATERIALES Y MÉTODOS



FO
Facultad de
Odontología

Estudio *in vitro* sobre la influencia del tratamiento acondicionador de superficie en la resistencia adhesiva de dos sistemas adhesivos diferentes. Estudio con microtensile.

MATERIALES Y MÉTODOS

Criterios de inclusión

Se tomaron terceros molares sanos extraídos por razones ortodóncicas o quirúrgicas, libres de caries o sarro, provenientes del Área Cirugía de la Facultad y aportados de consultorios particulares. Se eliminó mediante raspaje con cureta cualquier resto de tejido gingival adherido a los elementos.

El rango etario de la población de la muestra comprendió individuos femeninos y masculinos entre 19 y 30 años.

Criterios de exclusión

Se descartaron aquellos elementos que presentaron defectos de amelogénesis imperfecta, caries oclusales y roturas o defectos provocados por los procedimientos quirúrgicos de la extracción.

En el presente trabajo, se utilizaron 120 terceros molares humanos los cuales fueron divididos al azar en doce grupos de diez dientes cada uno (**Fig. 1**).



Fig. 1. Selección de elementos.

Se preparó cada grupo de diez elementos con el siguiente protocolo de trabajo para obtener las muestras con un procedimiento similar, salvo la fase de preparación final, de acuerdo al subgrupo que le correspondía.

Inicialmente se fijaron los elementos por su cara oclusal, con cianoacrilato a vástagos roscados para poder ser colocados en la máquina de corte (**Fig. 2**).



Fig. 2. Fijación de los elementos.

Se realizó el corte de la porción radicular de cada elemento en una máquina de microcorte Isomet Buehler (Fig. 3) a baja velocidad y con lubricación, para no alterar las muestras (Fig. 4 y Fig. 5).



Fig. 3. Isomet Buehler.

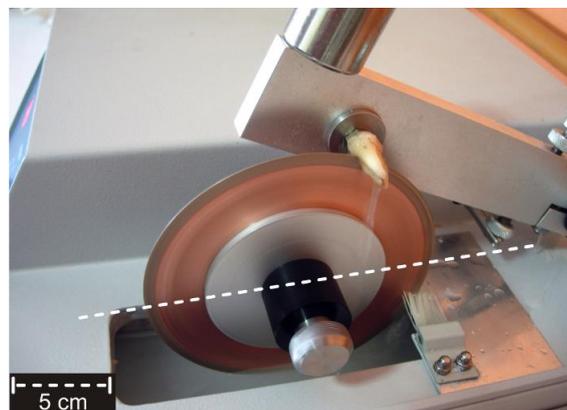


Fig. 4. Corte de porción radicular.

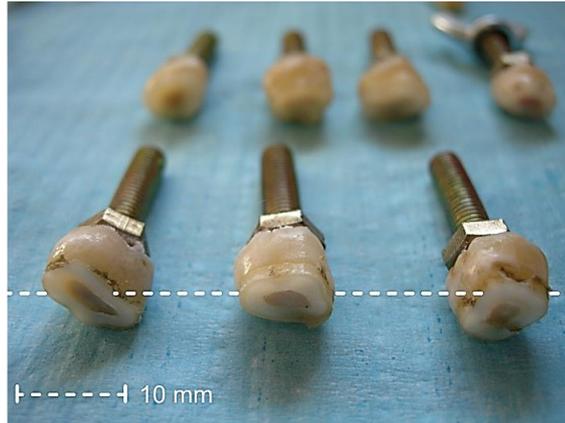


Fig. 5. Elementos con porción radicular eliminada.

Posteriormente, en una pulidora metalográfica de doble plato con discos de granulometría decreciente (**Fig. 6**), se desgastaron por su cara oclusal hasta eliminar el esmalte y exponer la dentina, sobrepasando 1 mm el límite amelodentinario (**Fig.7**). El desgaste se llevó a cabo en el área de Prosol del ABO.

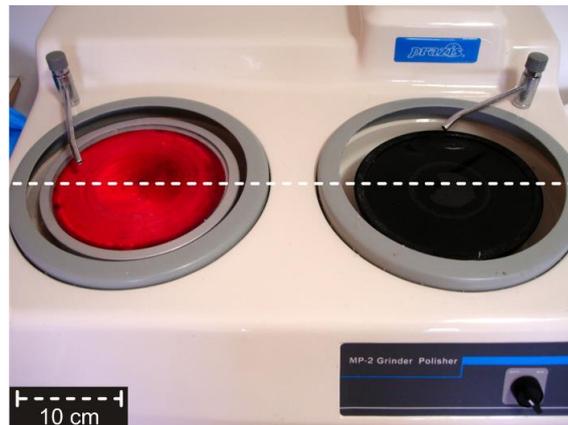


Fig. 6. Pulidora de doble plato.

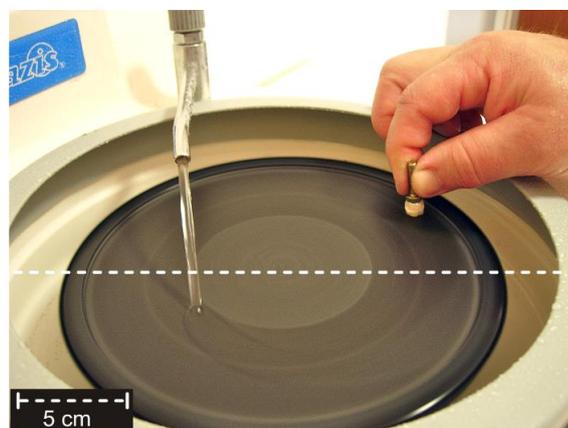


Fig. 7. Desgaste de la cara oclusal.

Cada superficie fue observada con lupa a los fines de corroborar que los cortes se hubieran realizado a la altura correcta (**Fig.8**).



Fig. 8. Observación de especímenes.

Una vez realizado el corte de la porción radicular y el desgaste de la cara oclusal de los elementos seleccionados, se retiraron con curetas los restos pulpares existentes en la cámara pulpar (**Fig. 9**), para luego ser grabadas con gel de ácido fosfórico al 37% (**Fig. 10**) y tras la colocación del adhesivo (**Fig. 11**), obturadas con Resina Compuesta Z100 de 3M-ESPE (**Fig. 12a y 12b**) y fotopolimerizada con lámpara de luz led (**Fig. 13**).

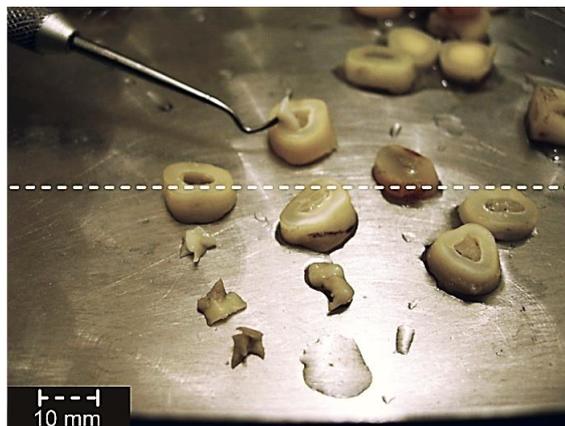


Fig. 9. Eliminación de restos pulpares.

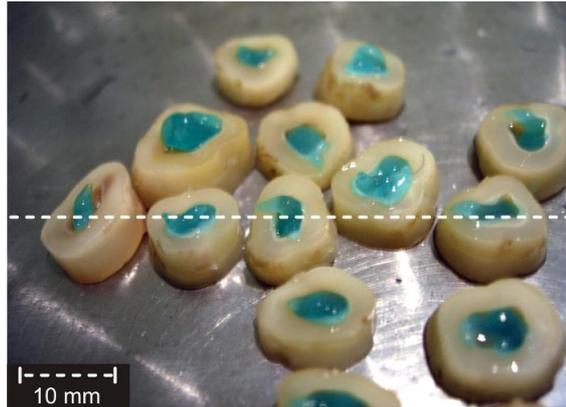


Fig. 10. Grabado con gel de ácido fosf. al 37%.

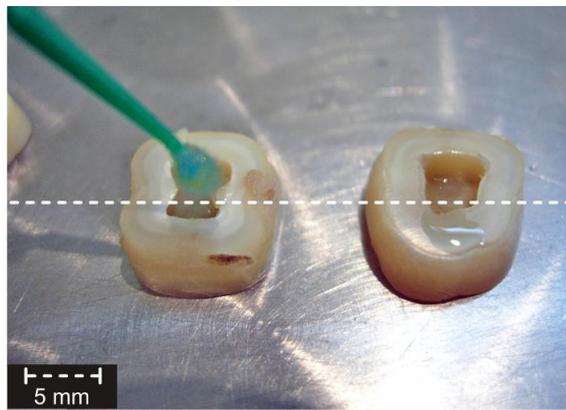


Fig. 11. Colocación de adhesivo a cámara pulpar.



Fig. 12a. Resina Compuesta Z100 (3M-ESPE).

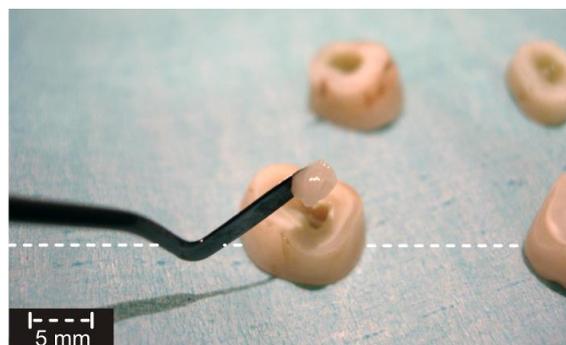


Fig. 12b. Obturación de cámara pulpar con Resina Compuesta.

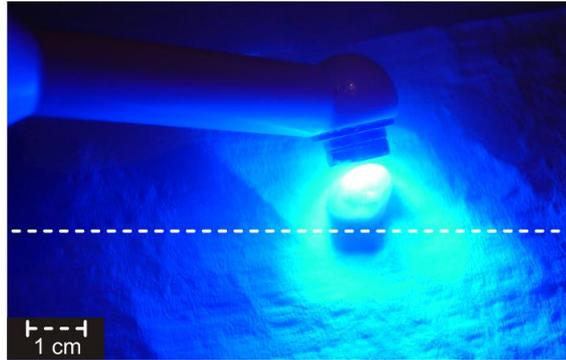


Fig. 13. Fotopolimerizado de resina con luz.

Se observaron con lupa los especímenes obtenidos, descartando los que presentaron islotes de esmalte y caries, para su selección final. Los elementos fueron conservados en agua destilada y solución de timol al 5% durante 24 horas (**Fig. 14**).



Fig. 14. Selección y descarte final de muestras.

Posteriormente, se frotó la cara dentinaria expuesta sobre una lija de óxido de aluminio grano 660, durante 30 segundos, a los fines de alisar la superficie y generar a su vez *smear layer* (barro dentinario) (**Fig. 15**).



Fig. 15. Generación de *smear layer*.

Cada grupo correspondió a un tratamiento previo de la dentina y a su vez fueron sometidos a dos sistemas adhesivos diferentes.

Tratamiento previo dentinario

- **Grupo 1:** Hipoclorito de sodio al 5,25% (Tedequim, Argentina).
- **Grupo 2:** EDTA al 17% (Tedequim, Argentina).
- **Grupo 3:** Peróxido hidrógeno al 3% (Preparación ad-hoc).
- **Grupo 4:** Grabado con ácido fosfórico al 37% (Eco-Etch, Ivoclar-Vivadent).
- **Grupo 5:** Grabado ácido fosfórico al 37% + hipoclorito de sodio al 5,25%.
- **Grupo 6:** Sin tratamiento previo dentinario.

Sistemas adhesivos

- **Subgrupo A (ASB)** con la técnica de grabado ácido independiente:

Adper Single Bond 2 (3M-ESPE)

- **Subgrupo B (SBU)** de autoacondicionamiento:

Single Bond Universal (3M-ESPE)

Cada elemento de cada grupo se sometió al tratamiento previo de la dentina, de acuerdo a los grupos mencionados y cada sistema adhesivo posterior, se aplicó con micro-brush según normas del fabricante.

PROTOCOLOS DE PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS

Tratamiento previo dentinario

- **Grupo 1: Hipoclorito de sodio al 5,25% (Tedequim, Argentina)**
 - ✓ 45 segundos frote activo de dentina con hipoclorito de sodio 5,25%
 - ✓ 5 segundos lavado con agua
 - ✓ 5 segundos secado suave con aire



- Grupo 2: EDTA al 17% (Tedequim, Argentina)

- ✓ 45 a 60 segundos frote activo de dentina con EDTA 17%
- ✓ 5 segundos lavado con agua
- ✓ 5 segundos secado suave con aire



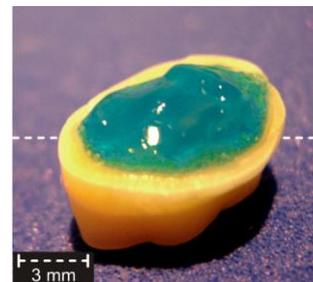
- Grupo 3: Peróxido hidrógeno al 3% (Preparación ad-hoc)

- ✓ 45 a 60 segundos frote activo de dentina con Peróxido de Hidrógeno al 3%
- ✓ 5 segundos lavado con agua
- ✓ 5 segundos secado suave con aire



- Grupo 4: Grabado con ácido fosfórico al 37% (Eco-Etch, Ivoclar-Vivadent)

- ✓ Grabado ácido durante 15 segundos de dentina con ácido fosfórico al 37%
- ✓ 10 segundos lavado con agua
- ✓ 10 segundos secado suave con aire



- Grupo 5: Grabado ácido fosfórico al 37% + hipoclorito de sodio al 5,25%

- ✓ Se colocaron sobre dentina respetando protocolos correspondientes.



- Grupo 6: Sin tratamiento previo dentinario.

Subgrupos

De acuerdo al sistema adhesivo colocado sobre la dentina con acondicionamiento previo.

- Subgrupo A: Adper Single Bond 2 (3M-ESPE) ASB

- ✓ Aplicación sobre dentina
- ✓ 5 segundos secado con aire suave
- ✓ 10 segundos fotopolimerización



- Subgrupo B: Single Bond Universal (3M-ESPE) SBU

- ✓ 20 segundos frote activo sobre dentina
- ✓ 5 segundos secado con aire suave
- ✓ 10 segundos fotopolimerización



De la combinación del acondicionamiento previo de la dentina y los dos sistemas adhesivos, se conformaron los siguientes doce grupos de estudio:

1) G1-A

Hipoclorito de Sodio al 5,25% + Adper Single Bond 2 + Resina Compuesta

2) G1-B

Hipoclorito de Sodio al 5,25% + Single Bond Universal + Resina Compuesta

3) G2-A

EDTA al 17% + Adper Single Bond 2 + Resina Compuesta

4) G2-B

EDTA al 17% + Single Bond Universal + Resina Compuesta

5) G3-A

Peróxido de Hidrógeno al 3% + Adper Single Bond 2 + Resina Compuesta

6) G3-B

Peróxido de Hidrógeno al 3% + Single Bond Universal + Resina Compuesta

7) G4-A

Grabado con ácido fosfórico al 37% + Adper Single Bond 2 + Resina Compuesta

8) G4-B

Grabado con ácido fosfórico al 37% + Single Bond Universal + Resina Compuesta

9) G5-A

Grabado con ácido fosfórico al 37% + Hipoclorito de sodio al 5,25% + Adper Single Bond 2 + Resina Compuesta

10) G5-B

Grabado con ácido fosfórico al 37% + Hipoclorito de sodio al 5,25% + Single Bond Universal + Resina Compuesta

11) G6-A

Adper Single Bond 2 + Resina Compuesta

12) G6-B

Single Bond Universal + Resina Compuesta

Una vez realizado el tratamiento previo y colocado el sistema adhesivo correspondiente en la muestra, se colocó sobre la cara dentinaria y en forma centrada, un dispositivo *ad-hoc*, diseñado para tal fin, en bronce, con un espacio central en forma de paralelepípedo de 9 milímetros de lado y 6 milímetros de alto (**Fig. 16**). Éste fue rellenado en su totalidad con *composite* híbrido Z100 (3M-ESPE) (**Fig. 17**) y polimerizado en tres incrementos desde la cara superior durante 40 segundos y otros 20 segundos por ambos lados una vez retirado. Esto se realizó con lámpara halógena 3M-ESPE Elipar DeepCure-L, potencia de salida verificable y mayor a 450 mw/cm^2 , medido con potenciómetro Demetrón analógico (**Fig. 18a, 18b y 18c**).

Todas las muestras de cada grupo se conservaron durante 24 horas en solución fisiológica a 37°C .

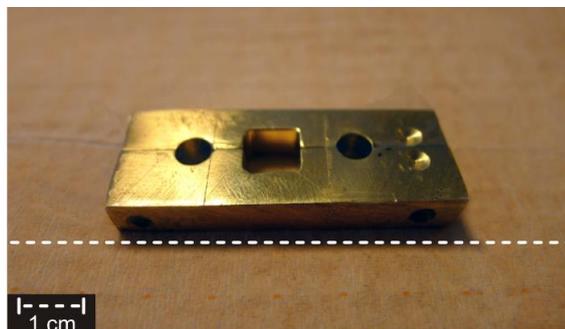


Fig. 16. Dispositivo *ad-hoc*.



Fig. 17. Resina Compuesta Z100 (3M-ESPE).



Fig. 18a. Lámpara de fotocurado Elipar Deep Cure-L (3M-ESPE).

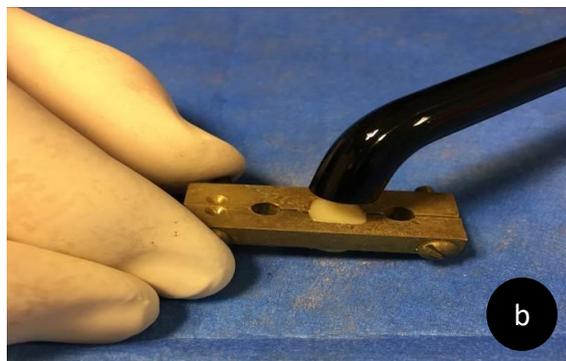


Fig. 18b. Posicionamiento para fotopolimerización de la Resina Compuesta.



Fig. 18c. Fotopolimerización de la Resina Compuesta.

Una vez polimerizada la Resina Compuesta, se procedió a retirar el dispositivo evitando ejercer fuerzas de ningún tipo sobre la muestra (**Fig.19**), para no alterar la adhesión lograda en la interface dentina-Resina Compuesta (**Fig. 20**).

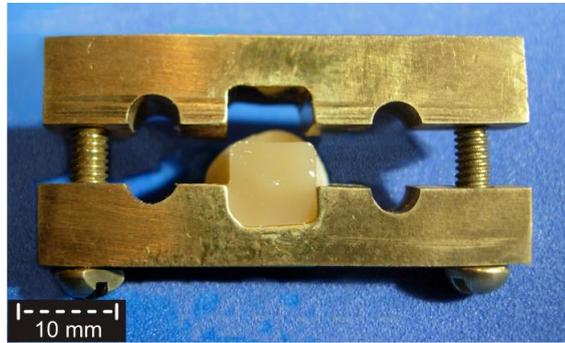


Fig. 19. Retiro de dispositivo.

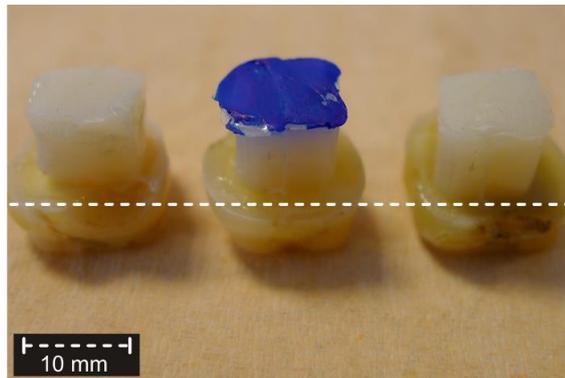


Fig. 20. Muestras elemento dentario-Resina Compuesta.

Preparación para muestras de microtensile

Las muestras de cada grupo se fijaron con cianoacrilato sobre un dispositivo *ad-hoc*, para obtener los cortes para el estudio de microtensile. Los cortes se realizaron en una máquina de microcorte Isomet Buehler; se realizaron dos cortes sagitales desde vestibular hacia lingual, con una separación de 2,5 mm aproximadamente cada uno, posteriormente se giró la muestra 90 grados y se realizaron dos cortes, perpendiculares al eje axial, de cada elemento (**Fig. 21a y 21b**).

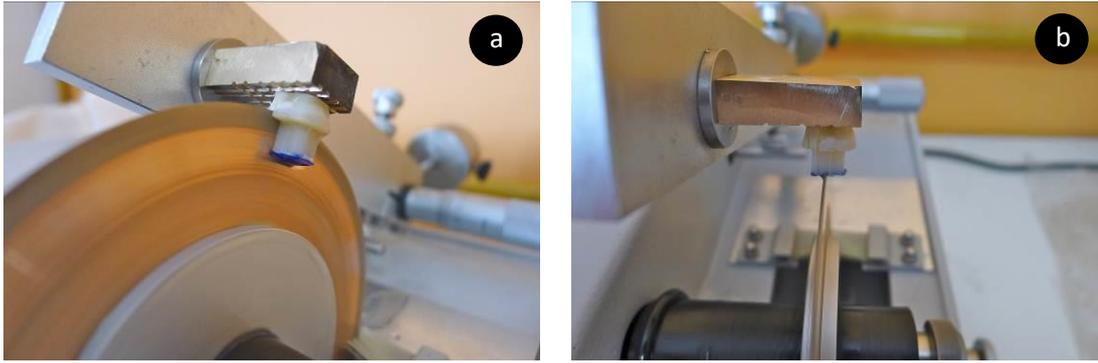


Fig. 21a y 21b. Cortes de la muestra en Isomet.

De cada elemento se obtuvieron aproximadamente nueve especímenes o “bastones” con forma rectangular de 2,5 x 2,5 mm de lado y aproximadamente de 10 a 13 mm de largo (**Fig. 22a y 22b**).

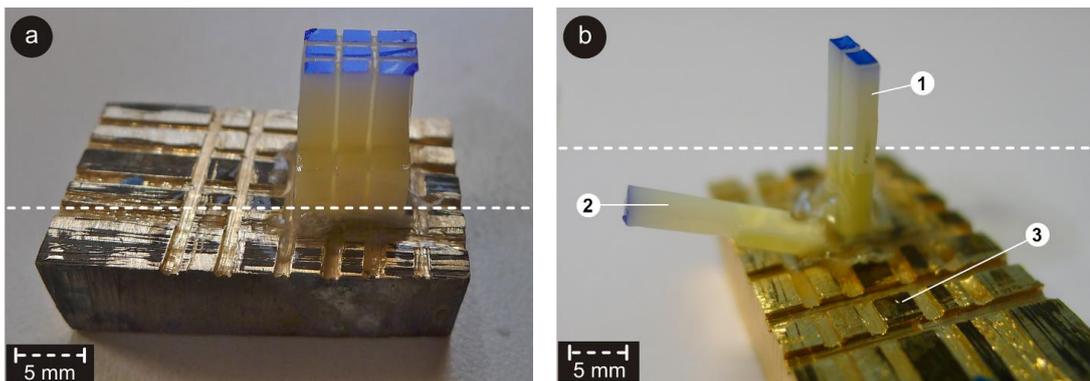


Fig. 22a y 22b. Obtención de “Bastones” para ensayos de microtensile: 1) bastones cortados longitudinalmente adheridos al portamuestra; 2) retiro de bastón y 3) dispositivo *ad-hoc*.

Se verificó con lupa que no existieran en los bastones obtenidos, poros o imperfecciones que pudieran alterar los ensayos, excluyendo los que presentaron dichos inconvenientes (**Fig. 23a y 23b**).



Fig. 23a. Selección de muestras obtenidas.

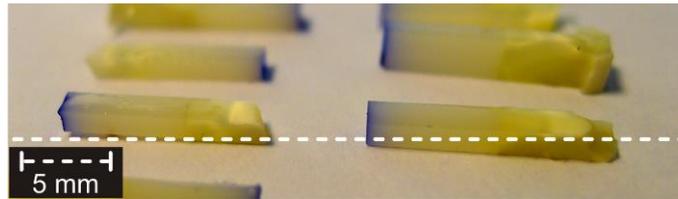


Fig. 23b. Muestras seleccionadas.

Dispositivos *ad-hoc* para pruebas de microtensile

Se utilizaron dispositivos diseñados especialmente para el ensayo de los bastones obtenidos; constan de dos segmentos o platinas unidos telescópicamente por vástagos cilíndricos con baja fricción, una caladura de media caña en la parte media de ambos segmentos, que recepta y fija los bastones y dos orificios circulares en cada extremo, que permiten ser instalados en la máquina de ensayo universal (**Fig. 24a y 24b**).

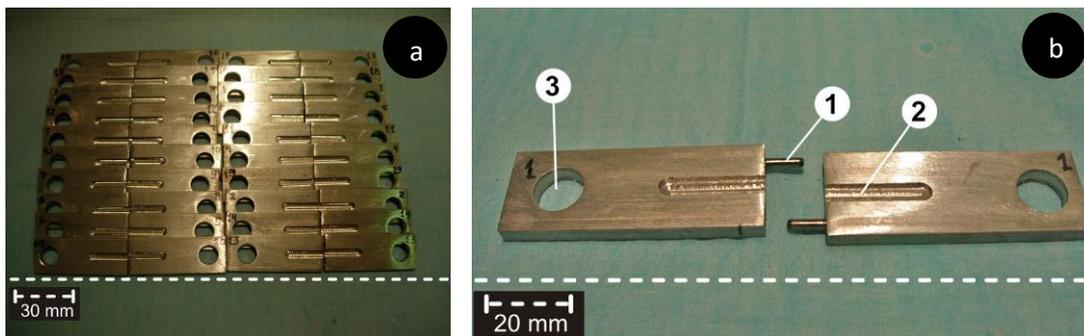


Fig. 24a y 24b. Dispositivo telescópico para ensayos de microtensile: 1) vástagos; 2) caladura media caña y 3) grips de fijación a máquina tensil.

Los bastones se colocaron en la canaleta central de las platinas (**Fig. 25**), teniendo especial cuidado en hacer coincidir la interface de unión dentina-Resina Compuesta del bastón, con la línea de articulación de la platina (**Fig. 26**).



Fig. 25. Colocación de bastones en canaleta central.

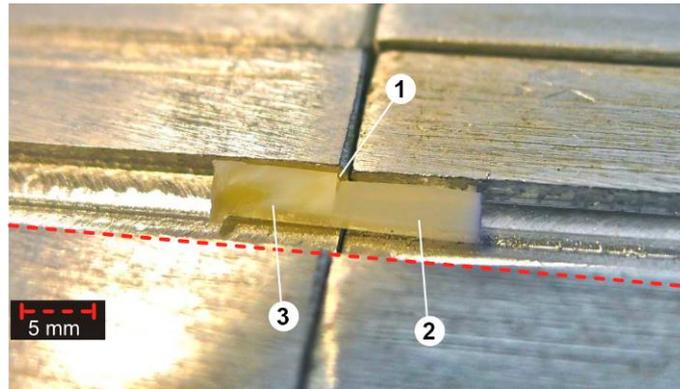


Fig. 26. Posición de interface dentina-Resina Compuesta:
1) Área de interfaz D-RC; 2) Resina Compuesta y
3) dentina.

Cada muestra se cementó con cianoacrilato en gel por sus extremos a las dos platinas telescópicas (**Fig. 27**), dejando transcurrir 40 minutos de secado del material cementante.

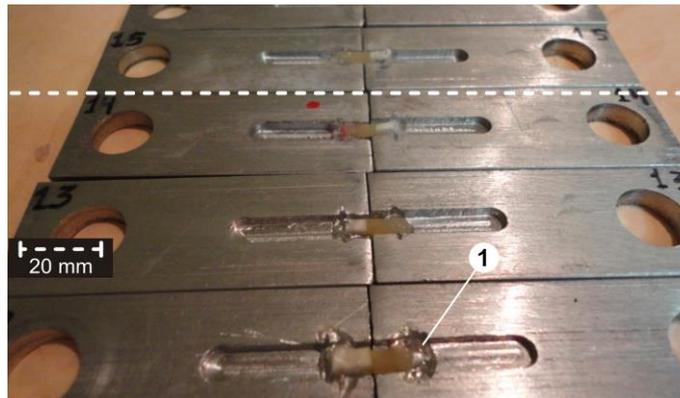


Fig. 27. Fijación de bastones al dispositivo: 1) fijación
con cianoacrilato.

Ensayo de microtensile

Los ensayos de microtensile fueron realizados en la máquina de ensayo universal Digimess MX-5000 (**Fig. 28**).

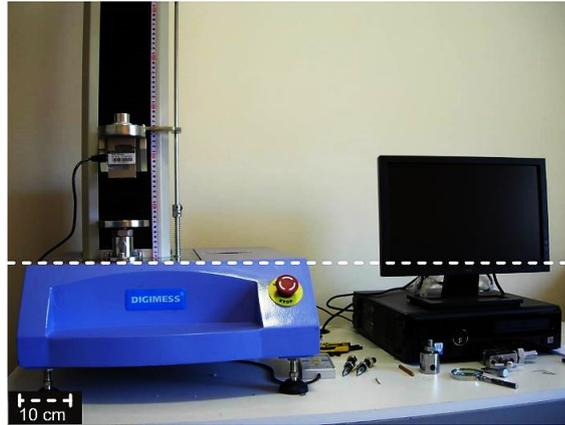


Fig. 28. Máquina de ensayo universal Digimess MX-5000.

Se utilizó una velocidad de desplazamiento traccional de 0,5 mm por minuto (**Fig. 29**), observando el momento de la separación o ruptura de las muestras (**Fig. 30**).

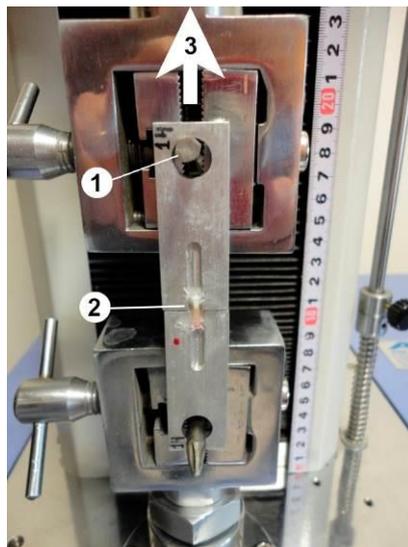


Fig. 29. Prueba de microtensile.

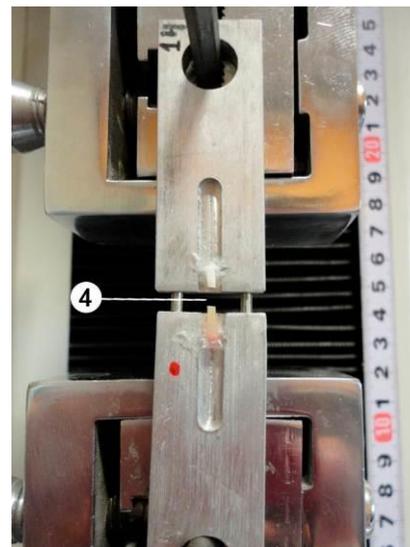


Fig. 30. Ruptura del bastón.

1) cabezal; 2) muestra; 3) dirección de estiramiento y 4) ruptura del bastón.

Las muestras fueron ensayadas en tracción hasta la ruptura de las mismas. Los valores obtenidos de cada muestra, fueron asentados en planillas Excel, donde se detalló el número de muestra, el área resultante posterior a la ruptura de la misma, el valor obtenido en N y el tipo de fallas observada (adhesiva o cohesiva Dentina-RC) (**Fig. 31a**).

Muestra	Área (mm ²)	Valor (N)	Error Medio	Falla



Fig. 31a. Obtención de valores de microtensile.

Además, fueron confeccionados los gráficos correspondientes a ambos ensayos tensiles, obteniendo curvas características (fuerza-desplazamiento). En las mismas se aprecia el crecimiento de la fuerza en función del desplazamiento hasta llegar a la falla o ruptura en donde caen abruptamente los valores de fuerza (**Fig. 31b y 31c**).

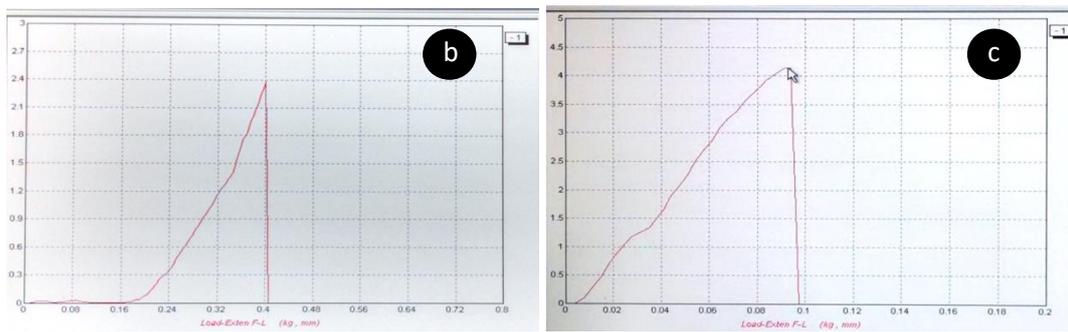


Fig. 31b y 31c. Curvas características (fuerza-desplazamiento) correspondientes a dos ensayos tensiles.

Debido a que los valores de resistencia de ruptura se dan en una conjunción de fuerza sobre área, se obtuvo el valor de área de sección (lado por lado) de cada muestra posterior al ensayo, medida con calibre digital Mitutoyo (**Fig. 32a, 32b, 32c y 32d**), mediante fórmula matemática asimilando su forma a varillas cuadráticas, de acuerdo a estándares ISO9917-2 y se calcularon los valores de resistencia en MPa.



Fig. 32a. Calibre digital Mitutoyo.



Fig. 32b. Valores para obtención de área.

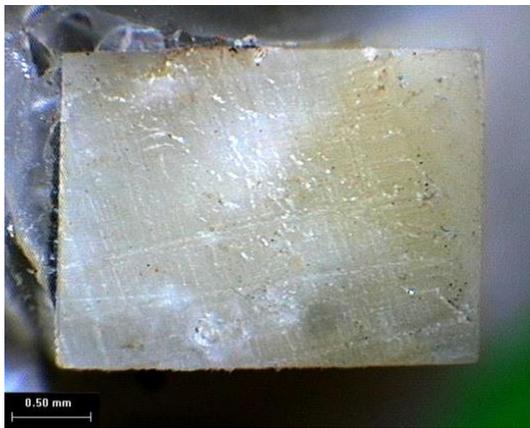


Fig. 32c. Sup. fractura dentina (16X).

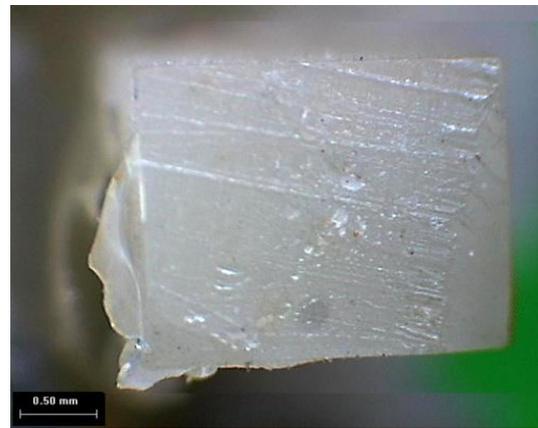


Fig. 32d. Sup. fractura RC (16X).

Los ensayos fueron realizados en el Área de Prosol del Área de Biología Odontológica (ABO). Los residuos dentarios resultantes se almacenaron en envases de plástico existentes y se trasladaron en bolsas debidamente identificadas como residuos patógenos.

• RESULTADOS DEL ESTUDIO



FO
Facultad de
Odontología

Estudio *in vitro* sobre la influencia del tratamiento acondicionador de superficie en la resistencia adhesiva de dos sistemas adhesivos diferentes. Estudio con microtensile.

RESULTADOS

Durante la preparación de los doce grupos de muestra, cuatro de ellos no cumplieron con la resistencia adhesiva mínima requerida para poder superar el proceso de corte en la máquina Isomet, ya que al ser sometidos al disco de corte, se separaba la Resina Compuesta del sustrato dentinario, por lo que no fue posible la obtención de bastones para las pruebas de microtensile.

Los grupos descartados por falla durante el proceso de corte fueron: **G1-A, G2-A, G3-A y G6-A.**

- 1) **G1-A** Hipoclorito de Sodio al 5,25% + ASB 2
- 3) **G2-A** EDTA 17% + ASB 2
- 5) **G3-A** Peróxido de Hidrógeno 3 % + ASB 2
- 11) **G6-A** Sin tratamiento previo dentinario + ASB 2

A partir de los datos: área de sección y fuerza requerida, se calcularon los valores de resistencia tensil para cada una de las muestras de los ocho grupos evaluados (n=246). Se observa en la Tabla 1 que el grupo **G4-B** (H3PO4+SBU) es el que presenta una media de mayor resistencia, siendo el grupo **G5-A** (H3PO4+NaClO+ASB) el de media más baja.

Subgrupo	n	Media	DE	Rango
G1-B (NaClO+SBU)	30	8	± 3	13,6
G2-B (EDTA 17%+SBU)	31	8	± 3	11,1
G3-B (H2O2 3%+SBU)	31	8	± 2	10,2
G4-A (H3PO4+ASB)	31	12	± 4	13,9
G4-B (H3PO4+SBU)	31	16	± 4	17,7
G5-A (H3PO4+NaClO+ASB)	31	8	± 3	13,3
G5-B (H3PO4+NaClO+SBU)	31	12	± 3	13,2
G6-B (SBU)	30	12	± 4	13,7
Total	246	11	± 4	24,2

Tabla 1. Resistencia según subgrupo: Recuento de casos (n); Media; Desviación Estándar (DE) y Rango. Los valores de resistencia están expresados en MPa.

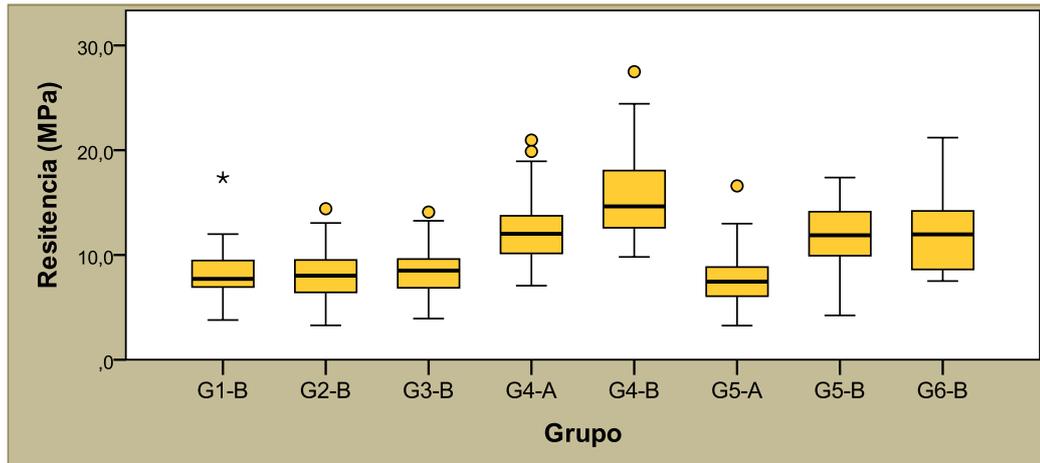


Fig. 33. Resistencia según subgrupo. En el diagrama de cajas se observan las distribuciones de valores de manera esquemática para cada grupo. La caja representa la amplitud o rango inter cuartílico (RIC), que incluye al 50% de los valores más centrales o los dos cuartiles centrales; la línea central representa la mediana; las barras o bigotes los valores máximo y mínimo condicionales; los círculos (°) valores atípicos y los asteriscos (*) valores extremos.

Al observar los valores de la **Tabla 1** y el gráfico de cajas de la **Fig. 33**, se aprecia que en los grupos **G4** (ácido fosfórico) y **G5** (ácido fosfórico + hipoclorito de sodio), los cuales son los únicos que tienen subgrupo A, las distribuciones de valores correspondiente a los subgrupos B (+SBU) se posicionan por encima de los respectivos subgrupos A (+ASB), sugiriendo que la variante SBU debería considerarse como un factor relevante respecto al incremento en los valores de resistencia.

Se contrastaron inicialmente los subgrupos mediante un modelo lineal general univariante (**Tabla 2**) y posteriormente se realizaron contrastes múltiples entre los subgrupos (**Tablas 3a y 3b**) con el fin de determinar las diferencias y las semejanzas entre los diversos subgrupos.

Origen	SC tipo III	gl	MC	F	Sig.
Subgrupo	1802,6	7	257,51	26,476	<0,001
Error	2314,9	238	9,73		

R cuadrado = 0,438 (R^2 corregida) = **0,421**

Tabla 2. Pruebas de los efectos inter-sujetos. *Variable dependiente:* Resistencia (MPa). *Variable predictora:* Subgrupo. *De izquierda a derecha:* Origen o fuente del efecto; suma de cuadrados (SC) tipo III; grados de libertad (gl); media cuadrática (MC); estadístico de Fisher (F); significación estadística (Sig.; p-valor) y determinante cuadrado (R^2).

Se verificaron diferencias estadísticamente significativas entre los subgrupos ($p < 0,05$). El valor del determinante corregido (42,1%), expresa el grado de ajuste del modelo de regresión planteado, esto significa que el factor subgrupo introducido en el modelo es explicativo del 42,1% de la variabilidad del parámetro de resistencia evaluado, el resto (57,9%), se debe al residuo o error, el cual aglutina todos los factores no controlados por el modelo.

Para determinar en detalle las diferencias y semejanzas entre subgrupos se realizó un test *post-hoc* (Test DHS de Tukey), el cual genera contrastes múltiples entre todos los subgrupos (**Tablas 3a y 3b**).

(I) Subgrupo	(j) Subgrupo	Diferencia entre medias (I-J)	Error típico	Sig. (p-valor)
G1-B (NaClO+SBU)	G2-B (EDTA 17%+SBU)	0,00	0,80	1,000
	G3-B (H2O2 3%+SBU)	-0,11	0,80	1,000
	G4-A (H3PO4+ASB)	-4,12	0,80	<0,001
	G4-B (H3PO4+SBU)	-7,50	0,80	<<0,001
	G5-A (H3PO4+NaClO+ASB)	0,63	0,80	0,994
	G5-B (H3PO4+NaClO+SBU)	-3,59	0,80	<0,001
	G6-B (SBU)	-3,85	0,81	<0,001
G2-B (EDTA 17%+SBU)	G1-B (NaClO+SBU)	0,00	0,80	1,000
	G3-B (H2O2 3%+SBU)	-0,11	0,79	1,000
	G4-A (H3PO4+ASB)	-4,12	0,79	<0,001
	G4-B (H3PO4+SBU)	-7,50	0,79	<<0,001
	G5-A (H3PO4+NaClO+ASB)	0,63	0,79	0,993
	G5-B (H3PO4+NaClO+SBU)	-3,59	0,79	<0,001
	G6-B (SBU)	-3,85	0,80	<0,001
G3-B (H2O2 3%+SBU)	G1-B (NaClO+SBU)	0,11	0,80	1,000
	G2-B (EDTA 17%+SBU)	0,11	0,79	1,000
	G4-A (H3PO4+ASB)	-4,02	0,79	<0,001
	G4-B (H3PO4+SBU)	-7,40	0,79	<<0,001
	G5-A (H3PO4+NaClO+ASB)	0,73	0,79	0,983
	G5-B (H3PO4+NaClO+SBU)	-3,48	0,79	<0,001
	G6-B (SBU)	-3,75	0,80	<0,001
G4-A (H3PO4+ASB)	G1-B (NaClO+SBU)	4,12	0,80	<0,001
	G2-B (EDTA 17%+SBU)	4,12	0,79	<0,001
	G3-B (H2O2 3%+SBU)	4,02	0,79	<0,001
	G4-B (H3PO4+SBU)	-3,38	0,79	0,001
	G5-A (H3PO4+NaClO+ASB)	4,75	0,79	<0,001
	G5-B (H3PO4+NaClO+SBU)	0,53	0,79	0,998
	G6-B (SBU)	0,27	0,80	1,000

G4-B (H3PO4+SBU)	G1-B (NaClO+SBU)	7,50	0,80	<<0,001
	G2-B (EDTA 17%+SBU)	7,50	0,79	<<0,001
	G3-B (H2O2 3%+SBU)	7,40	0,79	<<0,001
	G4-A (H3PO4+ASB)	3,38	0,79	0,001
	G5-A (H3PO4+NaClO+ASB)	8,13	0,79	<<0,001
	G5-B (H3PO4+NaClO+SBU)	3,91	0,79	<0,001
	G6-B (SBU)	3,65	0,80	<0,001
G5-A (H3PO4+NaClO+ASB)	G1-B (NaClO+SBU)	-0,63	0,80	0,994
	G2-B (EDTA 17%+SBU)	-0,63	0,79	0,993
	G3-B (H2O2 3%+SBU)	-0,73	0,79	0,983
	G4-A (H3PO4+ASB)	-4,75	0,79	<0,001
	G4-B (H3PO4+SBU)	-8,13	0,79	<<0,001
	G5-B (H3PO4+NaClO+SBU)	-4,21	0,79	<0,001
	G6-B (SBU)	-4,48	0,80	<0,001
G5-B (H3PO4+NaClO+SBU)	G1-B (NaClO+SBU)	3,59	0,80	<0,001
	G2-B (EDTA 17%+SBU)	3,59	0,79	<0,001
	G3-B (H2O2 3%+SBU)	3,48	0,79	<0,001
	G4-A (H3PO4+ASB)	-0,53	0,79	0,998
	G4-B (H3PO4+SBU)	-3,91	0,79	<0,001
	G5-A (H3PO4+NaClO+ASB)	4,21	0,79	<0,001
	G6-B (SBU)	-0,27	0,80	1,000
G6-B (SBU)	G1-B (NaClO+SBU)	3,85	0,81	<0,001
	G2-B (EDTA 17%+SBU)	3,85	0,80	<0,001
	G3-B (H2O2 3%+SBU)	3,75	0,80	<0,001
	G4-A (H3PO4+ASB)	-0,27	0,80	1,000
	G4-B (H3PO4+SBU)	-3,65	0,80	<0,001
	G5-A (H3PO4+NaClO+ASB)	4,48	0,80	<0,001
	G5-B (H3PO4+NaClO+SBU)	0,27	0,80	1,000

Tabla 3a. Contraste múltiple entre subgrupos. Test HSD de Tukey. Se resaltaron en rojo las casillas con diferencias entre medias significativas ($p < 0,001$) y muy significativas ($p < 0,001$).

Subgrupo	n	Subconjunto		
		1	2	3
G5-A	31	7,63		
G1-B	30	8,26		
G2-B	31	8,26		
G3-B	31	8,37		
G5-B	31		11,85	
G6-B	30		12,11	
G4-A	31		12,38	
G4-B	31			15,76
Sig. (p-valor)		0,984	0,998	1,000

Tabla 3b. Cuadro resumido de Tukey. Se muestran las medias de resistencia (MPa) de los subgrupos, agrupadas en subconjuntos homogéneos.

Los cuatro grupos que registraron menores valores de resistencia (alrededor de 8MPa de media), conformaron el primer subconjunto homogéneo, en orden ascendente de valores de tendencia central (media) se ubicaron: **G5-A; G1-B; G2-B y G3-B**, sin diferencias significativas entre ellos ($p=0,984$), todos los subgrupos de este subconjunto homogéneo se diferenciaron significativamente del resto de los subgrupos. El segundo subconjunto homogéneo (comparten rasgos distributivos y valores de tendencia central semejantes) estuvo conformado por los subgrupos **G5-B; G6-B y G4-A**, con medias próximas a 12MPa. Finalmente, el subgrupo **G4-B**, se distanció de todos los demás con valores significativamente mayores que el resto (16MPa de media).

Evaluación de parámetros asociados a la Resistencia

- **Área o sección de la probeta**

En teoría, la magnitud adecuada para contrastar los subgrupos es la resistencia tensil, que se obtiene mediante el siguiente cálculo: $Resistencia = Fuerza / \text{Área}$, (la fuerza generada por la máquina y el área obtenida después del ensayo), ya que de esta manera es posible comparar distintos especímenes, pero en este caso, se verificó que los valores de resistencia tendían a disminuir con el incremento dimensional del área, tal como lo

evidencia la recta de ajuste de regresión, (línea blanca discontinua en la **Fig. 34**). Por tal motivo conviene incluirla en el análisis estadístico.¹

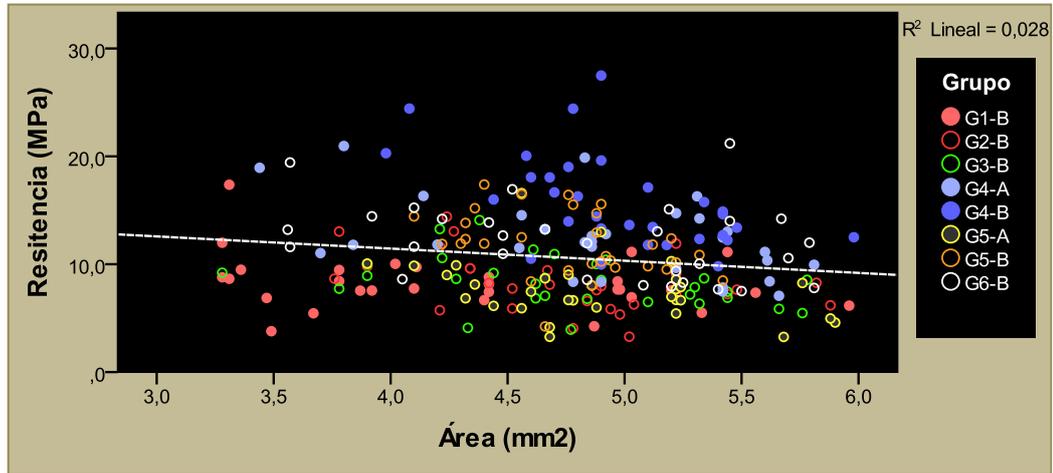


Fig. 34. Diagrama de dispersión: Resistencia vs. Área según subgrupo.

• **Tipo de Falla**

En el 95% de los casos la falla observada fue en la unión adhesiva D-RC (234 casos). Los valores de resistencia registrados en las fallas de tipo cohesiva fueron mayores que los adhesivos D-RC (**Tabla 4** y **Fig. 35**). Aun así, las diferencias no resultaron estadísticamente significativas, probablemente debido a que la muestra está muy desequilibrada para evaluar este parámetro, la escasez de casos de falla cohesiva no permiten aseverar con suficiente nivel de confianza que la tendencia observada es determinante (Prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis; $p=0,059$; $p>0,05$).

Tipo de Falla	N	Media	DE	Rango
D-RC Adhesiva	234	10	± 4	24,23
Cohesiva (dentina)	5	11	± 3	8,60
Cohesiva (RC)	7	14	± 4	10,94
Total	246	10	± 4	24,23

Tabla 4. Resistencia según tipo de falla: Recuento de casos (n); Media; Desviación Estándar (DE) y Rango. Los valores de resistencia están expresados en MPa.

¹ La ecuación de resistencia utilizada tiene un sustento teórico muy sólido, y considera que la resistencia es linealmente dependiente de la fuerza (directa) y del área (inversa), pero es insuficiente para explicar los valores decrecientes encontrados; probablemente otros factores no incluidos relacionados con el área están afectando los valores resistivos.

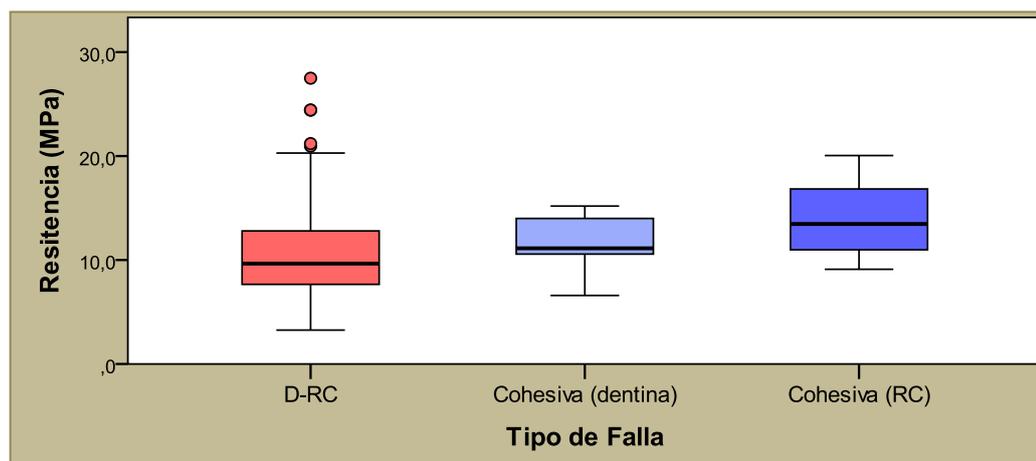


Fig. 35. Resistencia según tipo de falla. En el diagrama de cajas se observan esquemáticamente las distribuciones de valores de resistencia para cada tipo de falla: La caja representa la amplitud o rango inter cuartílico (RIC), que incluye al 50% de los valores más centrales; La línea central representa la mediana; las barras o bigotes los valores máximo y mínimo condicionales y los círculos (°) los valores atípicos.

Sistema adhesivo

- **ASB / SBU**

Tal como se mencionó anteriormente, los grupos G4 y G5, son los únicos que conviene considerar para evaluar las diferencias entre los agregados ASB y SBU, ya que se pueden contrastar los valores entre los dos subgrupos: A (+ASB) y B (+SBU).

Grupo	N	Media	DE	Rango
G4-A (H3PO4+ASB)	31	12	± 4	13,9
G5-A (H3PO4+NaClO+ASB)	31	8	± 3	13,3
Grupos A (+ASB)	62	10	± 4	17,7
G4-B (H3PO4+SBU)	31	16	± 4	17,7
G5-B (H3PO4+NaClO+SBU)	31	12	± 3	13,2
Grupos B (+SBU)	62	14	± 4	23,3

Tabla 5. Resistencia según agregado (-ASB/+SBU): Recuento de casos (n); Media; Desviación Estándar (DE) y Rango. Los valores de resistencia están expresados en MPa.

Los valores de resistencia registrados en los materiales que incluyeron **SBU** fueron más elevados que los que incluyeron **ASB**, las diferencias resultaron estadísticamente significativas (Test de Mann-Whitney: $p < 0,001$).

Como puede observarse en la **Fig. 36**, la tendencia fue similar en ambos grupos, las distribuciones de valores de los subgrupos A (cajas color rojo; +ASB), están por debajo de las distribuciones de los subgrupos B (cajas azules; +SBU).

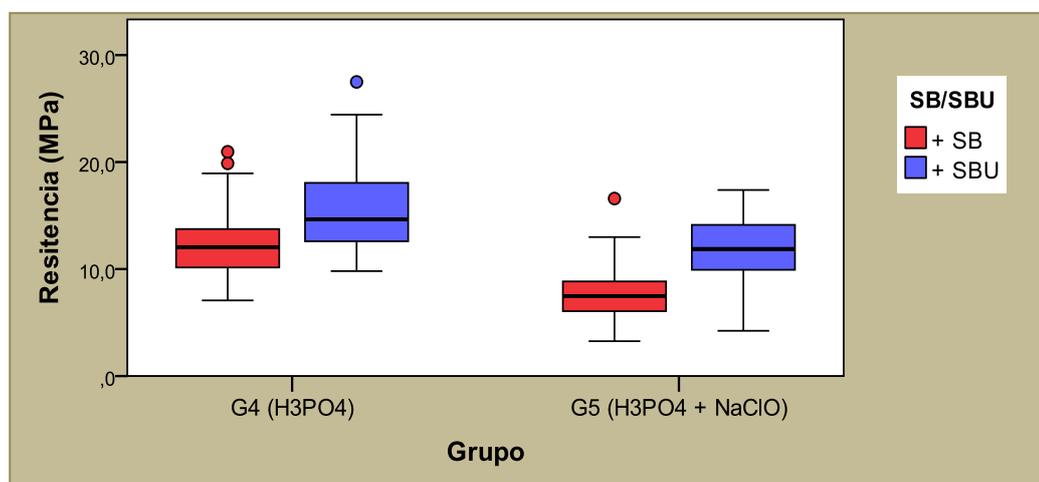


Fig. 36. Resistencia según agregados (ASB o SBU). En el diagrama de cajas se observan esquemáticamente las distribuciones de valores de resistencia para cada Grupo (sólo en G4 y G5): La caja representa la amplitud o rango inter cuartílico (RIC), que incluye al 50% de los valores más centrales; la línea central representa la mediana; las barras o bigotes los valores máximo y mínimo condicionales y los círculos (°) los valores atípicos.

- **Hipoclorito de Sodio (NaClO)**

En términos generales, los valores dentro de los subgrupos que utilizaron NaClO fueron inferiores a los que no lo utilizaron, y de manera particular, los contrastes entre subgrupos revelaron que la presencia de hipoclorito estuvo asociada a valores de resistencia significativamente menores (Test de Mann-Whitney: $p < 0,001$) en los tres contrastes por parejas y en general.

Hipoclorito de Sodio	N	Media	DE	Rango
G4-A (H3PO4+ASB)	31	12	± 4	13,9
G4-B (H3PO4+SBU)	31	16	± 4	17,7
G6-B (SBU)	30	12	± 4	13,7
Sin NaClO	92	13	± 4	20,4
G5-A (H3PO4+NaClO+ASB)	31	8	± 3	13,3
G5-B (H3PO4+NaClO+SBU)	31	12	± 3	13,2
G1-B (NaClO+SBU)	30	8	± 3	13,6
Con NaClO	92	9	± 3	14,1

Tabla 6. Resistencia según uso de NaClO: Recuento de casos (n); Media; Desviación Estándar (DE) y Rango. Los valores de resistencia están expresados en MPa.

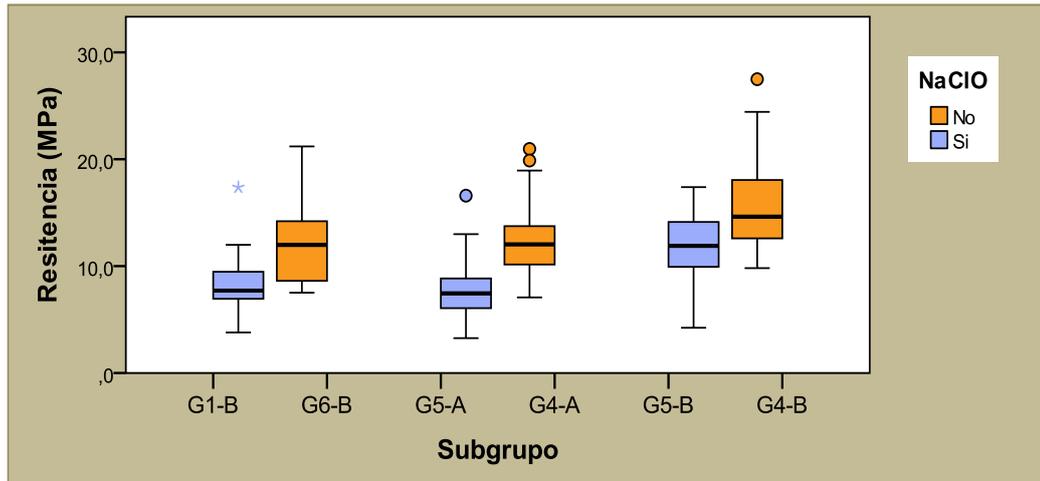


Fig. 37. Resistencia según uso de hipoclorito de Na. En el diagrama de cajas se observan esquemáticamente las distribuciones de valores de resistencia para cada subgrupo evaluado: La caja representa la amplitud o rango inter cuartílico (RIC), que incluye al 50% de los valores más centrales; la línea central representa la mediana; las barras o bigotes los valores máximo y mínimo condicionales y los círculos (°) los valores atípicos.

Resumen

Con la finalidad de evaluar conjuntamente todas las variantes químicas considerados en este estudio y determinar el grado de influencia sobre la resistencia de los especímenes, se propone diseñar un modelo estadístico explicativo de la variabilidad de la resistencia, el cual incluye también el parámetro área de sección.

Modelo lineal generalizado

En la **Tabla 7** se ordenaron los factores o efectores de manera decreciente en función del nivel de significatividad de los efectos sobre la variable dependiente (resistencia). Este tipo de análisis tiene la ventaja de evaluar conjuntamente todos los datos de la muestra, lo cual permite determinar con mayor exactitud el grado de relevancia o significatividad de cada uno de ellos y comparar los efectos.

Contrastes de los efectos del modelo

- Variable dependiente: Resistencia.
- Predictores: Área o sección de la probeta; ASB; SBU; NaClO; H3PO4; EDTA 17% y H2O2 3%.

Origen del efecto (predictores)	Chi-cuadrado de Wald	Sig. (p-valor)
NaClO	75,57	<<0,001
H3PO4	64,77	<<0,001
Área	40,49	<0,001
EDTA 17%	31,80	<0,001
H2O2 3%	30,36	<0,001
SBU	29,32	<0,001
ASB	0,04	0,835

Tabla 7. Modelo lineal generalizado: Predictores; Chi-cuadrado de Wald y nivel de significación estadística (p-valor) de los efectos.

La utilización de **hipoclorito de sodio** resultó ser el factor más significativo asociado a valores de resistencia bajos.

En orden decreciente de significatividad le siguió el **ácido fosfórico (H3PO4)**, pero en este caso incrementando los valores de resistencia.

El tamaño del **área** de sección transversal de la probeta resultó significativa, cuanto más grande el área menor la resistencia.

Con valores semejantes de significatividad se ubicaron **EDTA al 17%** y **peróxido de hidrógeno al 3%**, en ambos casos, la utilización de estas sustancias se asocia a menores resistencias.

En cuanto al **factor SBU**, los resultados sugieren que este compuesto incrementaría los valores de resistencia de las muestras.

Finalmente, el **factor ASB**, si bien el efecto global no resultó significativo, sí parece influir negativamente (disminuye la resistencia), en determinadas combinaciones.

· DISCUSIÓN



FO
Facultad de
Odontología

Estudio *in vitro* sobre la influencia del tratamiento acondicionador de superficie en la resistencia adhesiva de dos sistemas adhesivos diferentes. Estudio con microtensile.

DISCUSIÓN

A través de los años los sistemas adhesivos han ido evolucionando, de aquella primera adhesión a esmalte lograda por Buonocore en 1955, hasta los sistemas con los que se cuenta en la actualidad. Mucho se ha avanzado gracias a numerosas investigaciones que han permitido conocer la intimidad de los tejidos que nos sirven como sustrato, sumadas a los avances tecnológicos en la industria dental, generando nuevos productos con la finalidad de mejorar la performance de los biomateriales que empleamos en la clínica para devolver la integridad físico, anatómica y funcional del elemento dentario afectado por caries.

La tendencia de los nuevos sistemas adhesivos es disminuir el tiempo de trabajo del profesional mediante la reducción y simplificación de los pasos necesarios. Dada esta tendencia es necesario preguntarse si la simplificación de protocolos se realiza a expensas de las propiedades mecánicas del biomaterial, o de tratamientos alternativos de la superficie del diente, lo que llevaría a evaluar si esta reducción de la complejidad en la sumatoria de pasos, pudiera influir en el éxito de la restauración.

Desde que Buonocore en 1955, propusiera el tratamiento de la superficie de la dentina para lograr adhesión a un sustrato húmedo, se produjo un estancamiento en el desarrollo de técnicas adhesivas, debido a que no estaban disponibles aún en el mercado resinas con propiedades hidrófilas. Recién a finales de la década del 70', Fusayama y colaboradores en 1979, con su producto Clearfill, aplican la técnica de grabado ácido total y simultáneo de esmalte y dentina, demostrando que el grabado ácido aumenta considerablemente la adhesión de la Resina Compuesta, no sólo al esmalte, sino también a la dentina. Esto dio lugar a la verdadera integración del material de obturación con el sustrato dentario. Recordemos que hasta ese momento era necesario proteger toda la dentina con un material de base y la adhesión se daba solo a nivel del esmalte.

El acondicionamiento ácido de la dentina, elimina la capa de barro dentinario resultante del tratamiento con instrumentos rotatorios, abre los túbulos dentinarios, aumenta la permeabilidad dentinaria, aumenta la energía superficial y descalcifica la dentina tanto peritubular como intertubular. El resultado de esto es una matriz de dentina desmineralizada de una profundidad aproximada (dependiendo del tipo de dentina), de entre 1 y 8 micrómetros, que consta de una matriz colágena expuesta, sin sustento

mineral debido a la remoción de los cristales de hidroxiapatita, que fuera descrita por Nakabayashi en 1982, quien la denominó *hibrid layer* o “capa híbrida”.

La descripción de la adhesión a la dentina húmeda revolucionó los parámetros conocidos hasta ese momento. Sin embargo, este sistema tiene un punto débil debido a que es sumamente dependiente del operador. El factor determinante de la calidad de la hibridación de la superficie dentinaria será el grado de humedad remanente, luego del secado, por lo cual entra en juego un factor sumamente subjetivo como lo es “Cuan húmedo es húmedo” (Perdigão, 2014).

Por esto, es que luego del grabado y el posterior retiro del ácido mediante el lavado, la dentina no debe ser desecada y debe mantenerse húmeda, ya que es el agua remanente en el espacio interfibrilar la que mantendrá sustentadas y en posición a las fibras colágenas que perdieron su cobertura mineral (Kanka, 1992).

Los adhesivos utilizados con esta técnica, están constituidos por una resina hidrófuga, que va a interactuar con la Resina Compuesta de restauración; una resina hidrófila o *primer*, que va a difundir, impregnando la malla de fibras colágenas expuestas por la desmineralización, trabándose micromecánicamente, además de sellar todos los túbulos dentinarios que fueron abiertos previamente por el ácido y formar una capa intermedia Compuesta de dentina y sistema adhesivo, denominada “capa híbrida” por Nakabayashi en 1982 y por último, un solvente que va a vehiculizar a las anteriores y que debe evaporarse a los fines de no dejar glóbulos interfibrilares que contengan dicho solvente (Gwinnet y col., 1995; Luque Martínez, 2014) sin alterar a las resinas.

La gran dependencia de esta técnica con respecto al factor operador, llevó a numerosos inconvenientes, tales como sensibilidad operatoria y nanofiltración basal de la capa híbrida (Van Meerbeek, 1993; Pashley, 2003) llevando (por conclusiones erróneas) a pensar que el grabado ácido era el responsable de estos fenómenos.

El hecho de que esta técnica sea tan dependiente del operador, motivó a la industria a tratar de simplificarla, mediante la eliminación de los pasos grabado ácido, lavado y secado. El desarrollo de adhesivos que por sí mismos modificaran la superficie de la dentina, disminuyendo la cantidad de pasos y también la alta dependencia del operador, eliminando así el factor subjetivo.

El objetivo principal era lograr modificar la superficie de la dentina, prescindiendo del uso de ácidos, sin embargo, este tipo de técnica depende en gran medida del tipo de

dentina (joven o esclerótica, superficial o profunda), acotando así su rango de aplicaciones clínicas, dejándolo muy limitado.

Como ha sido ampliamente demostrado en la literatura, la adhesión a dentina es un fenómeno de retención micromecánica y se produce mediante la interdifusión de los monómeros hidrófilos del *primer*, entre las fibras colágenas presentes en la dentina desmineralizada por acción del ácido (Nakabayashi y col., 1992).

Sin embargo, el talón de Aquiles de esta técnica sería la formación potencial de una zona basal que no ha sido infiltrada por los monómeros hidrófilos, dando lugar así a una nanofiltración y a una degradación de la fibra colágena mediante la acción de las metaloproteinasas (Van Meerbeek y col., 1993).

Cuando el ácido empleado para el grabado es eliminado con agua presurizada, los cristales de hidroxiapatita son desalojados de la dentina generando espacios vacíos interfibrilares que serán llenados por el adhesivo hidrófilo.

En el caso de los adhesivos autoacondicionantes, este proceso no se da y los cristales de hidroxiapatita disueltos permanecen precipitando en nuevas formaciones cristalinas de mayor tamaño que el cristal original, que ocupan un lugar, desconociendo hasta hoy, que grado de afectación tiene en la zona de interdifusión o de adhesión.

Por lo antes expuesto, podemos afirmar que los procedimientos de acondicionamiento y adhesión a dentina constituyen el mayor desafío de la odontología restauradora actual.

En la adhesión a dentina, luego de eliminar el tejido cariado, algunos autores sugieren hacer uso de desinfectantes cavitarios tales como: EDTA al 17%, hipoclorito de sodio al 5,25%; clorhexidina al 2%, peróxido de hidrógeno al 3%, etc. con la finalidad de reducir la carga bacteriana presente en dentina que podrían generar sensibilidad post operatoria o recidiva de caries.

El uso de estos desinfectantes es muy discutido ya que no se sabe el resultado que puedan tener sobre la adhesión a dentina. Sus efectos van desde la simple remoción de los contaminantes, hasta la remoción parcial o total del barro dentinario, facilitando la interacción entre la resina y dentina, a pesar de que cambian la permeabilidad dentinaria y los fenómenos relacionados con ésta (Marshall y col., 1995). Además, es necesario conocer si alteran las propiedades de los sistemas adhesivos. Autores indican que el uso de estos desinfectantes logran mejorar la interacción entre la dentina y el material restaurador y de esta forma minimizar la microfiltración (Fawzy y col., 2008; Elkassas y col., 2014).

El uso de hipoclorito de sodio surgió con la idea de eliminar toda esa capa rica en colágeno (desproteneización) y permitir que el adhesivo penetre dentro del túbulo dentinario y en sus conexiones intertubulares (*lateral branches*), logrando una interacción sobre la superficie dura, libre de colágeno y generando así los fenómenos reológicos y geométricos (Perdigão y col., 2000). Aparentemente, la unión de la resina a la dentina desmineralizada y tratada con hipoclorito de sodio se vuelve similar al esmalte tratado con ácido.

Este proceso, genera un tejido menos mineralizado, más irregular, más rugoso y con una porosidad desigualmente distribuida. Los autores Mountouris y col. (2004), así como también Hu y col. (2010), demostraron con la del espectro infrarrojo transformada de Fourier (FTIR) que la intensidad de los picos de fosfato y carbonato disminuía después del grabado ácido, y los picos de fosfato aparecían nuevamente y alcanzaban una meseta de alta intensidad después de tratamientos de 30 a 60 segundos con hipoclorito de sodio. Las investigaciones mostraron que el tratamiento con hipoclorito de sodio expone un laberinto de túbulos secundarios laterales, que podría dar lugar a una topografía aproximada a la del esmalte grabado, que facilite la dispersión de los adhesivos y la humectabilidad del sustrato.

La permeabilidad de la dentina también se mejoró con la eliminación de materiales orgánicos (Inaba y col., 1995). Como describieron los investigadores Perdigão y col. (2000) y Mountouris y col. (2004), la aplicación de la solución alteró la ultra-morfología de la superficie de dentina grabada, exponiendo una red de canales laterales secundarios a la dentina superficial y ensanchando la abertura de los túbulos dentinarios en la dentina profunda, que debería producir tags más largos, relacionadas con un mayor número de fallas mixtas. Por su parte, Toledano y col. (2002) concluyen que la desproteneización con hipoclorito, no influyen en el mejoramiento de la adhesión en estudios de *shear bond strength* (resistencia adhesiva).

Basados en los resultados obtenidos en este trabajo de investigación, como se puede observar en la **Tabla 1** (pg. 44), hay una marcada evidencia que este acondicionamiento no beneficia de manera significativa los valores de adhesión cuando se emplea como tratamiento previo al adhesivo Single Bond Universal (SBU) en el grupo G1-B, no coincidiendo con los resultados obtenidos por Fawzy y col. (2008) y Elkassas y col. (2014), quienes reportan un incremento significativo en la fuerza de adhesión con el pre-tratamiento de NaClO. Sin embargo, los resultados obtenidos en este trabajo, sí son

coincidentes con los resultados obtenidos por Marshall y col. (2004) y Toledano y col. (2002), quienes demostraron que el uso del tratamiento previo antes mencionado, no influenciaba los valores de la fuerza traccional, además de observar que la aplicación de esta solución no tenía efecto alguno en la capa de barro dentinario y no afectó los valores adhesivos.

Después de la aplicación de NaClO, no se pudo observar una diferencia estadísticamente significativa para cada dentina. La eliminación del colágeno no desempeñó ningún papel en el μ TBS obtenido en la dentina con ASB y SBU.

No se obtuvieron diferencias en la fuerza de unión entre dentina grabada y grabada/desproteneizada con NaClO cuando se usaron algunos adhesivos de una sola botella de grabado y enjuague. Por lo tanto, no se estableció ninguna relación entre la rugosidad superficial y la resistencia de la unión, como señalaron Uceda-Gómez y col. (2007). Sin embargo, el porcentaje de fallas mixtas aumentó con el tratamiento con NaClO en dentina. Varios investigadores tales como Toledano y col. (2002), Uceda-Gómez y col. (2007) y Erhardt y col. (2008), han estudiado el papel de NaClO en la permeabilidad y en la adhesión de la dentina. Dependiendo de cada metodología de prueba y/o composición específica de cada adhesivo a la dentina, la aplicación de NaClO al grabado puede aumentar o disminuir las resistencias de unión. Nuestros resultados coinciden con Perdigão y col. (2000), en que el mecanismo de adhesión por excelencia es el complejo entrecruzamiento entre el entramado colágeno y el adhesivo hidrófilo, siendo contraproducente eliminar el colágeno.

En base a los datos de resistencia de adhesión, se ha concluido que cuanto mayor es la concentración de NaClO, mayor es la fuerza de unión, hasta que se alcanza una meseta a una concentración del 10% para un tiempo de aplicación de 60 segundos (Perdigão y col., 2000; Mountouris, 2004).

Entendemos que los test mecánicos de laboratorio utilizados para evaluar la resistencia de unión de las estructuras dentarias a los sistemas adhesivos, basándose en la aplicación de fuerzas de dislocamiento con la finalidad de simular las fuerzas y cargas a las que son sometidas las restauraciones en el medio bucal, son incompletas, ya que no pronostican el comportamiento clínico de los biomateriales, por lo que no es posible traspolar los resultados “in vitro” a la situación clínica.

Con respecto a la potencial zona basal desprotegida, que daría lugar a la nanofiltración, o a la desnaturalización del colágeno desnudo, lo más probable es que los nanorrellenos

en la composición de SBU refuerzan la hipótesis de que la carga nanométrica pueda reducir la penetración del adhesivo en la dentina tratada con ácido y NaClO (Nunes y col., 2001). Van Landuyt y col. (2007) sugirieron que la carga en la resina adhesiva podría disminuir la humectación de la superficie de dentina imprimada debido a la mayor viscosidad de las resinas rellenas, reduciendo así la fuerza de unión en su estudios. En este estudio, el adhesivo con carga nanométrica, formó capas gruesas. Otras posturas sostienen que la dentina desmineralizada o rica en colágeno puede actuar como un tamiz, con un relleno que se acumula en la parte superior y obstruye la penetración de la resina en la dentina (Nunes y col., 2001). Sin embargo, la presencia de cargas puede ser importante para producir una película de resina suficientemente gruesa en la parte superior de la capa híbrida (Van Landuyt y col., 2007). Incluso, si los nanorrellenos de la resina adhesiva no se infiltran dentro de la red de fibrillas de colágeno, pueden ayudar a establecer una película de resina uniforme que establezca la capa híbrida (Gallo y col., 2001). La presencia de sustancias tales como el cinc en los adhesivos, actuarían como inhibidores de las metaloproteinasas, prolongando así la integridad de la zona hibridizada (Toledano y col., 2017).

No se encontraron diferencias en los valores de media obtenidos en este grupo con los pre-tratamientos de los grupos G2-B (EDTA) y G3-B (H₂O₂) en contraste con los valores obtenidos en los grupos G4, que muestran que el grabado ácido previo sí tiene una incidencia significativa en los valores tensiles críticos de adhesión. En realidad lo que sucede como consecuencia de la desproteneización es una mejor y más íntima interface que, a decir verdad, no jugaría ningún rol protagónico en la adhesión sino más bien en la eliminación de la potencial nanofiltración de la zona basal (Thanatvarakorn y col., 2014).

El uso de desproteneizantes como el hipoclorito de sodio, el EDTA o el peróxido no hacen más que profundizar la erosión sin generar un aumento de la resistencia adhesiva (Tartari y col., 2018).

Los valores obtenidos en los grupos G4-A (H₃PO₄+ SB) y G6-B (SBU), realizando las técnicas recomendadas por los fabricantes, son coincidentes con los obtenidos por Perdigão y col. (2006), quienes midieron las fuerzas de unión mediante test de microtensión y concluyen que los sistemas adhesivos autograbantes de un solo paso presentan fuerzas de adhesión inferiores a los adhesivos de dos pasos, y dependen del tipo de dentina sobre la que se apliquen.

Los especímenes del grupo G4-B (H3PO4+SBU) y el grupo G4-A (H3PO4+SB), ambos con grabado ácido previo de la superficie y en ese orden, obtuvieron los valores más elevados de adhesión media, coincidiendo con Rotta y col. (2007), Lopes y col. (2007) y Oliveira y col. (2003), quienes demostraron que hay una influencia positiva del grabado ácido previo, sobre la adhesión de los sistemas adhesivos autoacondicionantes utilizados en odontología.

Como se puede observar en la **Tabla 1** (pg. 44), el grupo G5-A presenta una media similar a las de los grupos G1, G2 y G3, por lo que podemos deducir, coincidiendo con Tartari y col. (2018), que la desproteneización posterior al grabado ácido no contribuye a aumentar la resistencia a la adhesión. En la **Tabla 2** (pg. 45) se observa una diferencia altamente significativa entre los subgrupos evidenciando que solamente cuando se utiliza grabado ácido previo se incrementan los valores de adhesión, de modo tal, que no sería necesario ningún otro tratamiento adicional.

Lo que se evidencia en la **Tabla 3b** (pg. 49) es que ningún tratamiento adicional al grabado posibilitó valores mayores a 8 ± 4 MPa.

Los tipos de falla encontrados fueron adhesivos en su mayor porcentaje. Sin embargo, los pocos casos en los que encontramos fallas cohesivas (dentina) y cohesivas (RC) se dieron en su totalidad en el grupo G4-B, lo que nos está indicando la efectividad del tratamiento utilizado en este grupo, ya que todos los demás grupos, como se observa en la **Fig. 33** (pg. 45), no presentan diferencias significativas entre ellos, discrepando con los autores antes mencionados. El diagrama de cajas de la **Fig. 35** (pg. 51) nos da una idea cabal de lo expuesto. En la **Tabla 5** (pg. 51), el SBU muestra evidencia significativa de mejor resistencia adhesiva, y esto puede explicarse por su composición ya que la presencia de ésteres fosfonatos contribuyen a mejorar la impregnación de la dentina acondicionada (Osorio y col., 2016).

Los resultados del presente estudio respaldan los hallazgos previos de Perdigão y col. (2000) al cuestionar el rol cualitativo y cuantitativo de las fibras de colágeno en la optimización de la adhesión. La aplicación de una solución de NaClO al 5,25% durante 45 segundos, después de la desmineralización, no mejoró la resistencia de la unión a la dentina. Sin embargo, los hallazgos de SEM muestran, para especímenes tratados con NaClO, que la capa híbrida no era visible y la base de los tags de resina contacta directamente con el adhesivo. La presencia de nanorrelleno en SBU o cambios oxidativos en la dentina empobrecida en colágeno podrían haber influido en la ausencia

de variación en las mediciones de SBU. La utilización de hipoclorito de sodio resultó ser el factor más significativo asociado a valores de resistencia bajos.

En orden decreciente de relevancia le siguió el ácido fosfórico (H_3PO_4), pero en este caso, en sentido inverso, incrementando los valores de resistencia.

Resultó significativo el tamaño del área de sección transversal de la probeta, cuanto más grande el área menor la resistencia.

Con valores semejantes de significación se ubicaron EDTA al 17% y peróxido de hidrógeno al 3%, en ambos casos, la utilización de estas sustancias se asocia a menores resistencias.

En cuanto al factor SBU, los resultados sugieren que este compuesto incrementaría los valores de resistencia de las muestras.

Algunos autores afirman que todos los adhesivos, son de un pH ácido, aun los de tres pasos, en el caso del ASB, si bien el efecto global no resultó significativo, si parece influir negativamente (disminuye la resistencia), en determinadas combinaciones.

A pesar de que el ASB tiene un pH ácido, éste parecería no influir de manera positiva para el proceso de adhesión a dentina.

Si bien es cierto que la filosofía en el desarrollo de los adhesivos como en SBU, sería ser utilizado como adhesivo autoacondicionante, el grabado ácido previo no obstante, incrementa de manera significativa la fuerza de adhesión (Cabral y col., 2003; 2009).

▪ CONCLUSIONES



FO
Facultad de
Odontología

Estudio *in vitro* sobre la influencia del tratamiento acondicionador de superficie en la resistencia adhesiva de dos sistemas adhesivos diferentes. Estudio con microtensile.

CONCLUSIONES

El propósito de este trabajo fue determinar, mediante ensayos de microtensile, la influencia de distintos tratamientos previos de la dentina humana, en la capacidad de adhesión de dos sistemas diferentes de adhesivos, uno autoacondicionante y otro con grabado independiente.

Luego del análisis de los resultados obtenidos y dentro de las condiciones de este trabajo, podemos concluir que:

- El tratamiento previo dentinario con ácido fosfórico al 37% (H₃PO₄) permite lograr los valores más altos de resistencia adhesiva traccional en la interface D-RC, en los dos sistemas adhesivos utilizados.
- El adhesivo autoacondicionante SBU incrementa los valores de resistencia de las muestras, comparativamente con el sistema ASB.
- La utilización de tratamientos previos de la dentina con NaClO al 5,25%, EDTA al 17% y H₂O₂ al 3% no mejoran en modo alguno la fuerza de adhesión a la dentina.

• REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS



FO
Facultad de
Odontología

Estudio *in vitro* sobre la influencia del tratamiento acondicionador de superficie en la resistencia adhesiva de dos sistemas adhesivos diferentes. Estudio con microtensile.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilar-Mendoza JA, Rosales-Leal JI, Rodríguez-Valverde MA, Cabrerizo-Vílchez MA. Effect of acid etching on dentin wettability and bonding of self-etching primers versus phosphoric acid. *J Bio Mater Res B Appl Biomater* 2008; 84:277-285.

Aguilera FS, Osorio R, Osorio E, Moura P, Toledano M. Bonding efficacy of an acetone/based etch-and-rinse adhesive after dentin deproteinization. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2012; 17:649-654.

Aguilera FS, Osorio R, Osorio E, Moura P, Toledano M. Wetting ability of an acetone/based etch&rinse adhesive after NaOCl-treatment. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2012; 17:644-648.

Akatsuka R, Ishihata H, Noji M, Matsumura K, Kuriyagawa T, Sasaki K. Effect of hydroxyapatite film formed by powder jet deposition on dentin permeability. *Eur J Oral Sci* 2012; 120(6):558-562.

Albaladejo Martínez A. “Estudio *in vitro* de factores que afectan la durabilidad de la unión esmalte dentina” (Tesis doctoral en Estomatología). Editorial de la Universidad de Granada. Granada, España, 2006.

Arends J, Stokroos I, Jongebloed WG, Ruben J. The diameter of dentinal tubules in human coronal dentine after demineralization and air drying. *Caries Res* 1995; 29:118-121.

Benetti P, Fernandes VV, Torres CR, Pagani C. Bonding efficacy of new self-etching, self-adhesive dual-curing resin cements to dental enamel. *J Adhes Dent* 2011; 13(3):231-234.

Bowen RL, Eick JD, Henderson DA, Anderson DW. Smear layer: removal and bonding considerations. *Oper Dent* 1984; 3:30-34.

Buonocore M. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent Res* 1995; 34(6):849-853.

Brännström M, Linden L, Johnson G. Movement of dentinal and pulpal fluid caused by clinical procedures. *J Dent Res* 1968; 47:679-682.

Burke FJT, Mc Caughey AD. The four generations of dentin bonding. *Am J Dent* 1995; 8:88-92.

Cabral RJ, Mazzola I. Adhesión de los “primers” autoacondicionantes sobre esmalte bovino sin cortar. *Revista de la Asociación Odontológica Argentina* 2003; 91(5):461-465.

Cabral RJ, Mazzola I. Acción de un medio de fijación autoacondicionante sobre esmalte y dentina: observación con MEB. *Revista de la Asociación Odontológica Argentina* 2009; 97(5):409-414.

Lopes CG, Thys GD, Klaus P, Mussi G, Widmer N. Enamel Acid Etching: A Review. *Compendium of Continuing Education in Dentistry* 2007; 28(1):18-25.

Carvalho RM, Tay F, Sano H, Yoshiyama M, Pashley DH. Long-term mechanical properties of EDTA-demineralized dentin matrix. *J Adhes Dent* 2000; 2:193-199.

Casucci A, Monticelli F, Goracci C, Mazzitelli C, Cantoro A, Papacchini F, Ferrari M. Effect of surface pre-treatments on the zirconia ceramic-resin cement microtensile bond strength. *Dent Mater* 2011; 27(10):1024-1030.

Cecchin D, Almeida JF, Gomes BP, Zaia AA, Ferraz CC. Deproteinization technique stabilizes the adhesion of the fiberglass post relined with resin composite to root canal. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2012; 100:577-583.

Conde A, Mainieri V, Mota EG, Oshima HM. Influence of ultrasound and diamond burs treatments on microtensile bond strength. *Indian J Dent Res* 2012; 23(3):373-377.

Davis WL. (1986). *Histología y embriología bucal*. México DF, México. Interamericana Mc Graw-Hill.

Di Hipólito V, Rodrigues FP, Piveta FB, Azevedo Lda C, Bruschi Alonso RC, Silikas N, Carvalho RM, De Goes MF, Perlatti D'Alpino PH. Effectiveness of self-adhesive luting cements in bonding to chlorhexidine-treated dentin. *Dent Mater* 2012; 28(5):495-501.

Elkassas DW, Fawzi EM, El Zohairy A. The effect of cavity disinfectants on the micro-shear bond strength of dentin adhesives. *Eur J Dent* 2014; 8(2):184-190.

Erhardt MC, Osorio R, Toledano M. Dentin treatment with MMPs inhibitors does not alter bond strengths to caries-affected dentin. *J Dent* 2008; 36(12):106.

Erhardt MC, Osorio E, Aguilera FS, Proença JP, Osorio R, Toledano M. Influence of dentin acid-etching and NaOCl-treatment on bond strengths of self-etch adhesives. *Am J Dent* 2008; 21:44-48.

Fawzy AS, Amer MA, El-Askary FS. Sodium hypochlorite as dentinpretreatment for etch-and-rinse single-bottle and two-step self-etching adhesives: Atomic force microscope and tensile bond strength evaluation. *Journal of Adhesive Dentistry* 2008; 10:135-144.

Fusayama T, Nakamura M, Korosaki N, Iwaku M. Nonpressure adhesion of a new adhesive restorative system. *J Dental Res* 1979; 58:1364-1370.

Gallo JR, Comeaux R, Haines B, Xu X, Burgess JO. Shear bond strength of four filled dentin bonding systems. *Oper Dent* 2001; 26:44-47.

Garone W. (2003). Evolución de los sistemas adhesivos poliméricos, en: *Adhesión en Odontología Restauradora*, ed. Henostroza Haro. Editorial Maio. Curitiba, Brasil, 2003. 113-138.

Gaston BA, Pashley DH, West LA, Liewehr FR. Evaluation of regional bond strengths of resin cement to endodontic surfaces. *J Endod* 2001; 27(5):321-324.

Gwinnett JA, Tay FR, Pang KM, Wei SH. Comparison of three methods of critical evaluation of microleakage along restorative interfaces. *J Prosthet Dent* 1995; 74(6):575-585.

Gómez de Ferraris ME y Campos Muñoz A. *Histología y Embriología Bucodental*. Ed. Médica Panamericana. Madrid, 2001.

Han B, Dong Y, Gao X, Wang X, Tian F. Effect of filler content on the microtensile bond strength of composite resin and dentin in class I cavities. *Quint Int* 2012; 43(2):16-22.

Hashimoto M, Fujita S, Kaga M, Yawaka Y. Effect of water on bonding of one-bottle self-etching adhesives. *Dent Mater J* 2008; 27(2):172-178.

Hiraishi N, Yiu C, King N, Tay FR. Effect of 2% chlorhexidine on dentin microtensile bond strengths and nanoleakage of luting cements. *J Dent* 2009; 37(6):440-448.

Hu X, Ling J, Gao Y. Effects of irrigation solutions on dentin wettability and roughness. *J Endod* 2010; 36:1064.

Imbery TA, Kennedy M, Janus C, Moon PC. Evaluating EDTA as a substitute for phosphoric acid-etching of enamel and dentin. *Gen Dent* 2012; 60(2):55-61.

Inaba D, Duschner H, Jongebloed W, Odelius H, Takagi O, Arends J. The effects of a sodium hypochlorite treatment on demineralized root dentin. *Eur J Oral Sci* 1995; 103:368-374.

Kanka J. Resin bonding to wet substrate: bonding to dentin. *Quint Int* 1992;23(1):39-41.

Kugel G, Ferrari M. The science of bonding: from first to sixth generation. *J Am Dent Assoc* 2000; 131:20-25.

Lahmouzi J, Farache M, Umana M, Compere P, Nyssen-Behets C, Samir N. Influence of sodium hypochlorite on Er: YAG laser-irradiated dentin and its effect on the quality of adaptation of the composite restoration margins. *Photomed Laser Surg* 2012; 30(11):655-662.

Luque-Martínez IV, Perdigão J, Muñoz MA, Sezinando A, Reis A, Loguercio AD. Effects of solvent evaporation time on immediate adhesive properties of universal adhesives to dentin. *Dent Mater* 2014; 30(10):1126-1135.

Macchi RL. *Materiales dentales*. Ed. Médica Panamericana. Buenos Aires, Argentina, 2007.

Manimaran VS, Srinivasulu S, Rajesh Ebenezar A, Mahalaxmi S, Srinivasan N. Application of a proanthocyanidin agent to improve the bond strength of root dentin treated with sodium hypochlorite. *J Conserv Dent* 2011; 14(3):306-308.

Mair L, Padipatvuthikul P. Variables related to materials and preparing for bond strength testing irrespective of the test protocol. *Dent Mater* 2010; 26(2):17-23.

Marshall GW, Balooch M, Kinney JH, Marshall SJ. Atomic forcemicroscopy of conditioning agents on dentin. *Mater Res* 1995; 29(11):1381-1387.

Marshall GW, Marshall SJ, Balooch M, Kinney JH. Evaluating demineralization and mechanical properties of human dentin with AFM. *Methods Mol Biol* 2004; 242:141-159.

Mazzitelli C, Papacchini F, Monticelli F, Toledano M, Ferrari M. Effects of post surface treatments on the bond strength of self-adhesive cements. *Am J Dent* 2012; 25(3):159-164.

Mjör IA y Fejerskov O. *Embriología e histología oral humana*. Ed. Salvat. Barcelona, España, 1989.

Monticelli F, Osorio R, Mazzitelli C, Ferrari M, Toledano M. Limited decalcification/diffusion of self-adhesive cements into dentin. *J Dent Res* 2008; 87(10):974-979.

Mountouris G, Silikas N, Eliades G. Effect of sodium hypochlorite treatment on the molecular composition and morphology of human coronal dentin. *J Adhes Dent* 2004; 6:175-182.

Nakabayashi N, Kojima K, Masuhara E. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. *J Biomed Mater* 1982; 16(3):265-273.

Nakabayashi N, Nakamura M, Yasuda N. Hybrid layer as a dentin-bonding mechanism. *J Esthet Dent* 1991; 3(4):133-138.

Nakabayashi N, Takarada K. Effect of HEMA on bonding to dentin. *Dent Mater* 1992; 8(2):125-130.

Nunes MF, Swift EJ, Perdigão J. Effects of adhesive composition on microtensile bond strength to human dentin. *Am J Dent* 2001; 14:340-343.

Oliveira S, Pugach M, Hilton J, Watanabe L. The influence of dentin smear layer on adhesion: A self-etching primer vs. a total etch system. *Dent Mater* 2003; 19:758-767.

Osorio R, Toledano M, Pisani-Proença, Erhardt MCG, Osorio E, Aguilera FS, Tay FR. Resistance of ten contemporary adhesives to resin-dentin bond degradation. *J Dent* 2008; 36:163-169.

Osorio R, Cabello I, Medina-Castillo AL, Osorio E, Toledano M. Zinc-modified nanopolymers improve the quality of resin-dentin bonded interfaces. *Clin Oral Investig* 2016; 20(9):2411-2420.

Pashley DH, Sano H, Ciucchi B, Yoshiyama M, Carvalho R. Adhesion testing of dentin bonding agents: e review. *Dent Mater* 1995; 11:117-125.

Pashley DH, Tay FR. Agressiveness of contemporary self-etching adhesives. Part II: Effects on unground enamel. *Dent Mater* 2001; 17(5):430-444.

Pashley DH, Agee KA, Carvalho RM, Lee KW, Tay FR, Callison TE. Effects of water and water-free polar solvents on the tensile properties of demineralized dentin. *Dent Mater* 2003; 19(5):347-352.

Pashley DH, Tay FR, Yiu C, Hashimoto M, Breschi L, Carvalho RM, Ito S. Collagen degradation by host-derived enzymes during aging. *J Dent Res* 2004; 83(3):216-221.

Perdigão J, Lopes M, Geraldeli S, Lopes GC, Garcia-Godoy F. Effect of a sodium hypochlorite gel on dentin bonding. *Dent Mater* 2000; 16:311-323.

Perdigão J, Geraldeli S, Hodges JS. Total-etch versus self-etch adhesive: Effect on post-operative sensitivity. *Oper Dent* 2008; 33(4):426-433.

Perdigão J, Thompson JY, Toledano M, Osorio R. An ultra-morphological characterization of collagen-depleted etched dentin. *Am J Dent* 1999; 12:250-255.

Perdigão J, Muñoz MA, Sezinando A, Luque-Martinez IV, Staichak R, Reis A, Loguercio AD. Immediate adhesive properties to dentin and enamel of a universal adhesive associated with a hydrophobic resin coat. *Oper Dent* 2014; 39(5):489-499.

Pimentel F, Perlatti P, Suga R, Marins de Carvalho R. Testes mecânicos para a avaliação laboratorial da união resina/dentina. *Rev Fac Odont Bauru* 2002; 10(3):118-127.

Pisani-Proença J, Erhardt MC, Amaral R, Valandro LF, Bottino MA, Del Castillo-Salmerón R. Influence of different surface conditioning protocols on microtensile bond strength of self-adhesive resin cements to dentin. *J Prosthet Dent* 2011; 105(4):227-235.

Ravishanker P, Chaitanya K. In vitro evaluation of the effect of deproteinization on the marginal leakage of resin restorations using three bonding agents. *J Dent Res* 2012; 9(4):452-459.

Ritter AV, Heymann HO, Swift EJ, Sturdevant JR, Wilder AD. Clinical evaluation of an all-in-one adhesive in non-carious cervical lesions with different degrees of dentin sclerosis. *Oper Dent* 2008; 33(4):370-378.

Roberson T, Heymann H y Swift E. Sturdevant's art and science of operative dentistry - 5° edition. Ed. Mosby. St Louis Missouri, USA, 2006.

Rotta M, Bresciani P, Moura S, Miranda R, Hilgert L, Baratieri L, Loguercio A, Reis A. Effects of phosphoric acid pretreatment and substitution of bonding resin on bonding effectiveness of self-etching systems to enamel. *J Adhes Dent* 2007; 9:537-546.

Salz U, Bock T. Testing adhesion of direct restoratives to dental hard tissue a review. *J Adhes Dent* 2010; 12(5):343-371.

Sano H, Shono T, Sonoda H, Takatsu T, Ciucchi B, Carvalho RM, Pashley DH. Relationship between surface area for adhesion and tensile bond strength: Evaluation of a micro-tensile bond test. *Dent Mater* 1994; 10(4):236-240.

Saraceni CH, Liberti E, Navarro RS, Cassoni A, Kodama R, Oda M. Er: YAG-laser and sodium hypochlorite influence on bond to dentin. *Microsc Res Tech* 2013; 76(1):72-78.

Sen B, Wesselink P, Yurkun M. The smear layer: Phenomenon in root canal therapy. *Int Endod J* 1995; 28:141-148.

Sezin M. "Estudio comparativo de adhesivos dentinarios de diferente constitución" (Tesis doctoral). Facultad Odontología, UNC. Córdoba, Argentina, 2008.

Silva EM, Almeida GS, Poskus LT, Guimarães JGA. Influence of organic acids present in the oral biofilm on the microtensile bond strength of adhesive systems to human dentin. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2012; 100(3):735-741.

Taschner M, Nato F, Mazzoni A, Frankenberger R, Krämer N, Di Lenarda R, Petschelt A, Breschi L. Role of preliminary etching for one-step self-etch adhesives. *Eur J Oral Sci* 2010; 118(5):517-524.

Tartari T, Bachmann L, Zancan RF, Vivan RR, Duarte MAH, Bramante CM. Analysis of the effects of several decalcifying agents alone and in combination with sodium hypochlorite on the chemical composition of dentine. *Int Endod J* 2018; 51(1):42-54.

Tay F, Smales R, Ngo H, Wei S, Pashley D. Effect of different conditioning protocols on adhesion of a GIC to dentin. *J Adhes Dent* 2001; 3(2):153-167.

Tay FR, Pashley D. Aggressiveness of contemporary self-etching systems: Depth penetration beyond dentin. *Dent Mater* 2001; 17(4):296-308.

Thanatvarakorn O, Nakajima M, Prasansuttiorn T, Ichinose S, Foxton RM, Tagami J. Effect of smear layer deproteinizing on resin-dentine interface with self-etch adhesive. *J Dent* 2014; 42(3):298-304.

Toledano M, Osorio R, Albaladejo A, Aguilera FS, Osorio E. Differential effect of in vitro degradation on resin-dentin bonds produced by self-etch versus total-etch adhesives *J Biomed Mater Res* 2006; 77:128-135.

Toledano M, Perdigão J, Osorio E, Osorio R. Influence of NaOCl deproteinization on shear bond strength in function of dentin depth. *Am J Dent* 2002; 15:252-255.

Toledano M, Osorio R, Osorio E, Cabello I, Toledano-Osorio M, Aguilera FS. A zinc chloride-doped adhesive facilitates sealing at the dentin interface: A confocal laser microscopy study. *Mech Behav Biomed Mater* 2017; 74:35-42.

Uceda-Gómez N, Loguercio AD, Moura SK, Grande RH, Oda M, Reis A. Long-term bond strength of adhesive systems applied to etched and deproteinized dentin. *J Appl Oral Sci* 2007; 15:475-479.

Van Landuyt K, Snauwaert J, De Munck J, Peumans M, Yoshida Y, Poitevin A. Systematic review of the chemical composition of contemporary dental adhesives. *Biomater* 2007; 28:3757-3785.

Van Meerbeek B, Willems G, Celis JP, Roos JR, Braem M, Lambrechts P, Vanherle G. Assessment by nano-indentation of the hardness and elasticity of the resin-dentin bonding area. *J Dent Res* 1993; 72(10):1434-1442.

▪ ANEXOS



FO
Facultad de
Odontología

Estudio *in vitro* sobre la influencia del tratamiento acondicionador de superficie en la resistencia adhesiva de dos sistemas adhesivos diferentes. Estudio con microtensile.

ANEXOS

Planillas de obtención de valores en ensayos de microtensile:

1) G1-A Hipoclorito de Sodio al 5,25% + ASB 2

Muestras descartadas por falla durante proceso de corte.

2) G1-B Hipoclorito de Sodio al 5,25% + SBU

Muestra	Área	N	Error Med.	Falla
1	5,33	19,5	0,1	D-RC
2	4,97	80,4	0,2	D-RC
3	5,03	56,0	0,2	D-RC
4	4,40	29,3	0,1	D-RC
5	4,42	38,9	0,1	D-RC
6	3,78	35,8	0,1	D-RC
7	5,96	36,7	0,1	D-RC
8	5,44	60,5	0,2	cohesivo dentina
9	4,87	20,7	0,1	D-RC
10	3,31	57,5	0,2	D-RC
11	2,63	1,0	0,0	D-RC
12	3,28	28,8	0,1	D-RC
13	3,47	23,8	0,1	D-RC
14	3,67	20,0	0,1	D-RC
15	3,49	13,2	0,0	D-RC
16	5,56	60,5	0,2	D-RC
17	3,87	29,2	0,1	D-RC
18	4,11	49,8	0,1	cohesivo resina
19	3,78	31,9	0,1	D-RC
20	4,42	36,0	0,1	D-RC
21	3,31	28,6	0,1	D-RC
22	3,28	39,3	0,1	D-RC
23	4,10	31,8	0,1	D-RC
24	3,92	29,6	0,1	D-RC
25	5,03	34,9	0,1	D-RC
26	4,97	38,1	0,1	D-RC
27	5,20	39,3	0,1	D-RC
28	4,42	32,9	0,1	D-RC
29	4,98	38,2	0,1	D-RC
30	4,02	40,3	0,1	D-RC

3) G2-A EDTA 17% + ASB 2

Muestras descartadas por falla durante proceso de corte.

4) G2-B EDTA 17 % + SBU

Muestra	Área	N	Error Med.	Falla
1	3,78	68,9	0,2	D-RC
2	4,21	24,1	0,1	D-RC
3	5,82	58,0	0,2	D-RC
4	4,67	44,0	0,1	D-RC
5	5,22	47,6	0,1	cohesiva RC
6	4,21	49,0	0,1	D-RC
7	5,02	16,5	0,0	D-RC
8	4,27	55,7	0,2	D-RC
9	4,98	26,6	0,1	D-RC
10	4,94	28,8	0,1	D-RC
11	5,22	62,2	0,2	D-RC
12	4,24	61,1	0,2	D-RC
13	5,88	36,4	0,1	D-RC
14	4,34	41,7	0,1	D-RC
15	3,76	32,6	0,1	D-RC
16	4,84	31,9	0,1	cohesiva dentina
17	5,44	39,3	0,1	D-RC
18	6,22	37,7	0,1	D-RC
19	4,90	39,0	0,1	D-RC
20	4,52	26,7	0,1	D-RC
21	6,22	44,3	0,1	D-RC
22	4,86	39,0	0,1	D-RC
23	4,34	41,7	0,1	D-RC
24	4,42	36,5	0,1	D-RC
25	5,48	41,9	0,1	D-RC
26	3,90	38,3	0,1	D-RC
27	4,68	38,0	0,1	D-RC
28	4,78	19,4	0,1	D-RC
29	5,04	31,6	0,1	D-RC
30	4,88	37,1	0,1	D-RC
31	4,52	35,0	0,1	D-RC

5) G3-A Peróxido de Hidrógeno 3 % + ASB 2

Muestras descartadas por falla durante proceso de corte.

6) G 3-B Peróxido de Hidrógeno 3% + SBU

Muestra	Área	N	Error Med.	Falla
1	6,24	55,8	0,2	D-RC
2	4,33	17,8	0,0	D-RC
3	5,28	38,0	0,1	D-RC
4	4,77	18,7	0,1	D-RC
5	4,84	32,9	0,1	D-RC
6	4,66	40,6	0,1	D-RC
7	4,61	52,4	0,2	D-RC
8	5,32	33,7	0,1	D-RC
9	5,44	37,5	0,1	D-RC
10	5,76	31,5	0,1	D-RC
11	4,66	33,0	0,1	D-RC
12	5,30	41,7	0,1	D-RC
13	3,90	39,0	0,1	D-RC
14	4,28	37,0	0,1	D-RC
15	3,78	29,2	0,1	D-RC
16	3,90	34,8	0,1	D-RC
17	5,44	40,5	0,1	D-RC
18	4,70	51,4	0,1	D-RC
19	4,44	40,8	0,1	D-RC
20	4,90	41,8	0,1	D-RC
21	5,78	49,4	0,1	D-RC
22	3,28	30,2	0,1	D-RC
23	4,88	48,9	0,1	D-RC
24	4,38	61,7	0,2	D-RC
25	5,66	33,2	0,1	D-RC
26	4,92	51,2	0,1	D-RC
27	5,34	46,4	0,1	D-RC
28	4,62	31,6	0,1	D-RC
29	5,10	33,2	0,1	D-RC
30	4,22	44,6	0,1	D-RC
31	4,62	37,8	0,1	D-RC

7) G4-A Ac. Fosfórico 37% + ASB 2

Muestra	Área	N	Error Med.	Falla
1	3,25	79,7	0,2	D-RC
2	4,86	58,8	0,2	D-RC
3	6,66	40,0	0,1	D-RC
4	4,14	67,6	0,2	D-RC
5	5,42	67,6	0,2	D-RC
6	4,83	96,0	0,3	D-RC
7	4,66	61,6	0,2	D-RC
8	4,66	61,7	0,2	D-RC
9	5,61	58,1	0,2	D-RC
10	5,31	86,5	0,3	D-RC
11	5,81	57,8	0,2	D-RC
12	4,20	49,6	0,1	D-RC
13	6,13	75,7	0,2	cohesiva resina
14	3,84	45,3	0,1	D-RC
15	3,70	40,8	0,1	D-RC
16	3,44	65,1	0,2	D-RC
17	5,22	50,4	0,1	D-RC
18	6,27	76,9	0,2	D-RC
19	4,78	40,0	0,1	D-RC
20	4,86	61,3	0,2	D-RC
21	6,29	70,8	0,2	D-RC
22	6,22	62,4	0,2	D-RC
23	4,55	52,4	0,2	D-RC
24	4,56	66,3	0,2	D-RC
25	5,42	42,5	0,1	D-RC
26	5,62	47,3	0,1	D-RC
27	4,92	63,0	0,2	D-RC
28	4,86	56,5	0,2	D-RC
29	5,42	30,6	0,1	D-RC
30	4,90	41,0	0,1	D-RC
31	4,83	38,6	0,1	D-RC

8) G4-B Ac. Fosfórico 37% + SBU

Muestra	Área	N	Error Med.	Falla
1	5,44	23,6	0,1	cohesiva RC
2	4,90	134,7	0,4	D-RC
3	5,98	38,6	0,1	D-RC
4	4,60	48,4	0,1	D-RC
5	5,40	53,0	0,2	D-RC
6	4,68	84,5	0,2	D-RC
7	4,90	96,1	0,3	D-RC
8	6,20	65,6	0,2	D-RC
9	5,34	84,2	0,2	D-RC
10	5,42	68,8	0,2	D-RC
11	6,22	87,3	0,3	D-RC
12	4,78	116,7	0,3	D-RC
13	4,58	91,8	0,3	cohesiva RC
14	4,80	78,2	0,2	D-RC
15	3,98	80,7	0,2	D-RC
16	4,08	99,7	0,3	D-RC
17	5,10	60,1	0,2	D-RC
18	5,42	79,4	0,2	D-RC
19	4,90	40,0	0,1	D-RC
20	4,70	78,3	0,2	D-RC
21	5,48	73,4	0,2	D-RC
22	5,18	61,0	0,2	D-RC
23	4,44	71,0	0,2	D-RC
24	4,60	83,1	0,2	D-RC
25	6,08	80,6	0,2	D-RC
26	5,02	68,5	0,2	D-RC
27	4,88	70,4	0,2	D-RC
28	4,76	66,5	0,2	D-RC
29	4,90	65,2	0,2	D-RC
30	5,12	68,9	0,2	cohesiva RC
31	4,76	90,5	0,3	D-RC

9) G5-A Ac. Fosfórico 37% + Hipoclorito de Na 5,25% + ASB 2

Muestra	Área	N	Error Med.	Falla
1	4,76	82,2	0,2	D-RC
2	4,56	75,6	0,2	D-RC
3	5,90	27,1	0,1	D-RC
4	5,22	28,4	0,1	D-RC
5	5,20	53,5	0,2	D-RC
6	4,88	29,2	0,1	D-RC
7	4,90	63,7	0,2	D-RC
8	4,32	29,5	0,1	D-RC
9	5,76	47,6	0,1	D-RC
10	5,68	18,5	0,1	D-RC
11	4,68	15,3	0,0	D-RC
12	4,56	27,0	0,1	D-RC
13	5,22	44,7	0,1	D-RC
14	4,24	38,2	0,1	D-RC
15	3,90	39,2	0,1	D-RC
16	4,60	34,3	0,1	D-RC
17	5,22	40,1	0,1	D-RC
18	4,78	31,8	0,1	D-RC
19	4,86	39,0	0,1	D-RC
20	4,28	42,4	0,1	D-RC
21	6,30	29,2	0,1	D-RC
22	5,22	34,9	0,1	D-RC
23	4,68	19,4	0,1	D-RC
24	5,24	41,3	0,1	D-RC
25	4,66	40,5	0,1	D-RC
26	5,24	34,9	0,1	D-RC
27	4,76	31,8	0,1	D-RC
28	4,44	27,3	0,1	D-RC
29	5,20	36,3	0,1	D-RC
30	4,10	40,4	0,1	D-RC
31	4,36	35,4	0,1	D-RC

10) G5-B Ac. Fosfórico 37% + Hipoclorito de Na 5,25% + SBU

Muestra	Área	N	Error Med.	Falla
1	4,32	125,2	0,4	D-RC
2	4,76	107,6	0,3	D-RC
3	4,88	92,5	0,3	D-RC
4	5,12	80,1	0,2	D-RC
5	5,22	53,1	0,2	D-RC
6	4,90	109,1	0,3	D-RC
7	4,36	66,2	0,2	cohesiva dentina
8	4,90	76,3	0,2	D-RC
9	4,66	19,7	0,1	D-RC
10	4,56	75,1	0,2	D-RC
11	5,20	64,5	0,2	D-RC
12	5,32	57,8	0,2	D-RC
13	5,42	46,0	0,1	D-RC
14	4,94	51,1	0,1	D-RC
15	4,32	59,7	0,2	D-RC
16	4,40	52,4	0,2	D-RC
17	4,78	74,2	0,2	D-RC
18	4,86	39,0	0,1	D-RC
19	4,30	51,2	0,1	D-RC
20	4,96	48,1	0,1	D-RC
21	5,18	49,2	0,1	D-RC
22	4,40	76,5	0,2	D-RC
23	4,88	71,8	0,2	D-RC
24	4,76	44,8	0,1	D-RC
25	4,22	50,1	0,1	D-RC
26	4,10	59,2	0,2	D-RC
27	4,56	57,0	0,2	D-RC
28	4,60	38,7	0,1	D-RC
29	5,10	50,0	0,1	D-RC
30	4,92	52,9	0,2	D-RC
31	4,86	48,9	0,1	D-RC

11) G6-A Sin tratamiento previo dentinario + ASB 2

Muestras descartadas por falla durante proceso de corte.

12) G6-B Sin tratamiento previo dentinario + SBU

Muestra	Área	N	Error Med.	Falla
1	4,66	32,3	0,1	D-RC
2	6,57	41,3	0,1	D-RC
3	6,25	43,6	0,1	D-RC
4	5,19	78,4	0,2	D-RC
5	5,45	76,3	0,2	cohesiva dentina
6	5,14	67,0	0,2	cohesiva RC
7	5,45	115,6	0,3	D-RC
8	5,67	80,6	0,2	D-RC
9	5,08	40,9	0,1	D-RC
10	4,52	76,6	0,2	D-RC
11	3,57	41,4	0,1	D-RC
12	4,05	34,9	0,1	D-RC
13	3,56	27,4	0,1	D-RC
14	5,79	69,5	0,2	cohesiva RC
15	4,42	61,3	0,2	D-RC
16	4,48	56,7	0,2	D-RC
17	4,10	62,5	0,2	D-RC
18	3,57	69,4	0,2	cohesiva RC
19	5,50	41,3	0,1	D-RC
20	4,22	59,9	0,2	D-RC
21	4,10	47,7	0,1	D-RC
22	4,48	49,1	0,1	D-RC
23	3,92	56,6	0,2	D-RC
24	4,84	38,2	0,1	D-RC
25	5,81	45,3	0,1	D-RC
26	6,10	60,2	0,2	D-RC
27	4,84	41,4	0,1	D-RC
28	5,32	53,5	0,2	D-RC
29	6,13	49,0	0,1	D-RC
30	6,22	41,4	0,1	D-RC