



# **EFFECTO DEL PRETRATAMIENTO CON CLORHEXIDINA EN LA RESISTENCIA DE UNIÓN A DENTINA DESMINERALIZADA**

**Dr. Andrés García Terra**

**Maestría en Ciencias Odontológicas - Opción Odontopediatría**

**Facultad de Odontología**

**Universidad de la República**

**Uruguay**

**Julio 2022**



## **Efecto del pretratamiento con clorhexidina en la resistencia de unión a dentina desmineralizada**

Tesis de Maestría presentada al Programa de Posgrado de  
Maestría Académica en Ciencias Odontológicas - opción Odontopediatría,  
Facultad de Odontología, Universidad de la República,  
como parte de los requisitos necesarios para la obtención del título de  
Magister en Ciencias Odontológicas - opción Odontopediatría

### **EQUIPO RESPONSABLE**

<b>AUTOR</b>	<b>Dr. Andrés García</b>
TUTOR	PhD. Judith Liberman
CO TUTORES	Mg. María del Carmen López Jordi
ESTADÍSTICA	Mg. Anunziata Fabruccini

### **INVESTIGADOR RESPONSABLE**

**Dr. Andrés García**

Mail: [dr.andresgarciaterra@gmail.com](mailto:dr.andresgarciaterra@gmail.com)

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis tutoras por sus inmensurables aportes en todo momento. Ambas han dedicado su tiempo para que esta Tesis se haya desarrollado. Un especial agradecimiento a la Dra. María del Carmen López Jordi, que con su incansable compromiso y dedicación me impulsó a seguir adelante siempre.

Agradezco a la Institución la oportunidad brindada y a la Escuela de Graduados por el apoyo económico.

Quisiera agradecer a mi familia por la contención emocional en este largo camino.

A los docentes de la Cátedra de Materiales Dentales por sus constantes aportes, especialmente al Dr. Guillermo Grazioli quién me ayudó mucho con los protocolos en este trabajo de investigación.

Gracias a todos.

## RESUMEN

En la actualidad, la adhesión a los sustratos dentarios y en particular a la dentina sigue siendo controversial debido a la complejidad de la adhesión, por su predominante componente orgánico y presencia de humedad que generan un terreno desfavorable para los adhesivos hidrofóbicos. Los fabricantes desarrollan y comercializan nuevos sistemas adhesivos los cuales se pueden utilizar en contacto de cualquier sustrato además de poder adaptarse a las distintas estrategias adhesivas. En la literatura científica, hay escasa evidencia que vincule la adhesión a dentina desmineralizada utilizando adhesivos universales en conjunto con la aplicación de una solución de clorhexidina medida a largo plazo. **Objetivo:** Analizar la resistencia de unión a dentina humana sana y desmineralizada, en forma inmediata y a los seis meses, en dientes permanentes jóvenes utilizando un pretratamiento con clorhexidina al 2%. **Método:** Representa un estudio *in vitro*, experimental y longitudinal. 40 terceros molares sanos y con desarrollo radicular incompleto, fueron desgastados transversalmente exponiendo la dentina e incluidos en tubos de polipropileno. Las piezas incluidas fueron sometidas a un ciclado de pH. La superficie de dentina desmineralizada fue lijada con lija de carburo de 600g durante 30 segundos para crear una superficie con barrillo dentinario estandarizado. Los especímenes fueron divididos aleatoriamente en dos grupos: con y sin pretratamiento de clorhexidina al 2%. En todos los grupos se aplicó el mismo adhesivo universal y se colocó sobre la dentina una matriz de silicona cilíndrica con cuatro orificios que fueron llenados con resina compuesta y fotopolimerizados. Las muestras fueron almacenadas en agua destilada a 37°C durante 24 horas. Dos de los cilindros de resina de cada uno de los especímenes fueron sometidos a una prueba de resistencia de unión al microcizallamiento. Los dos cilindros restantes fueron almacenados en agua destilada a 37°C durante seis meses y sometidos a microcizallamiento al finalizar el período. **Resultados:** No se encontró diferencia significativa en cuanto a la resistencia de unión en ambas dentinas ( $p=0,8919$ ) inmediatamente a la aplicación del pretratamiento con clorhexidina al 2% si bien la dentina sana presentó mayores valores de resistencia de unión que la dentina desmineralizada. A los seis meses se observa una diferencia estadísticamente significativa ( $p<0,001$ ) lo que sugiere un efecto favorable de la clorhexidina, disminuyendo la pérdida de fuerza adhesiva a los 6 meses. **Conclusiones:** En lo que a estrategias adhesivas respecta, el uso de la clorhexidina como paso previo a la aplicación del adhesivo no incide de manera directa en la resistencia de unión a dentina sana

o desmineralizada de forma inmediata, sin embargo parece tener un efecto positivo a largo plazo.

**PALABRAS CLAVE:** Dentina desmineralizada, Adhesivos universales, Clorhexidina, Dientes permanentes

## **ABSTRACT**

Currently, the adhesion to dental substrates and in particular to dentin remains controversial due to the complexity of the adhesion, due to its predominant organic component and the presence of moisture that create an unfavorable terrain for hydrophobic adhesives. Manufacturers develop and market new adhesive systems which can be used in contact with any substrate as well as being able to adapt to different adhesive strategies. In the scientific literature, there is little evidence linking adhesion to demineralized dentin using universal adhesives in conjunction with the application of a chlorhexidine solution at six months. **Objective:** To analyze the binding strength to healthy and demineralized human dentin, immediately and at six months, in young permanent teeth using a 2% chlorhexidine pretreatment. **Method:** Represents an in vitro, experimental, and longitudinal study; 40 healthy third molars with incomplete root development were worn transversely exposing the dentin and polishing it with silicon carbide sandpaper. The specimens were included in polypropylene tubes. The included pieces were subjected to pH cycling. The demineralized dentin surface was sanded with 600g sandpaper for 30 seconds to create a standardized smear surface. The specimens were randomly divided into two groups, with and without 2% chlorhexidine pretreatment. In all groups, the same universal adhesive was applied and a cylindrical silicone matrix with four holes was placed on the dentin, which were filled with composite resin and light-cured. The samples were stored in distilled water at 37 ° C for 24 hours and two of the cylinders from each of the specimens were subjected to a micro-shear bond strength test. The remaining two cylinders were stored in distilled water at 37 ° C for six months and micro-sheared at the end of the period. **Results:** Immediately after the application of the pretreatment with 2% chlorhexidine, there was no significant difference regarding the bond strength in both dentins ( $p = 0.8919$ ) although healthy dentin presented higher bond strength values than demineralized dentin. However, at six months a statistically significant difference was observed ( $p < 0.001$ ). This suggests a favorable effect of

chlorhexidine reducing the loss of adhesive force at 6 months. **Conclusions:** Regarding adhesive strategies, the use of chlorhexidine as a previous step to the application of the adhesive does not have a direct impact on the bond strength to healthy or demineralized dentin immediately, however it seems to have a positive effect on medium term.

**KEYWORDS:** Demineralized dentin, Universal adhesives, Chlorhexidine, Permanent teeth

## **LISTA DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS**

<b>10-MDP</b>	10-metacriloxietil dihidrógeno fosfato
<b>ART</b>	Tratamiento de Restauración Atraumática
<b>ICCC</b>	International Caries Consensus Collaboration
<b>CH</b>	Capa híbrida
<b>CHX</b>	Clorhexidina
<b>DD</b>	Dentina desmineralizada
<b>DS</b>	Dentina sana
<b>FDI</b>	Federación Dental Internacional
<b>FO</b>	Facultad de Odontología
<b>HEMA</b>	2-Hidroxietil metacrilato
<b>IC</b>	Intervalo de confianza
<b>LADBio</b>	Laboratorio de Análisis y Desarrollo de Biomateriales
<b>MMP</b>	Metaloproteinasas de la matriz
<b>MSP</b>	Ministerio de Salud Pública
<b>OMS</b>	Organización Mundial de la Salud
<b>RSTC</b>	Remoción Selectiva del Tejido Cariado
<b>PPL</b>	Tubos de polipropileno
<b>Udelar</b>	Universidad de la República

## **LISTA DE FIGURAS, TABLAS Y GRÁFICOS**

Figura 1. Especímenes

Figura 2. Especímenes con corte transversal

Figura 3. Piezas estandarizadas e incluidas en tubos de PPL

Figura 4. Especímenes listos para someterse al ensayo mecánico.

Figura 5. Ensayo de microcizallamiento ejecutado en la máquina de ensayos universales del LADBIO

Figura 6. Esquema de los pasos metodológicos

Figura 7. Planilla de gastos

Figura 8. Gráfico de barras

Tabla 1. Interacción entre CHX y tiempo/estado.

Tabla 2. Comparaciones múltiples



## **TABLA DE CONTENIDOS**

- I. INTRODUCCIÓN**
  - Objetivos
- II. MARCO TEÓRICO**
  - II.1 Conceptualizaciones sobre caries dental
  - II.2 Adhesión a dentina
    - II.2.1 Adhesivos dentinarios
    - II.2.2 Adhesivos universales
  - II.3 Degradación de la capa híbrida
  - II.4 Clorhexidina
- III. METODOLOGÍA**
  - III.1 Contexto de la investigación
  - III.2 Preparación de los especímenes
    - III.2.1 Creación de los subgrupos
    - III.2.2 Ensayo de entrenamiento
  - III.3 Prueba de resistencia de unión a microcizallamiento
  - III.4 Fuente de financiación
- IV. ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y RESULTADOS**
  - IV.1 Sistematización del examen
  - IV.2 Análisis estadístico
  - IV.3 Resultados
- V. DISCUSIÓN**
  - V.1 Limitaciones del estudio
  - V.2 Consideraciones éticas
- VI. CONCLUSIONES**
- VII. REFERENCIAS**
- VIII. ANEXOS**
  - Anexo 1. Consentimiento informado
  - Anexo 2. Ficha de recolección de datos
  - Anexo 3. Aprobación del Comité de Ética
  - Anexo 4. Planilla de gastos

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

En esta tesis se presenta, un trabajo realizado en el marco de la Maestría en Ciencias Odontológicas opción Odontopediatría. Representa un estudio *in vitro* desarrollado íntegramente en el Laboratorio de Análisis y Desarrollo de Biomateriales (LADBio) de la Facultad de Odontología (FO) de la Universidad de la República (Udelar).

En la actualidad el progreso de los biomateriales, y en especial, los sistemas adhesivos están enfocados a la mejoría de sus propiedades, desempeño clínico y la simplificación de las técnicas. El acondicionamiento ácido de la superficie de esmalte inició la vía de las estrategias adhesivas que hoy conocemos como técnicas de grabado y lavado, y técnicas de autoacondicionamiento. <sup>1,2</sup>

Existe una tendencia a desarrollar adhesivos más simples, que reduzcan el número de pasos y la posibilidad de fallas, como el exceso de grabado o secado excesivo de la dentina y de este modo evitar problemas en la adhesión. <sup>1,3,4</sup> A pesar de los esfuerzos de los fabricantes para desarrollar y comercializar nuevos sistemas adhesivos, su aplicación en dentina sigue siendo controversial, debido a la complejidad que genera la adhesión a este tejido, no sólo por su predominante componente orgánico sino también por la presencia de humedad, lo que constituye un terreno desfavorable para los adhesivos hidrofóbicos. <sup>1,5,6,7</sup>

Actualmente los conceptos sobre la remoción selectiva de tejido cariado (RSTC) en adultos jóvenes, representa un tratamiento recomendado para el control del avance de la lesión cariosa, creando una superficie adecuada para la adhesión brindando las condiciones que optimice la longevidad de la restauración. <sup>6-8</sup> Numerosos autores <sup>9-12</sup> establecen que si el remanente bacteriano de la dentina en el piso cavitario se ve disminuído en cantidad y privado de nutrientes, su mantenimiento sería irrelevante, pues si los microorganismos son sellados bajo una restauración satisfactoria pueden permanecer viables pero inactivos, por lo que la lesión no progresa. <sup>7, 12, 13</sup>

No obstante, es importante resaltar que la dentina desmineralizada (DD), sufre cambios a causa de la acción de los ácidos bacterianos, alterando la matriz orgánica y la red de fibras colágenas, lo que resultaría en un efecto negativo para las técnicas adhesivas actuales. <sup>5, 6</sup>

En referencia al tejido dentinario podemos afirmar que es mineralizado, compuesto por cristales de apatita inorgánicos incluidos en una matriz orgánica extracelular. Como componente principal el colágeno tipo I está presente en ella y representa hasta el 90% del material orgánico. Además, existen otras proteínas denominadas colectivamente proteínas no colágenas y constituyen el 10% de la matriz, éstas incluyen proteoglicanos, fosfolípidos y enzimas. Entre las enzimas dentinarias, las metaloproteinasas de la matriz (MMP) han ganado recientemente mucha atención debido a su posible papel en varios procesos fisiológicos y patológicos en la dentina.

El tejido cariado dentinario, según E. Kidd y col. <sup>14</sup>, llamado “catástrofe ecológica” involucra procesos celulares, reguladores de la velocidad de avance de la lesión, presentando una progresión no lineal.

La difusión de metabolitos bacterianos en el tejido dentinario provoca inicialmente una desorganización de la capa odontoblástica y la dentina establece un mecanismo de remineralización como respuesta fisiológica (zona oscura). El avance del proceso de caries en dentina es bastante más irregular y mucho más rápido que en el esmalte, principalmente porque el contenido mineral es menor, afectando inicialmente en forma más importante la dentina peritubular que la intertubular por presentar mayor grado de mineralización.<sup>15</sup>

Histológicamente se distinguen varias zonas en el avance de la lesión en dentina que Fusayama (1975) <sup>16</sup> describe en dos capas:

- a) dentina infectada, contaminada por bacterias, no vital, y no es remineralizable por lo que debe eliminarse.
- b) dentina afectada, vital, sensible, desmineralizada (más dura), libre de bacterias y susceptible de ser remineralizada por lo que debe conservarse.

a) *La dentina infectada* muestra aglomerados de fibras colágenas dispuestas en forma dispersa, reducción del número de moléculas precursoras del colágeno y de cristales de hidroxapatita, presencia de bacterias sellando junto con material amorfo la luz de los túbulos dentinarios alargados por la pérdida de la dentina peritubular y sin procesos odontoblásticos en su interior.

Se observan fisuras en el espesor del tejido dentinario por ruptura de muchos túbulos dentinarios y colágeno completamente desorganizado. Estas zonas pueden ir aumentando

e incluso unirse entre ellas y esto hace que la dentina infectada se remueva con alguna facilidad. Cuando el colágeno se desnaturaliza se reduce su capacidad de servir como núcleos de cristalización.<sup>17</sup>

b) La *dentina afectada* se asemeja a la dentina sana la dentina peritubular es densa y mineralizada, rica en fibronectina, proteína que ejerce una función clave sobre los odontoblastos en la interacción con la matriz extracelular.<sup>18</sup>

De acuerdo a la Federación Dental Internacional (FDI) se deben respaldar los métodos de excavación del tejido cariado que conserven la mayor parte de tejido dentario y que resulten menos invasivos, tal como recomienda la International Caries Consensus Cooperation (ICCC)<sup>19</sup>: Remoción Selectiva del Tejido Cariado (RSTC) y Tratamiento de Restauración Atraumática (ART).<sup>20</sup>

La FDI en 2017<sup>21</sup> respalda las siguientes directrices clínicas recomendadas para la eliminación del tejido cariado en las lesiones cavitadas en dentina y dientes asintomáticos:

- Se debe conservar la dentina no desmineralizada y remineralizable.
- Se debe conseguir un sellado adecuado al colocar la restauración en la dentina o el esmalte sano; así inactivan las bacterias remanescientes y se controla la lesión cariosa.
- Para alargar al máximo la longevidad de la restauración, se debe eliminar suficiente dentina blanda a fin de poder colocar una restauración duradera con una masa y resiliencia suficientes, además de asegurarse de realizar un sellado adecuado.

Es importante establecer que los diferentes procedimientos de remoción selectiva de tejido dentinario cariado se complementan obligatoriamente con la utilización de materiales de obturación que logren un sellado marginal óptimo.

Por lo tanto, cuando se plantea la necesidad de generar adhesión a los diferentes sustratos, la capa híbrida formada entre el sistema adhesivo y la dentina sufre procesos degradativos de los componentes resinosos y del colágeno debido a que los monómeros no llegan a infiltrar completamente las fibras colágenas expuestas, resultando en una zona de DD debajo de la capa híbrida.<sup>22-24</sup> Este fenómeno se conoce con el nombre de nano-filtración, el cual se produce gracias a la presencia de espacios vacíos de tamaño nanométrico desde

la dentina hacia la superficie externa. Esto favorece la degradación por hidrólisis del adhesivo<sup>10</sup> y de las fibras colágenas.<sup>25</sup> Además, estas fibras no protegidas pueden ser degradadas por enzimas proteolíticas endógenas (MMP) que se encuentran en la dentina.<sup>24</sup> Estas enzimas son responsables de la degradación de la matriz extracelular en diferentes procesos fisiológicos.<sup>22</sup> A nivel de la capa híbrida, estas enzimas son las responsables de una disminución de la resistencia de unión de los materiales resinosos a la dentina a largo plazo.<sup>26</sup>

Es en este sentido, que la clorhexidina (CHX) como agente antibacteriano de amplio espectro, tiene la capacidad de inhibir la actividad proteolítica de estas enzimas protegiendo la degradación enzimática de las fibras colágenas.<sup>27-32</sup> Su aplicación en DD es una de las alternativas propuestas en la literatura científica, que trata de evitar la hidrólisis de la capa híbrida. Por otro lado, cuando se pretende realizar una estrategia adhesiva, podemos contar con adhesivos convencionales y autocondicionantes.

Actualmente se desarrollaron sistemas adhesivos universales, para ser utilizados en técnicas de grabado y lavado, autocondicionamiento o grabado selectivo del esmalte. Estos sistemas adhesivos incluyen en su fórmula química, monómeros acídicos bifuncionales como el metacrilóxidecilo fosfato dihidrogenado (10-MDP).<sup>33-35</sup> Este monómero funcional específico puede interactuar iónicamente con la hidroxiapatita, formando una sal, Ca-10-MDP, menos soluble y estable, la cual brinda mejores resultados en relación a la estabilidad de la capa híbrida.<sup>1, 2, 33, 34, 36, 37</sup>

Sin embargo, en la literatura científica hay escasa evidencia de estudios que evalúen la adhesión a DD utilizando adhesivos universales en conjunto con el efecto de la aplicación de una solución de CHX a largo plazo.<sup>38</sup>

La planificación del trabajo integró tres grandes ejes temáticos vinculados entre sí: adhesivos universales, clorhexidina y dentina desmineralizada.

La hipótesis de trabajo fue:

*“ El uso de Clorhexidina al 2% previo a la aplicación de un adhesivo universal influirá positivamente en los valores de resistencia adhesiva luego de 6 meses de envejecido, tanto en dentina sana como en dentina desmineralizada.”*

Los ejes mencionados fueron orientados por las siguientes preguntas de la investigación:

- ¿La aplicación previa de una solución de CHX al 2 % en la interfaz adhesiva tanto en DS como en DD presentan diferencias significativas en la adhesión a dentina?
- ¿Hay diferencia en los resultados utilizando el procedimiento mencionado sobre dentina sana o sobre dentina desmineralizada?
- ¿El tiempo es un factor de influencia en los resultados obtenidos?

### **Objetivo general**

Describir el efecto de la clorhexidina sobre la resistencia de unión de un adhesivo universal a dentina desmineralizada.

### **Objetivos específicos**

1. Analizar el efecto de un pretratamiento con clorhexidina al 2% sobre la resistencia de unión inmediata al cizallamiento de un adhesivo universal a dentina desmineralizada.
2. Analizar el efecto de un pretratamiento con clorhexidina al 2% sobre la resistencia de unión a los 6 meses al cizallamiento de un adhesivo universal a dentina desmineralizada.

La exposición de este trabajo se organiza en cinco capítulos que contienen:

- el marco teórico y un conjunto de antecedentes que permiten una mejor comprensión de los componentes a asociar
- la elección de la muestra y recolección de los datos
- los resultados en los dos períodos de tiempo estipulados
- el análisis de los resultados evaluados junto a los antecedentes en la literatura
- las conclusiones que arrojan información válida para la evaluación del efecto de la clorhexidina al 2% sobre la resistencia de unión y la influencia del tiempo en ese efecto.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### II.1 Conceptualizaciones sobre caries dental

La caries dental es una enfermedad crónica, multifactorial, no transmisible, no infecciosa, inducida por biopelícula, modulada por varios factores biológicos, conductuales, psicosociales y ambientales.<sup>39</sup>

Las lesiones de caries se caracterizan típicamente por la pérdida activa de minerales, inducida por la actividad metabólica de la biopelícula o placa dental. En ausencia de cualquier intervención, los efectos acumulativos de los ciclos alternos de desmineralización y remineralización pueden conducir al desarrollo de una lesión clínicamente visible y/o reacciones defensivas.<sup>40, 41</sup>

Numerosos estudios incluidos en una revisión del Laboratorio Iberoamericano de políticas públicas en salud bucal han reportado en 2018 tasas de prevalencia de 40% a 90% de caries dental entre niños, adolescentes y adultos en Iberoamérica.<sup>42</sup>

Los factores etiológicos de la enfermedad caries dental deben controlarse para prevenir la formación de lesiones de caries y controlar la progresión de las existentes. Por lo tanto, las estrategias preventivas para el control de la enfermedad caries dental deben considerar factores biológicos, conductuales, psicosociales y ambientales.<sup>43</sup>

Por otro lado, las lesiones de caries no tratadas representan la principal causa de dolor dentario y pérdida de dientes a nivel mundial.<sup>44</sup>

Se debe propender el mejor uso de los recursos con protocolos basados en evidencia que recomienden tratamientos no invasivos o mínimamente invasivos para el tratamiento de la caries dental.

De acuerdo con Featherstone (2008)<sup>40</sup> en esta concepción, la enfermedad caries debe tratarse tanto a nivel del individuo como a nivel de la lesión.

a) Las intervenciones a nivel del individuo incluyen estrategias no invasivas que tienen como objetivo prevenir y controlar la progresión de la enfermedad y que las lesiones no se vuelvan detectables clínicamente. Para ello es importante el asesoramiento dietético y medidas de higiene bucal, como la eliminación mecánica de la biopelícula

mediante el cepillado diario con dentífricos fluorados que promueve la remineralización al restablecer el equilibrio mineral entre la superficie del diente y la fase acuosa circundante (saliva y el fluido de la biopelícula dental).<sup>40</sup>

El éxito de estas intervenciones depende de la adherencia del paciente al tratamiento, por lo que Lee y col. (2018)<sup>45</sup> sugieren que la mejor práctica para el manejo de la caries dental debería incluir un modelo personalizado centrado en el paciente que consiste en la evaluación individualizada del riesgo de caries y la detección temprana de las lesiones de caries no cavitadas.

b) El tratamiento de la caries a nivel de la lesión incluye una amplia gama de intervenciones no invasivas, microinvasivas y mínimamente invasivas que varían según la actividad de la lesión, la presencia de cavitación (de fácil limpieza o no) y la profundidad de la lesión (superficial/moderada/profunda-evaluada mediante examen radiográfico).<sup>41</sup>

Estas intervenciones tienen como objetivo detener la progresión de la lesión, preservar la salud pulpar mediante la creación de un sellado contra la invasión microbiana (mediante la colocación de materiales restauradores) y restablecer la estructura y función del diente durante el mayor tiempo que sea posible.<sup>42</sup>

Las lesiones cavitadas activas son propensas a la progresión y, por lo tanto, requieren de procedimientos de restauración, teniendo en cuenta la profundidad de la lesión y las características de la dentina.<sup>46</sup>

Siguiendo a Benerjee y col. (2017) el protocolo de tratamiento para las lesiones de caries profundas debe incluir la eliminación selectiva del tejido cariado seguida de la colocación de biomateriales de recubrimiento pulpar de ser necesario.<sup>47</sup>

Dado el bajo riesgo de exposición pulpar, las altas tasas de éxito en términos de mantenimiento de la vitalidad pulpar y el menor tiempo operatorio, la eliminación selectiva del tejido cariado seguida de la restauración definitiva en una sola cita es una estrategia recomendada para el tratamiento menos invasivo de las lesiones profundas.<sup>7,48</sup>

Las restauraciones dentarias tienden a sufrir deterioro y degradación con el tiempo, por lo que se realizan evaluaciones clínicas periódicas para una reparación localizada o un reemplazo completo si es necesario. Los reemplazos de restauración a menudo conducen a la pérdida de la estructura del diente, lo que hace que el remanente dentario sea más



frágil y aumenta el riesgo de daño al tejido pulpar. Por lo tanto, se deben considerar los intentos de reparar las restauraciones defectuosas (por ejemplo, sellando los defectos marginales localizados, puliendo, remodelando) antes de optar por un reemplazo inmediato.<sup>7</sup>

Según Jardim y col. (2020)<sup>49</sup> en su estudio evaluando a 5 años el estado de las restauraciones, las realizadas con resina compuesta son superiores a los cementos de ionómero de vidrio modificados con resina en cuanto a durabilidad.

## **II.2 Adhesión a dentina**

En 1955 Buonocore<sup>50</sup> fue quién introdujo la odontología adhesiva que conocemos actualmente, iniciada por el grabado ácido del esmalte. Desde ese entonces hasta la actualidad, la industria de los biomateriales ha evolucionado enormemente apoyando los paradigmas de la mínima intervención y máxima preservación de los tejidos dentarios.

Para poder analizar la adhesión a dentina es fundamental conocer sus características morfológicas y estructurales. En tal sentido podemos afirmar que la dentina es un tejido ectomesenquimático, el cual se produce gracias a la secreción de los odontoblastos. Tiene como función principal proteger a la pulpa y otorgarle un soporte elástico y fundamentalmente resiliente al esmalte y cemento.<sup>40</sup> La dentina está compuesta 50% hidroxiapatita, 30% colágeno y 20% de agua. En la dentina se desencadenan procesos fisiológicos y patológicos. Frente a un proceso carioso, a nivel dentinario se generan alteraciones del componente mineral y lo ideal sería entonces utilizar adhesivos autocondicionantes.<sup>51</sup>

En este sentido, debido a la complejidad de la estructura de la dentina, la adhesión sigue siendo difícil y menos predecible cuando la comparamos con el esmalte. Cuando estamos frente a cualquier estrategia adhesiva que involucre dentina, es de esperar la formación de la capa híbrida (CH). Esta capa está formada por DD, colágeno y monómeros resinosos que infiltran la red de fibras y polimerizan entre ellas. A su vez parte de los monómeros también penetran hacia la profundidad generando los conocidos tags de resina. Esta capa presenta diferentes dimensiones, en el caso de los sistemas autocondicionantes los cuales son muy efectivos al penetrar la dentina, generan una CH exenta de defectos. Permite un espesor más delgado, cerca de un micrómetro, pero más que suficiente para proveer un gran intrincamiento entre el adhesivo y las fibras colágenas.

En la actualidad cuando se plantea la adhesión a dentina, es necesario que se acondicione con ácido dejando expuesta la trama de fibras colágenas, impregnar esta trama de fibras con monómeros hidrofílicos y a su vez aplicar monómeros hidrofóbicos los cuales tendrán que copolimerizar con el biomaterial restaurador. Estas tres acciones se podrán realizar de manera simultánea o por separado.

En 1980 Fusayama<sup>52</sup> impulsa la aplicación de un ácido para grabar a la dentina. Por lo tanto, para generar adhesión micromecánica es necesario contar con un líquido capaz de introducirse en las micro irregularidades creadas con el acondicionamiento ácido y posteriormente ser polimerizado entrelazándose con la estructura. En 1982 Nakabayashi<sup>53</sup> vincula la interdifusión entre los polímeros y las fibras colágenas de la dentina generando lo que conocemos con el nombre de CH. Es fundamental que esta capa genere una unión resistente y duradera del material de restauración y el sustrato, consiguiendo además un sellado eficiente en la interfase sustrato-restauración.

La dentina como sustrato es menos mineralizado que el esmalte, por lo tanto, hay menor cantidad de cristales de hidroxiapatita incluidos dentro de la trama de fibras colágenas, a su vez, no debemos olvidar que la dentina presenta humedad. Es sabido que la adhesión no es compatible con la humedad, en tal sentido se debe eliminar el agua presente, esto se logra cuando se coloca sobre la superficie de dentina sustancias hidrofílicas que penetren entre las fibras.

### **II.2.1 Adhesivos dentinarios**

Históricamente los adhesivos dentinarios no solamente han modificado sus componentes, presentación comercial, sino también la resistencia de unión a los diferentes sustratos.

Desde el año 1955 se vienen comercializando adhesivos dentinarios. Es así, que en la literatura existen diferentes formas de clasificar a los sistemas adhesivos. Están aquellos sistemas que eliminan el barrillo dentinario también llamados sistemas de grabado y lavado o *etch and rise* y por otro lado encontramos a los sistemas que integran el barrillo dentinario o sistemas de autocondicionamiento o *self-etch*.<sup>1,4</sup>

Los primeros adhesivos dentinarios estaban constituidos por cianoacrilato y presentaban muy baja resistencia de unión a dentina, con valores de 2 a 3 MPa. A principios de 1970 surgen los adhesivos constituidos por ésteres clorofosforosos unidos al calcio de la hidroxiapatita de la dentina. Además, presentaban isocianatos para generar unión al

colágeno. Fueron los primeros adhesivos en utilizar al barrillo dentinario como sustrato. Generaban una resistencia de unión de 2 a 8 MPa. Para fines de 1980 comenzaron a comercializarse los sistemas de imprimador y adhesivo. Presentaban fallas prematuras y sensibilidad posoperatoria. La industria siguió con sus avances y surgen las estrategias adhesivas en tres pasos, las que generan en esmalte una resistencia de unión cercana a los 25 MPa. Fueron novedosos por la incorporación del concepto de hibridación de la interfaz adhesiva material restaurador-dentina.<sup>1,4</sup>

Como se mencionó anteriormente Nakabayashi fue quien desarrolló el concepto de CH. La hibridación que se hizo mención sustituye la hidroxiapatita y la humedad presente en la dentina por monómeros resinosos. A mediados del año 1990 surgen los adhesivos de autocondicionamiento los cuales no presentaron valores de adhesión a esmalte altos. Ya para el año 2000 surgen los adhesivos autograbadores los cuales vienen presentados en un solo recipiente. Estos adhesivos presentan un imprimador ácido, utiliza al barrillo dentinario para unirse así cómo también a las fibras colágenas. En estos productos la técnica no requiere lavar.<sup>1,4</sup>

La profundidad de desmineralización de la dentina es de cuatro a cinco micras, y la penetración del adhesivo es de tres micras, debido a esta diferencia subyacente a la CH, queda una capa de fibras colágenas sin haber sido impregnadas por estos monómeros. Debido a esto, las estrategias adhesivas comenzaron a ser cuestionadas producto de los inconvenientes generados; por un lado, hay colapso de fibras colágenas por la eliminación excesiva de agua, y por otro, la diferencia de profundidad de desmineralización por el ácido y la capacidad de penetración del adhesivo.<sup>1,4</sup>

### **II.2.2 Adhesivos universales**

Recientemente se han incorporado nuevos sistemas adhesivos, son los llamados adhesivos universales. Ellos surgen como una alternativa para poder ser utilizados en la estrategia de eliminación del barrillo dentinario, pueden ser utilizados en la estrategia de autocondicionamiento y en la estrategia de grabado selectivo. A su vez, los fabricantes agregan otras ventajas como ser capaces de adherirse a otros sustratos como metales y cerámicas. Aunque estos sistemas adhesivos presentan una composición similar a los adhesivos autocondicionantes, presentan como diferencia importante monómeros fosfatados capaces de formar enlaces iónicos con el calcio de la hidroxiapatita de la dentina. El más común es la presencia de 10-metacriloxietil dihidrógeno fosfato (10-

MDP), el cual es un monómero ambifílico funcional con un extremo hidrofóbico el cual es el responsable de unirse y copolimerizar con los metacrilatos de las resinas compuestas y adhesivos, en el otro extremo presenta un grupo fosfato hidrofílico que interactúa con los iones calcio, con metales o con cerámicos. Estos nuevos adhesivos presentan en su composición agua, muy importante ya que es necesaria para que se desencadenen los procesos de ionización de los grupos fosfatos y la formación de enlaces iónicos. Además, contienen monómeros 2-hidroxietil metacrilato (HEMA) y solventes orgánicos como etanol o acetona. El HEMA tiene como función esencial infiltrar la dentina húmeda y desmineralizada, formando la capa híbrida.<sup>54</sup>

Al ser ambifílicos, estos adhesivos son capaces de generar interfases adhesivas como el resto de los sistemas siendo más resistentes a la biodegradación. Como ventajas estos adhesivos simplifican la técnica de aplicación, aumentan el número de sustratos a los cuales podemos adherirnos logrando una CH estable.<sup>54</sup>

### **II.3 Degradación de la capa híbrida**

Como se mencionó anteriormente, la adhesión a dentina es compleja y menos predecible que la adhesión a esmalte. Debido a la presencia de humedad se dificulta la penetración de monómeros hidrófobos hacia la profundidad de la red de fibras. En la búsqueda de técnicas simplificadas, hubo un aumento de la hidrofiliidad de estos sistemas generando membranas semipermeables provocando esto una mayor degradación de la interfaz adhesiva a largo plazo. Además, la presencia del monómero HEMA puede afectar la estabilidad hidrolítica de los adhesivos, ya que el HEMA puede retener agua y favorecer su absorción.<sup>22,24,26</sup>

Las causas probables de la degradación de la CH son el aumento de la hidrofilia debido a la composición de los sistemas más simplificados, atrapamiento de solventes residuales en la interfaz adhesiva a causa de la eliminación inadecuada de los solventes presentes y por último la degradación por las MMP. Esta última causa se debe a que la profundidad de la desmineralización provocada por el acondicionamiento ácido, suele ser mayor a la penetración de los monómeros, dejando fibras colágenas desmineralizadas desprotegidas. Estas MMP son capaces de hidrolizar componentes de la matriz extracelular como lo son las fibras colágenas.<sup>22,24,26</sup>

También pueden estar involucradas en la liberación de factores de crecimiento dentinario que forman dentina terciaria en respuesta a una agresión externa, destrucción de tejido en

respuesta a inflamación pulpar y más recientemente, en la descomposición del colágeno desmineralizado de la capa híbrida de restauraciones de resina compuesta.<sup>55</sup>

Los análisis zimográficos han demostrado que MMP-2, MMP-8, MMP-9, MMP-13 y MMP-20 están presentes en la matriz orgánica de dentina. De estos, MMP-2 y MMP-9 son las más prevalentes en dentina; La MMP-2 está presente en cantidades mayores que otras formas de MMP en la dentina humana.<sup>56</sup>

#### **II.4 Clorhexidina**

Su nombre genérico es gluconato de clorhexidina. Pertenece al grupo terapéutico de los: desinfectantes y antisépticos. Es derivada de Biguanidas y Amidinas. Es un agente antimicrobiano de amplio espectro, tiene la capacidad de unirse a los aminoácidos de la dentina haciendo frente a las bacterias presentes generando un efecto residual de 6-8 horas.

El mantenimiento de la CHX en contacto con el sustrato se denomina sustentividad. Los estudios sobre esta propiedad comenzaron en los años setenta. La mayoría investigaron la retención de la CHX en las superficies orales intentando determinar su capacidad para inhibir o reducir el crecimiento bacteriano.

La CHX se considera eficaz cuando se controla el número y el crecimiento de las bacterias.<sup>57</sup>

A su vez, la CHX es capaz de inhibir la acción de las MMP incluso en bajas concentraciones. Se ha demostrado que el uso de CHX, como agente antimicrobiano catiónico, es eficaz contra microorganismos Gram-positivos y Gram-negativos.<sup>58</sup> En tal sentido podemos decir que las soluciones de CHX son bactericidas y fungicidas a partir de una concentración que es difícil de determinar por la dificultad que supone la neutralización del principio activo. No es esporicida, aunque inhibe el crecimiento.

Tampoco actúa sobre los virus sin cubierta, como *Rotavirus* y *Poliovirus*, aunque sí inactiva los virus con cubiertas lipídicas, como *VIH* y *Herpesvirus*.

Analizando las posibles fallas y dificultades en las estrategias adhesivas, en la literatura se proponen algunas consideraciones como, por ejemplo: aplicar previo a la estrategia adhesiva, una solución de CHX al 2 %.

Cherian y col. (2016)<sup>59</sup> lograron evidenciar que durante el proceso de adhesión se produce la formación de la capa híbrida, constituida por colágeno desmineralizado, infiltrado por el adhesivo de la resina compuesta. Se ha atribuido la responsabilidad de la pérdida de resistencia y durabilidad de los adhesivos a la degradación de esta capa por acción de las MMP de la dentina. Un inhibidor es la CHX; se ha observado que ésta retarda la degradación de la CH, mejorando el proceso de adhesión.

Gendron y col (1999)<sup>60</sup> establecen que la CHX actúa como un inhibidor de las MMP, la cual además puede utilizarse para la desinfección antes de colocar una restauración, evitando así la pérdida de la integridad de la CH. La CHX también minimiza los flujos de agua por evaporación de la dentina, generando así un mejor resultado: la unión sustrato-biomaterial.

La CHX, entonces, representa una molécula que se une a diversas proteínas por un mecanismo catiónico de quelación. Ésta tiene la capacidad de inhibir la actividad catalítica de MMP mediante la unión con zinc o calcio para aumentar en mayor proporción la resistencia.<sup>61, 62</sup>

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA

El presente trabajo de investigación es un estudio *in vitro*, experimental y longitudinal.

#### III.1 Contexto de investigación

La investigación se llevó a cabo en la FO Udelar, las muestras fueron obtenidas del Block Quirúrgico de la FO y las actividades se realizaron en el LADBio de la Unidad Académica de Materiales Dentales.

#### III.2 Preparación de los especímenes

El tamaño de la muestra fue calculado utilizando el programa Sigma Plot 12.0. Considerando un poder de 80% y un error tipo I de 5%, utilizando resultados reportados en la literatura <sup>38</sup>, la muestra mínima necesaria para detectar diferencias es de 8 especímenes por grupo.

La muestra se compuso de 40 terceros molares sanos, íntegros, y que no hayan completado su desarrollo radicular. La muestra se recolectó del Block Quirúrgico de la F.O (todas las piezas dentarias tenían indicación de extracción por motivos ajenos a esta investigación). Una vez extraídas, se almacenaron en Cloramina T 0,5 % por siete días y posteriormente en agua destilada a una temperatura de 3° a 5° C hasta el momento del estudio, por no más de tres meses. El paciente firmó consentimiento escrito de la donación para la investigación. (Anexo 1).



**Figura 1.** Especímenes



**Figura 2.** Especímenes con desgaste transversal

Cada pieza dentaria se desgastó transversalmente, utilizando una recortadora con refrigeración, eliminando el esmalte de la cara oclusal, exponiendo una superficie de

dentina coronaria, sin exposición pulpar (Figura 2). Las piezas desgastadas fueron incluidas en tubos de PPL utilizando resina acrílica, dejando expuesta la superficie de dentina. Luego de haber sido incluidas, las superficies expuestas de dentina fueron pulidas secuencialmente con lijas de carburo de silicio de granulometría 220, 400 y 600 a modo de estandarizarlas. (Figura 3).



**Figura 3.** Piezas estandarizadas e incluidas en tubos de PPL

Una vez culminado el proceso de estandarización, la muestra se dividió aleatoriamente en dos grupos principales de 20 molares cada uno. Un grupo dentina sana (DS) y otro grupo dentina desmineralizada (DD). En el grupo DS la capa de barrillo dentinario fue estandarizada mediante el lijado bajo agua utilizando lijas de 600g. Para el grupo DD, se utilizó un protocolo previamente establecido en la literatura.<sup>38,63</sup> Las piezas incluidas en este grupo se sometieron a un ciclado de pH; inicialmente fueron sumergidas en 10 mL de una solución desmineralizante (2.2 mM CaCl<sub>2</sub> + 2.2 mM KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> + 50 mM de ácido acético a pH 4,8) durante 8 horas. Luego fueron sumergidas en una solución remineralizante (1.5 mM CaCl<sub>2</sub> + 0.9 mM KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> + 0.15M KCl a pH 7) durante 16 horas. Este ciclado se realizó durante 14 días a temperatura ambiente y en agitación.

Una vez culminado este período, las muestras fueron lavadas utilizando agua destilada. Por último, la superficie de DD se lijó con lija 600g por 30 segundos creando una superficie desmineralizada con barrillo dentinario. A continuación, los especímenes se dividieron aleatoriamente en dos subgrupos (10 piezas por grupo) de acuerdo a la aplicación o no de un pretratamiento con CHX al 2%. En los subgrupos de aplicación del pretratamiento con CHX se utilizó una solución acuosa de CHX al 2 % (Laboratorio Abarly S.A Lote 67162. Reg. MSP 38840) aplicada con microbrush durante 15 segundos.



Luego de eliminado el exceso de agua, en todos los grupos se aplicó el sistema adhesivo Single Bond Universal (3M ESPE, EE. UU.) con la técnica de autocondicionamiento siguiendo de manera estricta las indicaciones del fabricante. Finalizada la estrategia adhesiva en todos los grupos, una matriz de silicona cilíndrica con cuatro orificios de 1.4 mm de diámetro interno se colocó sobre la superficie de la dentina. Cada uno de los orificios fue llenado con resina compuesta (Z250xt, 3M ESPE, EE. UU.) La resina se manipuló conforme a las instrucciones del fabricante: fotopolimerizado durante 20 segundos mediante una unidad de fotopolimerización (Optilight MAX, Gnatus, Brasil) con una intensidad de 1000mW/cm<sup>2</sup> la cual fue testeada previamente con un radiómetro (Bluelight Metter, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein).

Inmediatamente posterior a la fotopolimerización, la matriz de silicona fue removida para exponer los cuatro cilindros de resina (Figura 4).



**Figura 4.** Especímenes listos para someterse al ensayo mecánico.

### III.2.1 Creación de los subgrupos

Finalizado el proceso detallado anteriormente, fueron creados ocho grupos los cuales se enumeran a continuación. Donde los primeros cuatro grupos corresponden a dentina sana (DS) y los cuatro restantes corresponden a dentina desmineralizada (DD). A su vez se

detalla en cada grupo el pretratamiento con clorhexidina al 2% y si el grupo fue sometido al ensayo inmediato o a los seis meses.

1. Grupo DS C-I: Dentina sana, con pretratamiento de clorhexidina al 2 %, ensayo de cizallamiento inmediato.
2. Grupo DS C-6M: Dentina sana, con pretratamiento de clorhexidina al 2 %, ensayo de cizallamiento a los seis meses.
3. Grupo DS S-I: Dentina sana, sin pretratamiento de clorhexidina al 2 %, ensayo de cizallamiento inmediato.
4. Grupo DS S-6M: Dentina sana, sin pretratamiento de clorhexidina al 2 %, ensayo de cizallamiento a los seis meses.
5. Grupo DD C-I: Dentina desmineralizada, con pretratamiento de clorhexidina al 2 %, ensayo de cizallamiento inmediato.
6. Grupo DD C-6M: Dentina desmineralizada, con pretratamiento de clorhexidina al 2%, ensayo de cizallamiento a los seis meses.
7. Grupo DD S-I: Dentina desmineralizada, sin pretratamiento de clorhexidina al 2 %, ensayo de cizallamiento inmediato.
8. Grupo DD S-6M: Dentina desmineralizada, sin pretratamiento de clorhexidina al 2%, ensayo de cizallamiento a los seis meses.

### **III.2.2 Ensayo de entrenamiento**

Previo a la realización del trabajo de investigación, el operador (AG) realizó un entrenamiento con una muestra conformada por cinco especímenes, ejecutando completamente todas las etapas experimentales del ensayo (inclusión de piezas, desmineralización, estrategia adhesiva y ensayo mecánico propiamente dicho).

### **III.3 Prueba de resistencia de unión a microcizallamiento**

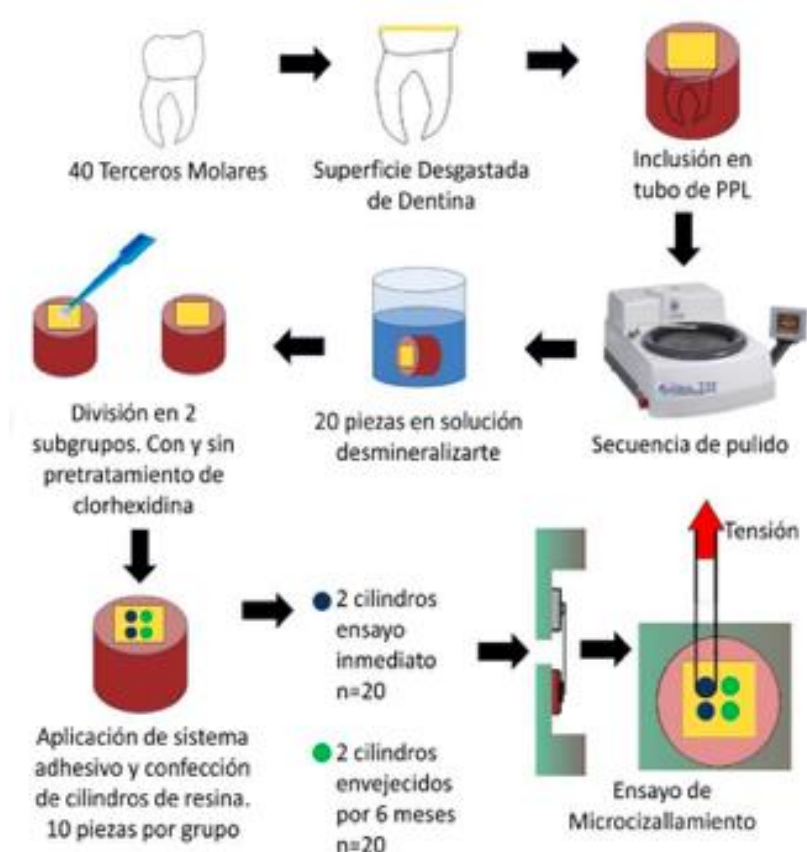
Una vez finalizado el ensayo de entrenamiento descrito anteriormente, se procedió a la preparación de todos los especímenes. Todos fueron almacenadas en agua destilada a 37° C durante 24 horas. Inmediatamente luego de las 24 horas, dos de los cuatro cilindros de resina (ver figura 4) de cada uno de los especímenes, fueron sometidos al ensayo de

microcizallamiento. Finalizado el ensayo inmediato, los especímenes con los dos cilindros de resina restantes se almacenaron en agua destilada a 37° C durante seis meses. Luego de transcurrido el período de envejecimiento, a los dos cilindros restantes en cada espécimen se les realizó el ensayo de microcizallamiento. El ensayo de resistencia de unión al cizallamiento se ejecutó siguiendo la normativa ISO 29022 <sup>64</sup> utilizando una máquina universal de ensayos mecánicos (CMT 2000, MTS SANS, China). Un bucle de alambre de acero inoxidable de 0,5 mm de diámetro fue adaptado con precisión a la interfaz adhesiva resina-dentina a una velocidad de cruceta de 1.0 mm/min. (Figura 5). La resistencia de unión (en MPa) se calculó dividiendo la carga (en Newtons), con el área de interfaz de la unión (mm<sup>2</sup>).



**Figura 5.** Ensayo de microcizallamiento ejecutado en la máquina de ensayos universales del LADBio.

Como se mencionó en la prueba de resistencia de unión a microcizallamiento, por cada pieza se confeccionaron dos cilindros de resina para llevar a cabo el ensayo inmediato y dos cilindros de resina para el ensayo a los seis meses. En la figura 6 están representados gráficamente los pasos de la metodología.



**Figura 6.** Esquema de los pasos metodológicos.

### III.4 Recursos y fuentes de financiación

Los recursos materiales fueron otorgados por la Escuela de Graduados de la FO, el rubro gastos se gestionó a través de la Comisión Académica de Posgrado-CAP Udelar (Anexo 4) y el equipamiento utilizado pertenece al LADBio de la Unidad Académica de Materiales Dentales de la FO Udelar.

### III.5 Consideraciones éticas

Se les solicitó a los pacientes la firma del consentimiento informado (Anexo 1) antes de ser examinados. Todos los participantes fueron informados del estudio, su fundamentación y los resultados esperados. El proyecto fue aprobado el 30/10/2019 por el Comité de Ética de la FO Udelar. Expediente N°: 091900-000300-19 (Anexo 3).

Los integrantes del equipo responsable del proyecto, declaran no tener conflicto de interés alguno con los materiales ni con los instrumentos utilizados.

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y RESULTADOS

#### IV.1 Recolección de datos

A medida que los especímenes fueron sometidos a los ensayos mecánicos de microcizallamiento, los valores almacenados y registrados por la máquina de ensayos universales fueron uno a uno registrados en las diferentes fichas de registro (Anexo 2).

#### IV.2 Análisis estadístico

Los datos digitalizados en un matriz de datos, la cual configuró la validación de datos, permitiendo generar restricciones para disminuir errores de digitación.

Además, un control de calidad pos-digitación fue realizado para identificar posibles valores conflictivos y/o outliers.

Los datos de la resistencia de unión fueron reportados de forma descriptiva a través de la media y la desviación típica en cada grupo.

Las comparaciones se analizaron mediante un modelo ANOVA mixto. En dicho modelo se tomaron como factores fijos el pretratamiento (con y sin CHX), el tiempo (inmediato y 6 meses) y el estado de desminealización, mientras que la variación intra-individual de cada pieza dentaria fue tomada en cuenta como un factor aleatorio.

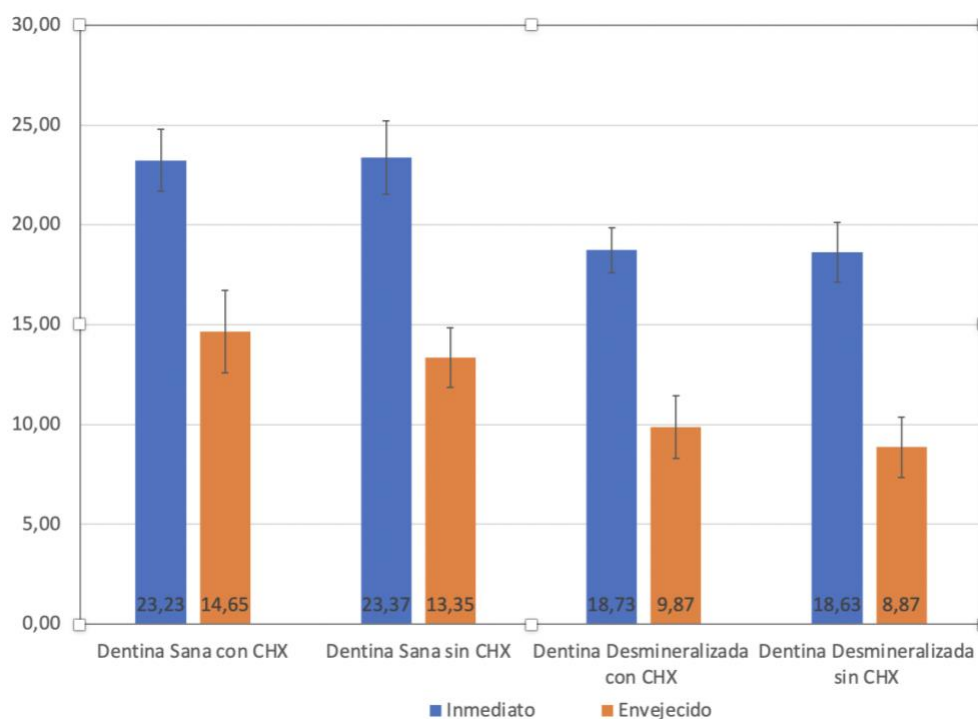
Finalmente, para examinar las diferencias entre grupos se realizó la prueba de Tukey.

Para todas las pruebas se estableció una significancia estadística de 5%.

Todos los análisis fueron realizados con software R para Windows (R Core Team, 2013. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>).

#### IV.3 Resultados

Los valores obtenidos durante el ensayo de microcizallamiento (MPa) se encuentran representados en la Figura 7. Se puede observar que el grupo 3 (dentina sana, sin clorhexidina inmediato) fue el que presentó los mayores valores de resistencia adhesiva ( $23,37 \pm 1,84$ ), mientras que el grupo 8 (dentina desmineralizada, sin clorhexidina, envejecido) fue el que presentó los menores valores de resistencia adhesiva ( $8,87 \pm 1,51$ ).



**Figura 7.** Gráfico de barras con valores de resistencia de unión al microcizallamiento (MPa) de todos los grupos analizados.

Se partió de un modelo de efectos marginales donde la resistencia de unión se explica a partir de los tres factores considerados (pretratamiento, tiempo, estado dentinario). Luego se consideró la interacción del pretratamiento (con y sin CHX) con respecto al tiempo (inmediato y seis meses) analizando la significación de esta interacción a través del estadístico de cociente de verosimilitud. En una siguiente instancia se consideró la interacción del pretratamiento con CHX con respecto al estado (sano y desmineralizado). La tabla 1 resume el resultado de esta etapa.

<b>Modelo</b>	<b>g.l.</b>	<b>LRT</b>	<b>p-valor</b>
Efectos marginales	6		
+ Interacción CHX:Tiempo	7	33,93	<0,001
+ Interacción CHX:Estado	8	0,02	0,882

**Tabla 1** – Interacción entre CHX y tiempo/estado

Se observó un efecto significativo del pretratamiento con CHX en relación al tiempo ( $p < 0,001$ ), no así con respecto al estado de desmineralización ( $p = 0,882$ ).

En última instancia se procedió a determinar el efecto del pretratamiento con CHX en cada momento del tiempo, ajustando los resultados por el estado de desmineralización. Para esto se utilizaron comparaciones múltiples.

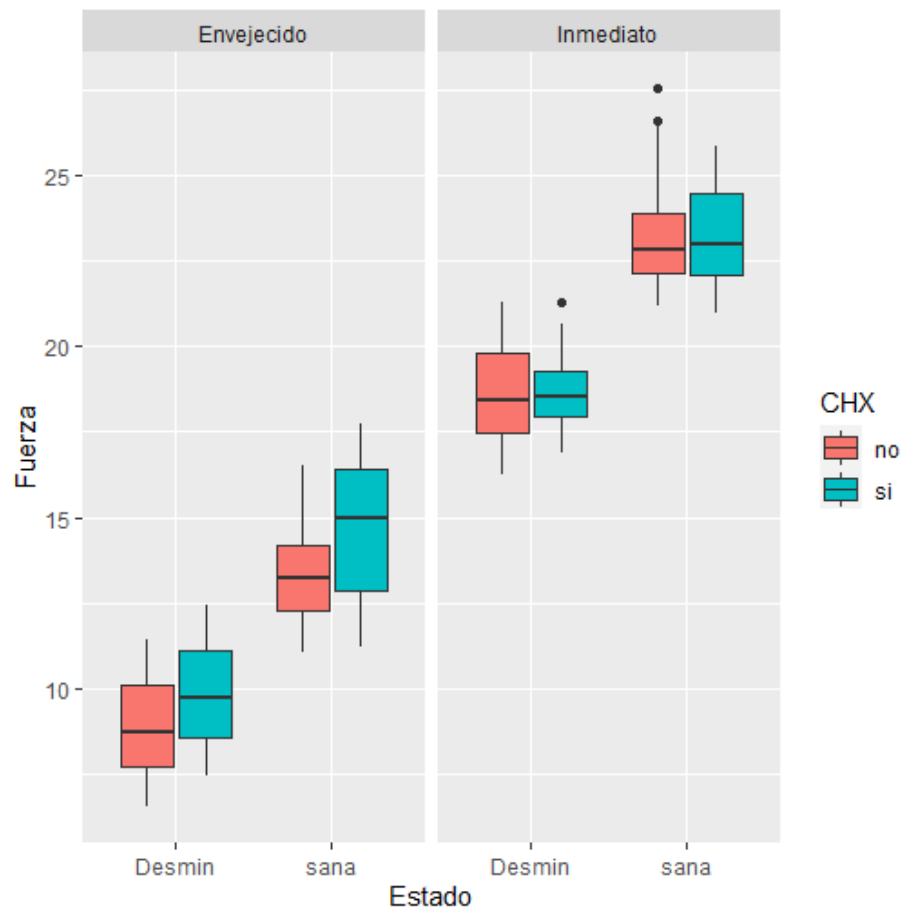
	<b>Estimación</b>	<b>Desvío estándar</b>	<b>p-valor</b>
Inmediato			
con CHX	21,0	0,341	0,8919
sin CHX	21,0	0,341	
Envejecido			
con CHX	12,3	0,341	<0,001
sin CHX	11,1	0,341	

**Tabla 2** – Comparaciones múltiples

Se puede observar que si bien al inicio del experimento los cilindros pretratados con CHX no difieren significativamente de los no tratados ( $p=0,8919$ ), a los seis meses se observa una diferencia estadísticamente significativa ( $p<0,001$ ). Estos resultados pueden visualizarse en la Figura 8.

En la misma Figura se puede observar como la distribución de las mediciones de la resistencia de unión no presentan diferencias al comparar los cilindros tratados con los no tratados en lo inmediato.

No obstante, a los seis meses la resistencia de unión es menor que al principio, las muestras desmineralizadas presentan una menor resistencia de unión (independiente del pretratamiento) y que, tal como sugería la Tabla 2, a los seis meses parece evidenciarse una resistencia de unión levemente superior en los cilindros pretratados (independiente del estado de desmineralización).



**Figura 8-** Distribución de la resistencia de unión según tiempo, pretratamiento y estado.



## CAPÍTULO V

### DISCUSIÓN

El presente estudio tuvo como objetivo describir el efecto de la clorhexidina sobre la resistencia de unión de un adhesivo universal a dentina desmineralizada. Para ello se analizó la resistencia de unión considerando tres factores: pretratamiento (con o sin clorhexidina), tiempo (inmediato o envejecido) y estado dentinario (sano o desmineralizada). Como hipótesis se planteó que el uso de Clorhexidina al 2% previo a la aplicación de un adhesivo universal, influiría positivamente en los valores de resistencia adhesiva luego de seis meses de envejecido, tanto en dentina sana como en dentina desmineralizada. Basado en los resultados obtenidos, podemos decir que esta hipótesis es aceptada, ya que los valores de resistencia de unión luego de seis meses de envejecidos fueron estadísticamente superiores cuando se aplicó un pretratamiento con CHX al 2% tanto en DS como en DD.

La evidencia científica demuestra que la resistencia de unión en dentina desmineralizada (generada de manera artificial), coincide que existen diferentes protocolos para lograrlo. Uno de ellos lo describe Marquezan<sup>65</sup> donde se plantea ciclos de pH. En tal sentido, el ciclo de pH es más apropiado para simular un sustrato que se asemeja a la capa de dentina afectada por caries. Por otro lado, el método microbiológico parece el más indicado para simular una lesión de caries de dentina con una capa infectada.

Según Koyuturk. E y col.<sup>66</sup> la principal causa de una menor resistencia adhesiva a dentina humana afectada por caries, es probablemente por los componentes de los biomateriales utilizados, más que a la acidez de los monómeros incluidos en los sistemas autoadhesivos.

Por otro lado, Deshmukh y Nandalal<sup>67</sup> relatan que la dentina desmineralizada es más blanda que la dentina sana. La dentina intertubular, presenta un área esencial para una unión eficiente, exhibe un mayor grado de porosidad en la dentina desmineralizada en comparación con la dentina sana. Estas áreas dificultan la infiltración de resina en los túbulos dentinarios y, por lo tanto, no se forma la capa híbrida adecuada. Además, el mineral alterado del espacio interfibrilar de la dentina desmineralizada podría influir en la formación de la capa híbrida y la unión química con los derivados carboxílicos y fosfato de los metacrilatos así como la mayor porosidad de las áreas de dentina intertubular desmineralizada dificultaría la infiltración en los túbulos.<sup>51</sup>

Los resultados del estudio realizado por Sengun et al. <sup>68</sup> sugieren que la resistencia de unión a dentina depende de dos factores; el tipo de sistema adhesivo utilizado y el tipo de dentina.

Los valores de resistencia de unión a dentina, consultados en la literatura <sup>69-71</sup> coinciden con los obtenidos en este estudio, lo que da respaldo al método utilizado para el análisis de la resistencia de unión al microcizallamiento.

La dentina es un tejido derivado del ectomesénquima, está compuesta por un gran porcentaje de hidroxiapatita 50%, colágeno 30% y agua 20%. En la dentina se desencadenan procesos fisiológicos y patológicos. Aunque los estudios han informado que la dentina afectada por caries presentan un aumento en la actividad de los colagenolíticos en comparación con la dentina sana, que sugiere un deterioro de la unión más rápida, se observaron diferencias entre ambas dentinas independientemente del modo de adhesivo y de la aplicación de CHX.

En el estudio realizado por Muller <sup>71</sup> sobre dentina sana, el Single Bond Universal presentó resultados superiores que adhesivos de grabado y lavado, independientemente de su protocolo de aplicación. Esto se puede explicar por la presencia del 10-MDP en su composición, proporcionando un enlace iónico a la dentina.

Yoshida mostró una interacción química efectiva entre 10-MDP e hidroxiapatita formando una nanocapa estable, aumentando así la resistencia mecánica de la interfaz adhesiva. Además, la deposición de sales estables Ca-10-MDP y las nanocapas pueden explicar la alta estabilidad en la resistencia de unión.<sup>72</sup>

Shen en 2020 <sup>73</sup> concluye que el monómero 10-MDP reduce tanto la activación de MMP como la nanofiltración a través de un mecanismo que implica la formación de sales Ca-MDP. Si bien la CHX puede interferir con la formación de estas sales cuando es aplicado junto al 10-MDP, no tiene un efecto deletéreo, además el rendimiento de la unión se ve favorecido por la aplicación de 10-MDP.

Al parecer el efecto de HEMA en la absorción de agua y el deterioro en la unión a dentina es tan significativo que puede neutralizar el efecto primordial del monómero 10-MDP. <sup>74</sup> Teniendo en cuenta que el 10-MDP genera un enlace hidrofóbico relativamente estable con el colágeno, el HEMA no interactúa con el colágeno, por lo tanto, la interacción entre estas moléculas en la unión adhesiva, puede reducir la hidrofobicidad del 10-MDP

comprometiendo la interacción con el colágeno. Como sugiere la literatura, los adhesivos que contienen 10-MDP tienen una mayor duración en la adhesión.<sup>75</sup>

Por otro lado, Lima <sup>76</sup> demostró que las MMP están presentes debajo de la capa híbrida de colágeno expuesto y no infiltrado, estas enzimas pueden activarse por la presencia de ácidos débiles en los sistemas adhesivos. Una elevada resistencia de unión a dentina, se obtiene cuando el adhesivo es capaz de infiltrar el colágeno expuesto por ácido o inhibir las MMP ubicadas en la zona desmineralizada.

Las MMP son endopeptidasas y pertenecen al grupo de las metaloproteasas. Su rol principal es la degradación y remodelación de la matriz extracelular. Las MMP son las responsables de degradar las proteínas como el colágeno y elastina.<sup>77</sup>

La CHX cumple la función de ser un inhibidor inespecífico que modifica la estructura tridimensional de las MMP y compite con los iones metálicos ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ) que son necesarios para sus funciones. Aunque existe evidencia de que el CHX es capaz de inhibir la acción de los MMP, no está claro su efecto sobre la resistencia de unión en los sistemas adhesivos universales porque los resultados han sido contradictorios.<sup>76</sup>

Figueredo <sup>76</sup> concluyó en su estudio que la resistencia de unión del adhesivo utilizado en la estrategia de lavado y secado y en autocondicionamiento fue mayor en dentina sana y en dentina afectada por caries. Por otro lado, afirma que la CHX redujo la resistencia de unión en ambas dentinas independientemente de la estrategia adhesiva utilizada.

En lo que a estrategias adhesivas respecta, su uso como antiséptico, previo a la aplicación del adhesivo no incide de manera directa en la resistencia de unión a dentina desmineralizada. En cambio, su uso tiene influencia directa sobre inhibir las MMP presentes en la dentina.<sup>58</sup>

En coincidencia con el estudio de Breschi L, y col.<sup>58</sup> otro estudio demuestra que la eficacia adhesiva de dos sistemas adhesivos universales, donde, uno de ellos contiene clorhexidina en su composición, demuestran que el uso de clorhexidina no influye en la resistencia de unión a dentina.<sup>8</sup>

Aunque la capacidad de las MMP para degradar la matriz extracelular se reconoció hace décadas, no se relaciona la nanofiltración con la degradación de la capa híbrida hasta el año 1999 donde Sano<sup>78</sup> y su grupo de investigadores demostraron la degradación hidrolítica del colágeno en la capa híbrida.

Durante el protocolo de adhesión, la CHX inhibe la acción de las MMP hasta cierto punto. A su vez, la incorporación de la CHX no influyó en la resistencia de unión inmediata a la dentina.

El agua dentro de la capa híbrida sirve como medio funcional para la hidrólisis de la matriz resinosa. Esta hidrólisis de los adhesivos, se considera la razón principal de la degradación de la capa híbrida, como consecuencia de esto, la resistencia de unión con el tiempo se ve afectada.<sup>79</sup>

En una revisión sistemática y metanálisis <sup>80</sup> donde se analizaron 43 artículos, se incluyeron 21 artículos para el metanálisis con tratamientos de CHX, se demostró que los estudios indican claramente los beneficios de la inhibición de la enzima que degrada el colágeno sobre la preservación de la resistencia de unión de la dentina. Dado que CHX no tiene ningún efecto adverso sobre la resistencia de unión inmediata, se puede recomendar el uso clínico de CHX para aumentar la longevidad de las uniones resina-dentina.

A su vez, en el metanálisis, no se observaron diferencias significativas entre la CHX y el control en la resistencia de unión inmediata. La resistencia de unión en el grupo CHX fueron significativamente más altas que en el grupo de control después del envejecimiento ( $p < 0,001$ ).<sup>80</sup>

Otra revisión sistemática y metanálisis <sup>81</sup> tuvo como objetivo evaluar los adhesivos universales en cuanto a la resistencia de unión in vitro a la dentina, y la inhibición del crecimiento de *S. Mutans* y compararlos con adhesivos universales modificados con agentes antimicrobianos. La búsqueda bibliográfica se realizó hasta abril de 2021 en 5 bases de datos electrónicas: PubMed, MedLine, SciELO, ISI Web of Science, Scopus y EMBASE. Solo se incluyeron estudios in vitro que informaron sobre el efecto de la modificación de los adhesivos universales con agentes antimicrobianos sobre la resistencia de unión a la dentina y/o sobre la inhibición de *S. Mutans*. Concluye que los adhesivos universales modificados con agentes antibacterianos mostraron una disminución en la viabilidad del biofilm de *S. Mutans*, entre los adhesivos probados. Sin embargo, no hay suficientes datos válidos sobre las propiedades antibacterianas de los adhesivos universales modificados; por lo tanto, más estudios son necesarios para poder evaluarlos.

## **V.1 Limitaciones del estudio.**

Es importante destacar que éste, es un estudio *in vitro*, el cual se realizó con una metodología y un ambiente controlado. En la clínica, quizás, puedan encontrarse diferencias en el comportamiento de los adhesivos y su uso.

Además, debemos considerar que la resistencia de unión por sí misma, no brinda un real conocimiento del desempeño de un sistema adhesivo, en la literatura se observan distintas metodologías *in vitro* que se podrían aplicar, por ejemplo: análisis de microscopía electrónica de las interfases adhesivas, microfiltración, entre otros, con los cuales se obtenga una visión más amplia del desempeño laboratorial de un sistema adhesivo.

Por otro lado, como fortalezas de este estudio, se destacan el cumplimiento metodológico de la normativa ISO 29022 <sup>64</sup> y el seguimiento estricto de los protocolos establecidos, la estandarización de las muestras, y por último la utilización del equipamiento específico.

Sería pertinente poder realizar los ensayos de resistencia de unión a largo plazo que involucren estudios clínicos, que confirmen los datos obtenidos en este trabajo.

## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES

Uno de los desafíos que se presentan cuando realizamos estrategias adhesivas, es la degradación de la capa híbrida. Bajo las limitaciones recientemente planteadas, podemos concluir que la utilización de clorhexidina como paso previo al realizar la estrategia adhesiva es útil al pasar el tiempo.

Cuando se analiza el tiempo, inmediatamente la clorhexidina no mejoraría los valores de resistencia de unión en dentina sana ni en dentina desmineralizada.

Cuando se analiza el tiempo a corto plazo la utilización de clorhexidina presenta un efecto favorable el cual podría estar enmarcada en el rol que cumple como inhibidor de las MMP. Los inhibidores de las MMP prometen ser el futuro para el direccionamiento específico de la prevención de la proteólisis de la dentina.

Dentro de las condiciones dadas en este estudio en dentina sana y en dentina desmineralizada, no se aprecia una diferencia en la resistencia de unión con la aplicación de clorhexidina.

### **Perspectivas futuras**

Resulta interesante poder seguir esta línea de investigación con estudios clínicos que avalen este trabajo. Participando en un proyecto integral junto a la Unidad Académica de Odontopediatría de la FO Udelar, donde se pueda incluir un diseño metodológico que involucre la participación del paciente niño, y así poder diagramar un estudio clínico randomizado analizando entre otras variables, el desempeño clínico de los adhesivos universales utilizados en dentina desmineralizada de piezas dentarias de la primera dentición; planteando como objetivos, evaluar la longevidad de las restauraciones adhesivas relacionando la interfaz de unión a mediano y largo plazo.

## VII. REFERENCIAS

1. Sofan E, Sofan A, Palaia G, Tenore G, Romeo U, Migliau G. Classification review of dental adhesive systems: from the IV generation to the universal type. *Annali di stomatologia*. 2017;8(1):1–17.
2. Nagarkar S, Theis-Mahon N, Perdigão J. Universal dental adhesives: Current status, laboratory testing, and clinical performance. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials*. 2019 Aug 14;107(6):2121–31.
3. Matos AB, Trevelin LT, da Silva BTF, Francisconi-Dos-Rios LF, Siriani LK, Cardoso MV. Bonding efficiency and durability: current possibilities. *Brazilian oral research*. 2017 Aug 1;31(suppl 1):3–22.
4. Cardoso M v., de Almeida Neves A, Mine A, Coutinho E, van Landuyt K, de Munck J, et al. Current aspects on bonding effectiveness and stability in adhesive dentistry. *Australian dental journal*. 2011 Jun;56 Suppl 1(SUPPL. 1):31–44.
5. Rodrigues JA, Casagrande L, Araújo FB, Lenzi TL, Mariath AAS. Restorative Materials in Pediatric Dentistry. In: *Pediatric Restorative Dentistry*. Cham: Springer International Publishing; 2019. p. 161–7.
6. Banerjee A. Minimal intervention dentistry: part 7. Minimally invasive operative caries management: rationale and techniques. *British Dental Journal*. 2013 Feb 8;214(3):107–11.
7. Casagrande L, Seminario AT, Correa MB, Werle SB, Maltz M, Demarco FF, et al. Longevity and associated risk factors in adhesive restorations of young permanent teeth after complete and selective caries removal: a retrospective study. *Clinical Oral Investigations*. 2017 Apr 22;21(3):847–55.
8. Tessore R, Silveira C, Vázquez P, Mederos M, García A, Cuevas-Suarez CE, et al. Evaluación de la resistencia de unión a dentina humana de un sistema adhesivo universal con clorhexidina utilizado en modo de grabado total y autocondicionante. *Odontoestomatología*. 2020 Jun 6;22(35):20–9.
9. Anderson MH, Loesche WJ, Charbeneau GT. Bacteriologic study of a basic fuchsin caries-disclosing dye. *The Journal of prosthetic dentistry*. 1985;54(1):51–5.

10. Oong EM, Griffin SO, Kohn WG, Gooch BF, Caufield PW. The effect of dental sealants on bacteria levels in caries lesions: a review of the evidence. *Journal of the American Dental Association* (1939). 2008;139(3):271–8.
11. Ricketts D, Kidd E, Innes NPT, Clarkson JE. Complete or ultraconservative removal of decayed tissue in unfilled teeth. In: Ricketts D, editor. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd; 2006. p. CD003808–CD003808.
12. Uribe S. Partial caries removal in symptomless teeth reduces the risk of pulp exposure. *Evidence-Based Dentistry*. 2006 Dec 24;7(4):94–94.
13. Li T, Zhai X, Song F, Zhu H. Selective versus non-selective removal for dental caries: a systematic review and meta-analysis. *Acta Odontologica Scandinavica*. 2018 Feb 17;76(2):135–40.
14. Fejerskov Ole, Kidd Edwina. *Dental Caries: the Disease and Its Clinical Management*. 2012;640.
15. Bjørndal L. Buonocore Memorial Lecture. Dentin caries: progression and clinical management . *Oper Dent*. 2002;27(3):211–7.
16. Ogushi K, Fusayama T. Electron microscopic structure of the two layers of carious dentin. *Journal of dental research*. 1975;54(5):1019–26.
17. Hall RC, Embery G. The use of immunohistochemistry in understanding the structure and function of the extracellular matrix of dental tissues. *Advances in dental research*. 1997;11(4):478–86.
18. Jordi L, del Carmen M, Schiaffino Rosana A, Sandra K. Proteolisis enzimática del colágeno dentinario. *Odontoestomatología*. 2010 Jun 1;12(14):35–44.
19. Innes NPT, Frencken JE, Bjørndal L, Maltz M, Manton DJ, Ricketts D, et al. *Managing Carious Lesions: Consensus Recommendations on Terminology*. *Advances in dental research*. 2016 May 1;28(2):49–57.
20. Frencken JE, Holmgren CJ. *Atraumatic restorative treatment (ART) for dental caries*. Nijmegen : STI Book bv,; 1999.
21. *Caries prevention and management chairside guide* | FDI.
22. Vola J. Influencia de los inhibidores de las metaloproteinasas, agentes reticuladores y remineralización biomimética en la longevidad de la unión



- adhesiva. Parte I. Inhibidores de las metaloproteinasas. *Actas Odontológicas (Publicación discontinuada)*. 2014;11(2):10–21.
23. Checchi V, Mazzoni A, Breschi L, Felice P. Reconstruction of an atrophied posterior mandible with the inlay technique and allograft block versus allograft particulate: a case report. *The International journal of periodontics & restorative dentistry*. 2015 Mar;35(2):e20–7.
  24. Tjäderhane L, Nascimento FD, Breschi L, Mazzoni A, Tersariol ILS, Geraldeli S, et al. Strategies to prevent hydrolytic degradation of the hybrid layer—A review. *Dental Materials*. 2013 Oct;29(10):999–1011.
  25. Pashley DH, Tay FR, Yiu C, Hashimoto M, Breschi L, Carvalho RM, et al. Collagen Degradation by Host-derived Enzymes during Aging. *Journal of Dental Research*. 2004 Mar 6;83(3):216–21.
  26. Tekçe N, Tuncer S, Demirci M, Balci S. Do matrix metalloproteinase inhibitors improve the bond durability of universal dental adhesives? *Scanning*. 2016;38(6):535–44.
  27. Osorio R, Yamauti M, Osorio E, Ruiz-Requena ME, Pashley D, Tay F, et al. Effect of dentin etching and chlorhexidine application on metalloproteinase-mediated collagen degradation. *European Journal of Oral Sciences*. 2011 Feb;119(1):79–85.
  28. Breschi L, Maravic T, Comba A, Cunha SR, Loguercio AD, Reis A, et al. Chlorhexidine preserves the hybrid layer in vitro after 10-years aging. *Dental Materials*. 2020 May 1;36(5):672–80.
  29. Strobel S, Hellwig E. The effects of matrix-metallo- proteinases and chlorhexidine on the adhesive bond. *Swiss dental journal*. 2015;125(2):134–45.
  30. Dionysopoulos D. Effect of digluconate chlorhexidine on bond strength between dental adhesive systems and dentin: A systematic review. *Journal of Conservative Dentistry*. 2016;19(1):11.
  31. Sharafeddin F, Farhadpour H. Evaluation of Shear Bond Strength of Total-and Self-etching Adhesive Systems after Application of Chlorhexidine to Dentin Contaminated with a Hemostatic Agent. Evaluation of Shear Bond Strength of Total-and Self-etching Adhesive Systems after Application of Chlorhexidine to Dentin Contam-inated with a Hemostatic Agent. Vol. 16, *J Dent Shiraz Univ Med Sci*. 2015.

32. Bravo C, Sampaio CS, Hirata R, Puppin-Rontani RM, Mayoral JR, Giner L. In-vitro Comparative Study of the use of 2 % Chlorhexidine on Microtensile Bond Strength of Different Dentin Adhesives: A 6 Months Evaluation. *International Journal of Morphology*. 2017 Sep;35(3):893–900.
33. Rosa WL de O da, Piva E, Silva AF da. Bond strength of universal adhesives: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Dentistry*. 2015 Jul 1;43(7):765–76.
34. Chen C, Niu L-N, Xie H, Zhang Z-Y, Zhou L-Q, Jiao K, et al. Bonding of universal adhesives to dentine – Old wine in new bottles? *Journal of Dentistry*. 2015 May 1;43(5):525–36.
35. Perdigão J, Swift EJ. Universal Adhesives. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2015 Nov 1;27(6):331–4.
36. Elkaffas AliA, Hamama HHH, Mahmoud SH. Do universal adhesives promote bonding to dentin? A systematic review and meta-analysis. *Restorative Dentistry & Endodontics*. 2018;43(3).
37. Shadman N, Farzin-Ebrahimi S, Mortazavi-Lahijani E, Jalali Z. Effect of chlorhexidine on the durability of a new universal adhesive system. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*. 2018;10(9):0–0.
38. Mobarak EH, El-Korashy DI, Pashley DH. Effect of chlorhexidine concentrations on micro-shear bond strength of self-etch adhesive to normal and caries-affected dentin. *American journal of dentistry*. 2010;23(4):217–22.
39. Machiulskiene V, Campus G, Carvalho JC, Dige I, Ekstrand KR, Jablonski-Momeni A, et al. Terminology of Dental Caries and Dental Caries Management: Consensus Report of a Workshop Organized by ORCA and Cariology Research Group of IADR. *Caries Research*. 2020 Jan 1;54(1):7–14.
40. Featherstone JDB. Dental caries: a dynamic disease process. *Australian dental journal*. 2008 Sep;53(3):286–91.
41. Slayton RL, Urquhart O, Araujo MWB, Fontana M, Guzmán-Armstrong S, Nascimento MM, et al. Evidence-based clinical practice guideline on nonrestorative treatments for carious lesions: A report from the American Dental Association. *Journal of the American Dental Association (1939)*. 2018 Oct 1;149(10):837-849.e19.

42. Carrer F, Pucca Junior G. Observatorio Iberoamericano de políticas públicas en salud bucal: construyendo un bloque por más salud bucal. [Sao Paulo]; 2018.
43. Filho APR, Chávez BA, Giacaman RA, Frazão P, Cury JA. Community interventions and strategies for caries control in Latin American and Caribbean countries. *Brazilian Oral Research*. 2021 May 28;35:1–17.
44. Kassebaum NJ, Bernabé E, Dahiya M, Bhandari B, Murray CJL, Marcenes W. Global burden of untreated caries: a systematic review and metaregression. *Journal of dental research*. 2015 May 9;94(5):650–8.
45. Lee H, Chalmers NI, Brow A, Boynes S, Monopoli M, Doherty M, et al. Person-centered care model in dentistry. *BMC Oral Health*. 2018 Nov 29;18(1):1–7.
46. Schwendicke F, Splieth C, Breschi L, Banerjee A, Fontana M, Paris S, et al. When to intervene in the caries process? An expert Delphi consensus statement. *Clinical oral investigations*. 2019 Oct 1;23(10):3691–703.
47. Banerjee A, Frencken JE, Schwendicke F, Innes NPT. Contemporary operative caries management: consensus recommendations on minimally invasive caries removal. *British dental journal*. 2017 Aug 11;223(3):215–22.
48. Maltz M, Koppe B, Jardim JJ, Alves LS, de Paula LM, Yamaguti PM, et al. Partial caries removal in deep caries lesions: a 5-year multicenter randomized controlled trial. *Clinical oral investigations*. 2018 Apr 1;22(3):1337–43.
49. Jardim JJ, Mestrinho HD, Koppe B, de Paula LM, Alves LS, Yamaguti PM, et al. Restorations after selective caries removal: 5-Year randomized trial. *Journal of dentistry*. 2020 Aug 1;99.
50. Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *Journal of dental research*. 1955;34(6):849–53.
51. Hosoya Y, Tay FR, Ono T, Miyazaki M. Hardness, elasticity and ultrastructure of primary tooth dentin bonded with a self-reinforcing one-step self-etch adhesive. *Journal of Dentistry*. 2010 Mar;38(3):214–21.
52. Fusayama T. The problems preventing progress in adhesive restorative dentistry. *Advances in dental research*. 1988 Dec 1;2(1).
53. Nakabayashi N, Kojima K, Masuhara E. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. *Journal of biomedical materials research*. 1982;16(3):265–73.

54. Breschi L, Maravic T, Cunha SR, Comba A, Cadenaro M, Tjäderhane L, et al. Dentin bonding systems: From dentin collagen structure to bond preservation and clinical applications. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*. 2018 Jan 1;34(1):78–96.
55. Pereira Prado V, Asquino N, Apellaniz D, Bueno Rossy L, Tapia G, Bologna Molina R. Metaloproteinasas de la matriz extracelular (mmmps) en Odontología. *Odontoestomatología*. 2016;18(28):20–9.
56. Mazzoni A, Nascimento FD, Carrilho M, Tersariol I, Papa V, Tjäderhane L, et al. MMP Activity in the Hybrid Layer Detected with *in situ* Zymography. *Journal of Dental Research*. 2012 May 21;91(5):467–72.
57. Sharafeddin F, Farhadpour H. Evaluation of Shear Bond Strength of Total- and Self-etching Adhesive Systems after Application of Chlorhexidine to Dentin Contaminated with a Hemostatic Agent. *Journal of dentistry (Shiraz, Iran)*. 2015 Sep;16(3):175–81.
58. Breschi L, Mazzoni A, Nato F, Carrilho M, Visintini E, Tjäderhane L, et al. Chlorhexidine stabilizes the adhesive interface: A 2-year in vitro study. *Dental Materials*. 2010 Apr;26(4):320–5.
59. Cherian B, Gehlot PM, Manjunath MK. Comparison of the Antimicrobial Efficacy of Octenidine Dihydrochloride and Chlorhexidine with and Without Passive Ultrasonic Irrigation - An Invitro Study. *Journal of clinical and diagnostic research : JCDR*. 2016 Jun 1;10(6):ZC71–7.
60. Gendron R, Grenier D, Sorsa T, Mayrand D. Inhibition of the activities of matrix metalloproteinases 2, 8, and 9 by chlorhexidine. *Clinical and Diagnostic Laboratory Immunology*. 1999;6(3):437–9.
61. Flury S, Peutzfeldt A, Schmidlin PR, Lussi A. Exposed Dentin: Influence of Cleaning Procedures and Simulated Pulpal Pressure on Bond Strength of a Universal Adhesive System. *PLOS ONE*. 2017 Jan 1;12(1):e0169680.
62. Abouassi T, Hannig C, Mahncke K, Karygianni L, Wolkewitz M, Hellwig E, et al. Does human saliva decrease the antimicrobial activity of chlorhexidine against oral bacteria? *BMC Research Notes*. 2014 Oct 10;7(1):1–6.

63. Joves GJ, Inoue G, Nakashima S, Sadr A, Nikaido T, Tagami J. Mineral density, morphology and bond strength of natural versus artificial caries-affected dentin. *Dental materials journal*. 2013;32(1):138–43.
64. International Organization for Standardization. ISO 29022:2013 - Dentistry — Adhesion — Notched-edge shear bond strength test. <https://www.iso.org/standard/45285.html>
65. Marquezan M, Corrêa FNP, Sanabe ME, Rodrigues Filho LE, Hebling J, Guedes-Pinto AC, et al. Artificial methods of dentine caries induction: A hardness and morphological comparative study. *Archives of Oral Biology*. 2009 Dec;54(12):1111–7.
66. Koyuturk A, Sengun A, Ozer F, Sener Y, Gokalp A. Shear Bond Strengths of Self-etching Adhesives to Caries-affected Dentin on the Gingival Wall. *Dental Materials Journal*. 2006;25(1):59–65.
67. Nandlal B, Deshmukh S. Evaluation of the shear bond strength of nanocomposite on carious and sound deciduous dentin. *International journal of clinical pediatric dentistry*. 2012 Apr;5(1):25–8.
68. Sengün A, Ünlü N, Özer F, Öztürk B. Bond strength of five current adhesives to caries-affected dentin. *Journal of oral rehabilitation*. 2002 Aug;29(8):777–81.
69. Mobarak EH. Effect of chlorhexidine pretreatment on bond strength durability of caries-affected dentin over 2-year aging in artificial saliva and under simulated intrapulpal pressure. *Operative dentistry*. 2011 Nov;36(6):649–60.
70. al Deeb L, Bin-Shuwaish MS, Abrar E, Naseem M, Al-Hamdan RS, Maawadh AM, et al. Efficacy of chlorhexidine, Er Cr YSGG laser and photodynamic therapy on the adhesive bond integrity of caries affected dentin. An in-vitro study. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*. 2020 Sep 1;31:101875.
71. Muller C, Rosa GC da, Teixeira GS, Krejci I, Bortolotto T, Susin AH. Effect of caries-affected dentin on one-step universal and multi-step etch-and-rinse adhesives' bond strength. *Revista de Odontologia da UNESP*. 2017 Oct 19;46(5):273–7.
72. Yoshida Y, Nagakane K, Fukuda R, Nakayama Y, Okazaki M, Shintani H, et al. Comparative study on adhesive performance of functional monomers. *Journal of dental research*. 2004;83(6):454–8.

73. Shen J, Xie H, Wang Q, Wu X, Yang J, Chen C. Evaluation of the interaction of chlorhexidine and MDP and its effects on the durability of dentin bonding. *Dental Materials*. 2020 Dec 1;36(12):1624–34.
74. Hiraishi N, Tochio N, Kigawa T, Otsuki M, Tagami J. Molecular level evaluation on HEMA interaction with a collagen model. *Dental Materials*. 2015 Feb 1;31(2):88–92.
75. Bahari M, Oskoe SS, Esmaeel M, Chaharom E, Kahnamoui MA, Gholizadeh S, et al. Effect of accelerated aging and double application on the dentin bond strength of universal adhesive system. *Dental Research Journal*. 2021;1.
76. Lima JFM de, Wajngarten D, Islam F, Clifford J, Botta AC. Effect of adhesive mode and chlorhexidine on microtensile strength of universal bonding agent to sound and caries-affected dentins. *European Journal of Dentistry*. 2018 Oct 23;12(04):553–8.
77. Singh D, Srivastava SK, Chaudhuri TK, Upadhyay G. Multifaceted role of matrix metalloproteinases (MMPs). *Frontiers in Molecular Biosciences*. 2015 May 13;2(MAY):19.
78. Sano H, Yoshikawa T, Pereira RNR, Kanemura N, Morigami M, Tagami J, et al. Long-term durability of dentin bonds made with a self-etching primer, in vivo. *Journal of dental research*. 1999;78(4):906–11.
79. Frassetto A, Breschi L, Turco G, Marchesi G, di Lenarda R, Tay FR, et al. Mechanisms of degradation of the hybrid layer in adhesive dentistry and therapeutic agents to improve bond durability--A literature review. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*. 2016 Feb 1;32(2):e41–53.
80. Kiuru O, Sinervo J, Vähänikkilä H, Anttonen V, Tjäderhane L. MMP Inhibitors and Dentin Bonding: Systematic Review and Meta-Analysis. Isola G, editor. *International Journal of Dentistry*. 2021 May 27;2021:1–14.
81. Hardan L, Bourgi R, Cuevas-Suárez CE, Zarow M, Kharouf N, Mancino D, et al. The bond strength and antibacterial activity of the universal dentin bonding system: A systematic review and meta-analysis. Vol. 9, *Microorganisms*. MDPI AG; 2021.

## **VIII. ANEXOS**

**Anexo 1. CONSENTIMIENTO INFORMADO**

**Anexo 2. FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

**Anexo 3. APROBACIÓN DEL COMITÉ DE ÉTICA**

**Anexo 4. PLANILLA DE GASTOS**

## ANEXO 1

CONSENTIMIENTO INFORMADO Proyecto de investigación:

### **“EFECTO DEL PRETRATAMIENTO CON CLORHEXIDINA EN LA RESISTENCIA DE UNIÓN A DENTINA DESMINERALIZADA”**

Fecha:

El ámbito donde se va a desarrollar el estudio es en la Facultad de Odontología Udelar en las clínicas de quirúrgica o en el block quirúrgico.

INFORMACIÓN El motivo de extracción de sus piezas dentarias no está vinculado con el estudio propuesto. Hasta la fecha las piezas extraídas se descartaban. Ahora lo consultamos respecto a su voluntad de donar los dientes que se le extraen, para que puedan ser utilizados en este proyecto, sin que su decisión afecte de ninguna forma el tratamiento indicado. La finalidad de este estudio es utilizar sus piezas dentarias para colocarle materiales restauradores y analizar sus propiedades para, en un futuro poder brindar mejores soluciones en la restauración de piezas dentales. Su decisión debe ser tomada a partir de que Ud. reciba la información necesaria, contenida en este documento o proporcionada por parte de los integrantes del proyecto. No existen efectos adversos para usted ni se lo molestará luego de cedido el diente para su estudio. No existen tampoco motivo de sospecha de ningún mal por el cual estemos haciendo este estudio, por el contrario, el motivo apunta al estudio de los materiales y sus propiedades. La participación en el estudio no dará derecho a ninguna remuneración ni compensación de carácter económico. Se protegerá la intimidad y el secreto de los datos aportados por el paciente y los obtenidos durante el estudio según la normativa vigente en la materia.

CONSENTIMIENTO Yo \_\_\_\_\_ fui informado correctamente por \_\_\_\_\_ y autorizo, habiendo sido notificado del estudio y protocolo a realizarse, a que se utilicen mis dientes para dicho fin.  
Firma del paciente.....Aclaración .....

Teléfono del paciente.....Dirección.....  
Odontólogo tratante.....Teléfono.....

Nombre del responsable del proyecto: **Andrés García Terra**  
Número de teléfono del responsable del proyecto: **099797189**  
Correo electrónico del responsable del proyecto: **dr.andresgarciaterra@gmail.com**



**ANEXO 2. FICHA DE REGISTRO DE DATOS Dentina Sana (DS)**

Pieza	DS con CHX Resultado Inmediato (MPa)	DS con CHX Resultado a los 6 meses (MPa)	DS sin CHX Resultado Inmediato (MPa)	DS sin CHX Resultado a los 6 meses (MPa)
1	20,96	11,23	21,17	11,06
2	21,20	11,56	21,20	11,25
3	21,34	12,16	21,69	11,84
4	21,43	12,42	21,70	12,00
5	21,93	12,52	22,09	12,21
6	22,16	12,97	22,12	12,30
7	22,27	13,35	22,16	12,39
8	22,38	13,91	22,65	12,77
9	22,67	14,00	22,65	12,87
10	22,85	14,95	22,76	13,19
11	23,14	15,00	22,83	13,23
12	23,65	15,38	23,04	13,37
13	23,77	15,75	23,44	13,79
14	24,04	15,97	23,68	13,87
15	24,34	16,32	23,73	14,09
16	24,75	16,66	24,38	14,47
17	24,91	16,69	25,51	14,81
18	25,32	16,76	26,48	15,44
19	25,72	17,66	26,58	15,58
20	25,85	17,74	27,52	16,52

**FICHA DE REGISTRO DE DATOS Dentina Desmineralizada (DD)**

Pieza	DD con CHX Resultado Inmediato (MPa)	DD con CHX Resultado a los 6 meses (MPa)	DD sin CHX Resultado Inmediato (MPa)	DD sin CHX Resultado a los 6 meses (MPa)
21	16,88	7,48	16,26	6,55
22	17,35	7,68	16,59	6,86
23	17,68	8,11	16,91	6,92
24	17,71	8,12	17,40	7,43
25	17,85	8,45	17,50	7,84
26	18,01	8,64	18,19	8,66
27	18,15	9,03	18,80	9,21
28	18,31	9,04	19,50	9,88
29	18,36	9,34	20,04	10,14
30	18,41	9,38	20,37	10,43
31	18,66	10,12	17,23	7,52
32	18,66	10,32	17,55	7,79
33	18,99	10,36	17,84	7,85
34	19,07	10,87	18,35	8,36
35	19,26	11,02	18,48	8,82
36	19,39	11,39	19,17	9,58
37	19,66	11,52	19,70	10,11
38	20,32	11,79	20,48	10,84
39	20,63	12,36	21,01	11,11
40	21,29	12,46	21,31	11,41

## ANEXO 3

### APROBACIÓN DEL COMITÉ DE ÉTICA



Montevideo, 02 de diciembre de 2019.-

Reunido el Comité de Ética en Investigación de la Facultad de Odontología, el día 21/11/19, resuelve:

(Exp. No. 091900-000300-19) – APROBAR el Proyecto de investigación titulado “Efecto del pre-tratamiento con clorhexidina en la fuerza de unión a dentina desmineralizada”, presentado por el Dr. Andrés García.



Dr. Ernesto Borgia  
Comité de Ética en Investigación  
Facultad de Odontología

#### ANEXO 4. PLANILLA DE GASTOS

PRODUCTO	COSTO \$	CANTIDAD	TOTAL \$
Clorhexidina 2%	478	1(500ml)	478
Microbrush	196	1 (100u)	196
Single Bond U	1265	1	1265
Z250 XT	1400	1	1400
CaCl	199	1(1L)	199
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	780	1(1Kg)	780
Ácido Acético	138	1(1L)	138
KCl	488	1(1Kg)	488
Acrílico Monómero 1 L	1400	1	1400
Acrílico Polímero 1 Kg	1590	1	1590
Tubo PPL 6mts	506	1	506
Lijas 600	15	20	300
Lijas 400	15	20	300
Lijas 200	15	20	300
Alambre 0,30mm	224	1	224
			Total \$9564