



**EVALUACIÓN DE LA LONGEVIDAD DEL ACONDICIONAMIENTO  
CON GEL DE ÁCIDO ETILENDIAMINOTETRAACÉTICO (EDTA) EN  
LA RESISTENCIA DE UNIÓN ADHESIVA A DENTINA ESCLERÓTICA**

**Trabajo de Investigación  
Requisito para optar al  
Título de Cirujano Dentista**

**Docente Guía:**  
Dra. Issis Luque-Martínez

**Alumnos:**  
Nicolás Aros Pérez  
Luciano Medina Toloza

Valparaíso- Chile  
2019





**EVALUACIÓN DE LA LONGEVIDAD DEL ACONDICIONAMIENTO  
CON GEL DE ÁCIDO ETILENDIAMINOTETRAACÉTICO (EDTA) EN  
LA RESISTENCIA DE UNIÓN ADHESIVA A DENTINA ESCLERÓTICA**

**Trabajo de Investigación  
Requisito para optar al  
Título de Cirujano Dentista**

**Docente Guía:**  
Dra. Issis Luque-Martínez

**Alumnos:**  
Nicolás Aros Pérez  
Luciano Medina Toloza

Valparaíso- Chile  
2019

## DEDICATORIA

*A mi madre, padre, abuela, tíos y primos por estar presentes en cada paso que doy en mi vida, por siempre apoyarme incondicionalmente, por darme fuerzas y ánimos en los momentos más difíciles de la carrera. Por siempre tener la confianza depositada en mí, gracias por amarme tanto.*

*A mis amigos y amigas de La Ligua, que han recorrido el camino de la vida conmigo. Gracias por ser incondicionales, por celebrar y llorar junto a mí. Los quiero muchísimo.*

*A todos mis amigos y amigas que esta carrera me permitió conocer, por ayudarme en lo humano y en lo profesional. Son grandes personas que me ayudaron a sortear los momentos más crudos de la carrera, con alegría, diversión y felicidad. Los quiero muchísimo.*

*A mi tía Sandra por abrirme las puertas de su hogar en Valparaíso en estos 7 años, por ser amor, contención y sensatez. Gracias por todos los valores que me entregó. A mi prima María por estar viviendo conmigo tantos años, por ayudarme en todo lo que se me pueda ocurrir y cumplirme mil favores. A ambas, las quiero infinito.*

*Finalmente, a mis compañeros que trabajaron arduamente conmigo estos 2 años, por la entrega, empatía, esfuerzo y grandes momentos. Mención especial para Luciano y Natalia, dos grandes personas, compañeros de trabajo y amigos que sin ellos nada de esto hubiese sido posible, gracias por estar presente en todo momento.*

**Nicolás Aros Pérez.**

*La presente Tesis la dedico a mi familia, especialmente a mi Padre y Madre por el apoyo incondicional en este proceso. Padre, por tu esfuerzo, experiencia y comprensión. Madre por tu cariño, bondad, apoyo, consejos y amor. A ambos por ser los promotores de mis sueños, forjarme como la persona que soy y siempre creer en mí, infinitas gracias los amo con mi vida.*

*A mis amigos por siempre estar cuando los necesite para celebrar triunfos o sobrellevar derrotas, gracias.*

*A mis compañeros por su esfuerzo y dedicación en estos 2 años, sin ellos esto no sería posible, especialmente a Nicolás que en este ultimo año fue colega, compañero y amigo para poder sacar esto adelante, gracias por todo.*

**Luciano Medina Toloza.**

## **AGRADECIMIENTOS**

A nuestra docente guía, Dra. Issis Luque por su completa entrega con esta tesis y por su pasión por la investigación. Por tener siempre la mejor disposición para ayudarnos en todo lo que requiriéramos. Gracias infinitas por acompañarnos en este proceso.

A nuestras compañeras de tesis el año 2018 Natalia y Amaya, que trabajaron arduamente en conjunto con nosotros, gracias por su gran disposición y compromiso.

Al matadero Faenagro y a la señora Lily quien nos ayudó con la obtención de los dientes de bovino y tuvo una gran disposición.

A todas las personas que estuvieron presentes en este proceso y nos ayudaron a llevarlo a cabo.

# INDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. MARCO TEÓRICO .....	4
2.1. SUSTRATOS DENTARIOS.....	4
2.1.1. Esmalte .....	4
2.1.2. Dentina.....	4
2.1.3. Pulpa.....	6
2.1.4. Cemento .....	6
2.2. ADHESIÓN .....	7
2.2.1. Concepto de adhesión .....	7
2.2.2. Factores que influyen en la adhesión .....	8
2.2.3. Clasificación de los sistemas adhesivos .....	9
2.3. ADHESIÓN A TEJIDOS DENTARIOS.....	11
2.4. DIFERENCIAS DE RESULTADOS EN TEJIDOS DENTARIOS.....	13
2.4.1. Adhesión a esmalte.....	14
2.4.2. Dificultades para la adhesión a dentina .....	15
2.5. ÁCIDO ETILENDIAMINOTETRÁCETICO (EDTA) .....	19
2.5.1. Gel de Ácido Etilendiaminotetrácetico (EDTA) .....	21
2.6. LONGEVIDAD EN ADHESIÓN .....	22
3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN .....	24
4. OBJETIVOS.....	24
3.1. Objetivo General .....	24
3.2. Objetivos Específicos .....	24
5. HIPÓTESIS DE TRABAJO.....	25
6. MATERIALES Y MÉTODOS .....	26
6.1. Tipo de Estudio .....	26
6.2. Población y unidad de estudio.....	26
6.3. Cálculo y selección de la muestra .....	26
6.4. Criterios de inclusión .....	28
6.5. Criterios de exclusión .....	29
6.6. Diseño de instrumento de recolección de datos .....	29
6.7. Calibración y estandarización.....	29
6.8. Metodología de trabajo.....	30

6.8.1 Variables .....	30
6.8.2 Almacenamiento y preparación de especímenes .....	30
6.8.3 Preparación y estandarización de soluciones y geles de EDTA 35% y 37% .....	31
6.8.4 Preparación del gel .....	34
6.8.5 Prueba de resistencia de unión a la microtracción en dentina esclerótica (μTBS) .....	34
6.9 Eliminación de muestras biológicas.....	37
6.10 Análisis Estadístico .....	37
7. RESULTADOS.....	38
7.1 Dentina esclerótica.....	38
7.1.1. Resistencia de unión adhesiva inmediata (μTBS) .....	38
7.1.2. Pruebas de Longevidad (μTBS) .....	38
8. DISCUSIÓN .....	44
8.1 Limitaciones .....	48
9. CONCLUSIÓN .....	49
10. SUGERENCIAS .....	50
11. RESUMEN .....	51
12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	52

## 1. INTRODUCCIÓN

La odontología adhesiva es de gran relevancia en el abordaje restaurador actual, por ello la unión que los sistemas adhesivos proporcionan entre los materiales restauradores y los tejidos duros del diente debe ser eficaz, durable en el tiempo(1), e ir de la mano de abordajes clínicos conservadores y simplificados de la técnica adhesiva.

Los monómeros resinosos hacen parte de los materiales restauradores más utilizados en la odontología adhesiva directa e indirecta (2). Sin embargo, en un estudio del 2017 de Palotie, se estima que al menos las restauraciones directas de resina compuesta tienen un tiempo de supervivencia en boca de 9,9 años en promedio (3), siendo una de las principales razones para su fracaso la caries cercana al margen de la restauración y la fractura de la misma(4), teniendo como origen común la interfaz de unión. Considerando que el objetivo de la odontología restauradora es garantizar tratamientos efectivos y duraderos, resulta relevante generar estrategias que aumenten esta expectativa de longevidad de las restauraciones.

Para generar unión adhesiva de los materiales restauradores resinosos al esmalte dentario, el ácido ortofosfórico es considerado el *gold standard* para el tratamiento de este sustrato, a través de la técnica *etch-and-rinse*. Esta técnica permite desmineralizar la capa superficial del esmalte, exponiendo rugosidades que permitirán la infiltración y posterior traba micro-mecánica de los monómeros resinosos al polimerizar (3-6). En dentina, debido a su mayor contenido en tejido orgánico y cercanía con la pulpa, representa un mayor desafío para la adhesión; aquí la técnica *etch-and-rinse* es aplicada por un tiempo menor que en esmalte, lo cual permite obtener el patrón de desmineralización adecuado(1). Por otra parte, la estrategia *self-etch* incorporan monómeros ácidos para desmineralizar e infiltrar el sustrato de forma simultánea, con resultados similares de resistencia de unión(5, 7, 8). No obstante, el acondicionamiento diferenciado de los tejidos dentarios aumenta el tiempo clínico e implica disponer de una variedad de materiales para su realización.

A pesar de que el ácido ortofosfórico permite una óptima unión adhesiva al esmalte dentario (7), esto no ocurre en la dentina, donde la unión es inestable en el tiempo, al no conseguir una difusión completa de los monómeros de resina en el substrato desmineralizado(9). Esto último genera una interfase de unión, conformada por una capa adhesiva e híbrida producto de la interlocución entre los monómeros resinosos y la matriz colágena expuesta por la desmineralización, que con el transcurso del tiempo es susceptible a la degradación endógena(10). En consecuencia, disminuyen las propiedades biomecánicas, afectando la longevidad de las restauraciones adhesivas(11, 12).

Alteraciones del substrato dentinario como la caries, erosión y esclerosis, afectan la hibridación de la superficie dentinaria, y con ello la eficacia del procedimiento adhesivo(6, 8). La esclerosis dentinaria es un tipo de alteración encontrada principalmente en lesiones cervicales no cariosas, presentes con frecuencia en la población, debido al creciente envejecimiento y la alta prevalencia de bruxismo y alteraciones oclusales(13). Esta se caracteriza por la obliteración parcial o total de los túbulos dentinarios con cristales minerales, y la hipermineralización de su capa más superficial. Así, es más resistente al acondicionamiento ácido, impidiendo, la eficaz infiltración de los monómeros durante el procedimiento adhesivo, y valores de resistencia de unión inferiores a los logrados en dentina sana(8, 14).

Frente a esto, el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) surge como alternativa para mejorar la adhesión al substrato esclerizado en diversas concentraciones y tiempos de aplicación, obteniendo resultados favorables de resistencia de unión adhesiva (15-17). En el estudio de Luque y cols (2015), al aplicar EDTA al 17% durante 120 segundos, logró mejorar la tasa de retención de restauraciones de resina compuesta sobre dentina esclerótica en lesiones cervicales no cariosas, sin embargo, el tiempo prolongado de uso, hace poco viable generar un protocolo clínico para su implementación. Por otro lado, fue posible reducir el tiempo de aplicación a 30 segundos pero con la ayuda de un dispositivo sónico (Martini 2017); sin embargo, esto aumentaría el costo de la restauración, y la complejidad del procedimiento, alejándonos de la eficacia y simplicidad buscada. Recientemente, Muñoz y cols (2017) aumentaron la concentración de EDTA en una solución al 35%, obteniendo resultados favorables con 30 s de aplicación activa. Sin embargo, a pesar de estos alentadores resultados, la aplicación del EDTA en solución no permite concentrar su aplicación efectiva, controlar el uso de este ácido en el campo operatorio, debido a su fluidez y apariencia incolora, así como restringir el área de aplicación para evitar filtraciones que afecten otros tejidos (18). Además, la aplicación activa provoca una mayor sensibilidad de la técnica para el operador en cuanto a la reproductibilidad.

De esta forma, la presente investigación, estudiará la aplicación de diferentes concentraciones y protocolos de acondicionamiento con un gel formulado a base de EDTA, sobre dentina esclerótica con el objetivo de encontrar un protocolo efectivo que resulte en valores óptimos de adhesión inmediatos y en desafíos de longevidad. Esto último es relevante para este trabajo de investigación ya que se podrá evaluar la longevidad de la interfaz de unión acondicionada con Gel de EDTA y conocer su estabilidad en el tiempo, además de ser pionero en este ámbito ya que no existen trabajos publicados a la fecha relacionados con longevidad y EDTA.

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. SUSTRATOS DENTARIOS**

El diente es un órgano complejo, implantado en tejidos altamente sensitivos y formado por estructuras calcificadas como el esmalte, dentina, cemento, y no calcificados, como es la pulpa(19).

#### **2.1.1. Esmalte**

El esmalte es el tejido calcificado más duro del cuerpo humano, debido a su alto contenido en sales minerales y a su disposición en forma de cristales. Este tejido recubre la corona anatómica del diente y tiene espesores variables en diferentes zonas del mismo(20).

Químicamente el esmalte es una estructura cristalina, translúcida, altamente mineralizada, que contiene entre un 95% a 98% de materia inorgánica. Su elemento básico es el prisma adamantino, constituido por cristales de hidroxiapatita, los cuales están presentes en un 90% a 92% en volumen. El esmalte restante, posee un contenido orgánico alrededor de un 1-2% del peso, y un contenido acuoso entre un 4%, lo que representa en total un 6% en volumen(20).

Presenta un elevado módulo elástico y poca resistencia a la tensión, por lo que corresponde a una estructura rígida que necesita de la dentina para soportar el esfuerzo masticatorio, de lo contrario los bastoncillos de esmalte que carecen de este soporte dentinario, se fracturan con facilidad, separándose de bastoncillos contiguos(20).

#### **2.1.2. Dentina**

La dentina, al igual que el esmalte, es un tejido altamente calcificado, surcado por conductillos, cuya célula madre se encuentra en la pulpa, recubriendo la pared interna de la dentina, denominada odontoblasto(19).

Sus estructuras principales son la fibrilla de Tomes, que corresponde a la prolongación protoplasmática del odontoblasto, inserta dentro de los conductos dentinarios, la dentina periférica o del manto que se ubica inmediatamente por debajo del esmalte, la dentina peritubular, intertubular, circumpulpar y la preentina(19).

Contiene en promedio un 70% de sustancia inorgánica, principalmente cristales de hidroxiapatita más pequeños que los de esmalte, un 12% de agua y un 18% de sustancia orgánica, que corresponde en su mayoría a colágeno (93%), con cantidades mínimas de polisacáridos, lípidos y proteínas(19).

La formación de dentina se produce durante toda la vida, es así como según el tiempo o estímulos que haya recibido adquiere diferentes nomenclaturas. El primer tipo de dentina que se produce antes de la erupción es la denominada dentina primaria. La dentina secundaria se forma con mayor lentitud, una vez erupcionado el diente, con el envejecimiento fisiológico del diente. La dentina terciaria o reparativa se forma como reacción a un estímulo irritativo más intenso o bien localizado, a partir de células mesenquimáticas que se diferencian como odontoblastos, siendo más atubular y, por ende, impermeable a la mayoría de los agentes irritantes. La dentina esclerótica se forma como resultado del envejecimiento (fisiológica) o irritación leve (patológica), y corresponde a un tejido hipercalcificado que oblitera la luz de los conductillos desde el límite amelodentinario hacia la pulpa, siendo más dura, densa, menos sensible y mejor protectora de la pulpa frente a irritaciones futuras(19-21).

Existen diferencias en la histología de la dentina en los diferentes niveles de la raíz(22), por lo que la eficacia del fenómeno de adhesión depende de la zona anatómica en la que se produzca, siendo idónea en la dentina superficial y media, ya que en la dentina profunda, el porcentaje de agua y fibrillas colágenas son inversamente proporcionales, es decir, el contenido de agua aumenta a medida que la dentina es más profunda, mientras disminuye el porcentaje de fibrillas de colágeno, lo que dificulta una adhesión efectiva, debido a que la unión micromecánica se produce principalmente con la red colágena previamente desmineralizada(23).

También es necesario mencionar que junto con la humedad, en la cercanía a la pulpa dentaria, existe un aumento de la densidad de los túbulos dentinarios, lo que conduciría a una disminución de la disponibilidad de la dentina intertubular, que es la responsable de otorgar la retención micromecánica(22).

### **2.1.3. Pulpa**

La pulpa es un tejido conectivo laxo especializado, rodeado y relacionado histológica y embriológicamente a la dentina, por lo que se habla de complejo dentino-pulpar. Se compone de células, fibrillas colágenas, matriz fundamentalmente amorfa, nervios, vasos sanguíneos y linfáticos. La disposición de estos componentes varía según la zona pulpar que se considere. Posee un 75% de agua y un 25% de sustancia orgánica en un individuo joven. Estas proporciones varían con la edad, con la disminución del porcentaje de agua y el aumento del número de fibrillas(19).

Su función principal es de formar y sustentar la dentina, además de otorgar la sensibilidad al órgano dentario, transmitiendo al sistema nervioso central (SNC) todo estímulo de intensidad suficiente para ser traducido en dolor(19).

### **2.1.4. Cemento**

Finalmente, como último componente dentario se encuentra el cemento, una capa fina de tejido dental duro que cubre las raíces anatómicas de los dientes(20), el cual es secretado por los cementoblastos, y cuyo crecimiento se produce por la aposición de capas paralelas más o menos uniformes, denominadas laminillas(19).

Posee células principalmente en su porción apical, lo que aumenta su permeabilidad, convirtiéndolo en una vía nutricia adicional al diente(19).

Es un tejido avascular, y se encuentra en relación al hueso alveolar por medio de las fibras de Sharpey del ligamento periodontal para anclar el diente al alvéolo(20)

## 2.2. ADHESIÓN

### 2.2.1. Concepto de adhesión

La *American Society for Testing and Materials* (especificación D 907), define adhesión como “el estado en que dos superficies están unidas por fuerzas entre sus interfases que pueden consistir en fuerzas de valencia, de entrelazamiento, o ambas”.

La palabra adhesión deriva del latín *adhaerere* (pegar a). Un adhesivo es un material, que generalmente corresponde a un fluido viscoso, que une dos sustratos y solidifica, y es capaz de transferir una carga de una superficie a la otra.

La adhesión, o la fuerza adhesiva, es la medida de la capacidad de soportar cargas de una unión adhesiva, para una buena adhesión debe existir un contacto íntimo entre el adhesivo y el sustrato, de lo contrario pueden suceder fallos en la unión que pueden ocurrir en tres localizaciones, fallo cohesivo en el sustrato, fallo cohesivo dentro del adhesivo y fallo adhesivo, que pueden darse en combinación en un fallo real(24).

Según sea el mecanismo que se utilice para lograr el fenómeno de adhesión, ésta se clasifica en 2 categorías:

**a) Química:** Mediante fuerzas sub-microscópicas, que impiden la separación de las partes, basadas en la interacción de los componentes de sus estructuras, ya sean átomos o moléculas(19), donde pueden existir fuerzas de valencia primarias (iónica y covalente) o secundarias (uniones de hidrógeno, interacción dipolo o Van der waals)(20)

**b) Mecánica:** Corresponde a la unión que se logra entre dos superficies quienes quedan trabadas en función de la morfología de ambas o por la generación de tensiones entre ellas, se puede generar a nivel macroscopico y microscopico(19).

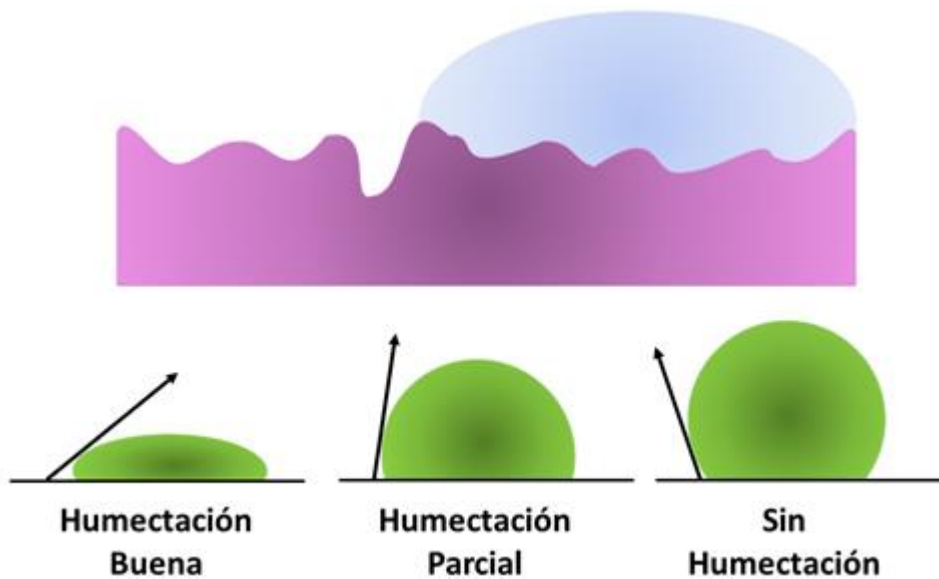
El doble mecanismo de unión (química y micromecánica), se cree que es ventajoso en términos de durabilidad de la restauración; la interacción química puede dar lugar a enlaces que resisten mejor la descomposición hidrolítica, manteniendo de esta forma los márgenes de la restauración sellados por un período más largo, mientras que el mecanismo de unión micromecánico puede proporcionar resistencia ante la tensión de desunión que se pueda generar(25).

## 2.2.2. Factores que influyen en la adhesión

**a) Humectación:** Es la expresión de fuerzas atrayentes entre moléculas del adhesivo y el adherente, en otras palabras, corresponde a la capacidad del adhesivo, de fluir sobre la superficie adherente. Depende de dos factores:

- La limpieza del adherente: entre más limpia la superficie, mejor será la adhesión.
- La energía superficial del adherente: a mayor energía superficial, mejor será la adhesión.

**b) Ángulo de contacto:** Se refiere al ángulo formado entre la superficie de la gota del líquido y la superficie del adherente. Entre menor sea el ángulo de contacto, mayor será la atracción entre el adhesivo y el adherente, siendo un ángulo de contacto  $0^\circ$  el que obtiene mejor humectación. (Ver figura 1)



**Figura 1.** Influencia del ángulo de contacto en la adhesión. Tomado y adaptado de Baratieri y cols. *Odontología Restauradora: Fundamentos y Técnicas*(26).

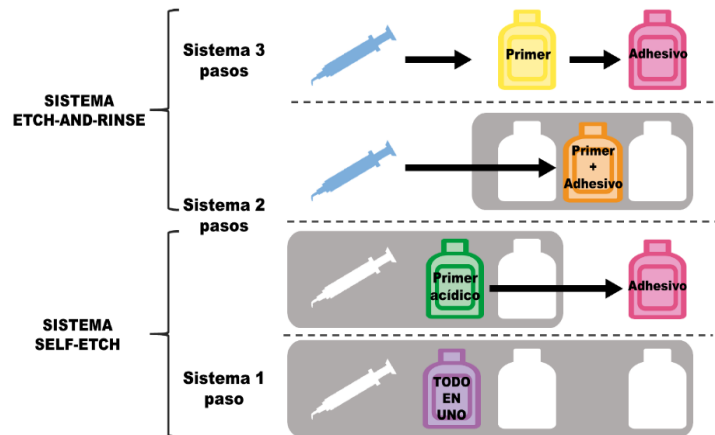
**c) Energía de superficie:** La tensión superficial del líquido y la energía superficial del adherente, determina el grado de humectación que ocurre. Generalmente, entre más dura la superficie, es mayor la energía superficial, por lo que las propiedades adhesivas del material restaurador serán mayores.

**d) Contaminación del sustrato:** La contaminación interfiere en la adhesión. El adhesivo debe ser capaz de llenar las irregularidades, consiguiendo de esta forma una superficie lisa, permitiendo un contacto íntimo apropiado.

**e) Agua:** A mayor contenido de agua, más pobre es la adhesión. El agua puede reaccionar con ambos materiales (adhesivo y resina compuesta), por medio de los grupos polares y enlaces hidrógenos, dificultando la adhesión(27).

### 2.2.3. Clasificación de los sistemas adhesivos

La clasificación más empleada en el medio científico – tecnológico se basa en la aparición cronológica del sistema adhesivo en el mercado odontológico. Se considera que existen seis o siete generaciones, sin embargo, esta clasificación no permite que los sistemas adhesivos sean categorizados con un criterio objetivo y científico(28, 29).



**Figura 2.** Adhesivos de grabado y lavado (*etch and rinse*) y adhesivo autocondicionantes (*self etch*). Tomado y modificado de Miyazaki y cols. *Important compositional characteristics in the clinical use of adhesive systems*

Otra clasificación utilizada es la que hace referencia al número de pasos clínicos y constitución física del sistema adhesivo: multifrascos o multicomponentes y monofrascos o monocomponentes(20).

Van Meerbeek y cols, en el 2000, propusieron un sistema de clasificación que se basa principalmente en la estrategia o mecanismo de adhesión utilizado, siendo posible mencionar:

**a) Adhesivos de grabado y lavado (*etch and rinse*):** Esta estrategia de adhesión implica al menos dos etapas y, en su forma más convencional, tres pasos, con la aplicación sucesiva del acondicionador, seguido por el agente de imprimación o promotor de la adhesión, y, finalmente, la aplicación de la resina adhesiva. La versión simplificada de dos pasos combina la segunda y tercera etapa, pero mantiene la etapa de grabado y lavado(30) (Ver figura 2). La técnica Etch and rinse es aun el enfoque más eficiente y estable para lograr union(30)

**a.1)** Sistema adhesivo de tres pasos: Considera en un primer paso la aplicación de grabado ácido, seguido del *primer*, separado del adhesivo.

**a.2)** Sistema adhesivo de dos pasos: Combinan adhesivo y *primer* en un solo frasco, manteniendo por separado el grabado ácido que elimina el barro dentinario, además de desmineralizar la capa superficial del esmalte y dentina.

**b) Adhesivos autoacondicionantes (*self etch*):** Incluye un imprimador autoacondicionante, en el cual se utiliza una combinación de ácidos orgánicos de carácter polimérico en un sólo procedimiento, siguiendo después con la aplicación de una combinación de compuestos hidrófobos e hidrófilos en algunos casos, o directamente con el material restaurador en otros. (Ver figura 2).

**b.1) Sistema adhesivo de dos pasos:** Contiene un *primer* ácido que se aplica previo al adhesivo que se encuentra en un frasco, por separado.

**b.2) Sistema adhesivo de un paso:** Contiene ácido, *primer* y adhesivo en un solo frasco.

### **c) Sistemas adhesivos universales**

Hay una tendencia en curso entre los fabricantes, para seguir simplificando la tecnología de unión mediante una botella única, para satisfacer la demanda clínica y poner en práctica procedimientos adhesivos que son más rápidos, menos sensibles a la técnica y más amigables con el usuario(31). Los adhesivos más recientes multiuso están diseñados para unirse a la estructura dentaria ya sea con la técnica etch and rinse o la self etch usando la misma botella única de solución adhesiva(31).

Los sistemas adhesivos de tres pasos antes mencionados, si bien presentan una eficacia comprobada, la sensibilidad de la técnica ha sido cuestionada. Por lo que se ha buscado desarrollar sistemas simplificados, que reduzcan dicha sensibilidad(32).

Es por esto que los fabricantes han lanzado al mercado una nueva familia de sistemas adhesivos dentales, también conocidos como “universales”, “multimodales” o “multipropósito”.

Adicionalmente, los fabricantes indican que los adhesivos universales pueden ser aplicados en restauraciones directas e indirectas, y son compatibles con cementos a base de resina, mediante técnica de autocurado, fotocurado y dual.

Estos innovadores sistemas adhesivos proporcionan al profesional, la posibilidad de decidir cuál estrategia adhesiva utilizar, es decir, tanto una técnica etch and rinse de dos pasos o self-etch, en una misma botella(31, 33). Esto se logró al reducir el pH de la mezcla de resina y mezclar apropiadamente monómeros menos ácidos, monómeros reticulantes y solventes en la mezcla de resina(34). Además, éstos deben tener ciertas características hidrofílicas que le permitan humedecer de manera apropiada la dentina (que tiene un componente significativo de agua), y al mismo tiempo características hidrófugas, que permanezcan una vez polimerizada a fin de disminuir la hidrólisis y la sorción de agua a través del tiempo(26).

La mayoría de los adhesivos contienen monómeros de carboxilato y / o fosfato específico que se unen químicamente al calcio en hidroxiapatita. Además, los adhesivos universales contienen tanto agua como, al menos, un solvente orgánico como etanol o acetona(35). El acondicionamiento adhesivo con ácido ortofosfórico utilizado de forma selectiva en el esmalte, antes de la aplicación de un adhesivo universal es una estrategia muy conveniente para la optimización de la unión(5, 31).

### **2.3. ADHESIÓN A TEJIDOS DENTARIOS**

Los procedimientos adhesivos en odontología involucran tres participantes en la unión: material restaurador, sustratos dentales y sistemas adhesivos. La unión es mediada, generalmente, por sistemas adhesivos, que actúan como agentes intermediarios entre los sustratos dentales y materiales restauradores(26).

Las restauraciones directas de resina compuesta son comunes en odontología, pudiendo otorgar reconstrucciones similares al diente. Sin embargo, su éxito depende de la adhesión mediante sistemas adhesivos, que además permiten realizar preparaciones cavitarias más conservadoras(32).

En el esmalte el mecanismo de adhesión es principalmente micromecánico, a través de la formación de microdigitaciones de resina dentro de la superficie de éste. Con los avances tecnológicos los materiales adhesivos para unir los materiales de restauración al esmalte han cambiado fundamentalmente áreas tan diversas como preparación de la cavidad, la prevención de caries, y las opciones de tratamientos estéticos(36).

Se ha comprobado que, gracias a la composición homogénea del esmalte, tipo de superficie y alta energía superficial (después de la aplicación del agente acondicionador), es posible obtener altos valores de fuerza de adhesión (30 MPa *in vitro*), siendo estos valores generalmente superiores a los obtenidos en dentina, debido a las características especiales de dicho sustrato. Por esta razón, siempre y cuando sea posible, se debe preservar el esmalte dental durante la preparación cavitaria(36).

En el caso de la dentina el fenómeno de adhesión se logra a través de la formación de la capa híbrida. En 1982 Nakabayashi propuso el concepto de la formación de la capa híbrida para aumentar la resistencia de la unión a la dentina(37, 38). Esta capa híbrida consiste en una red de colágeno infiltrada con resina y la dentina peri, inter e intratubular impregnada de resina. La concepción de la formación de la capa híbrida se ha convertido desde entonces, en general, en un hecho aceptable. El mecanismo de unión de muchos sistemas de adhesión se basa en la formación de una capa híbrida entre componentes de resina hidrofílica y superficies de dentina parcialmente desmineralizada. Esta convencionalmente involucra el grabado ácido del esmalte con ácido ortofosfórico al 30%-40%, además de la aplicación de un *primer* y finalmente el adhesivo(32).

Sin embargo, hoy en día continúa siendo un desafío conseguir este propósito en el sustrato dentinario, debido a sus características morfológicas e intrínsecas (alto contenido orgánico y de agua) que lo diferencian del esmalte dentario (mayor contenido mineral(39)), así, la dentina se mantiene como un tejido difícil de someter a los procedimientos adhesivos particularmente hidrófugos(37).

Consecuentemente, los monómeros resinosos de los sistemas adhesivos no consiguen penetrar eficazmente los espacios interfibrilares de la matriz colágena expuesta por el acondicionamiento ácido, formando una capa híbrida poco resistente y susceptible a la degradación en el tiempo(1, 30, 40). Clínicamente esta degradación puede ser observada por la decoloración marginal y pérdida parcial o total de la restauración(40).

Se describe en la literatura que el éxito de la restauración depende de la formación adecuada de la capa híbrida, para lograr una adecuada infiltración de la resina del adhesivo en la profundidad de la dentina desmineralizada, permitiendo la adecuada formación de *tags* de resina en los conductos dentinarios(22).

Otro aspecto importante que considerar en cualquier interacción adhesiva, como se mencionó anteriormente, es que se necesita contar con superficies perfectamente limpias, puesto que los contaminantes dificultan el contacto directo de las superficies y perjudican la capacidad de humectación del adhesivo sobre el sustrato(26).

A pesar de estar disponibles comercialmente, la literatura muestra controversia en cuanto a cuál de los protocolos de adhesión es más eficiente(40, 41), e incluso recientemente una revisión sistemática de alto impacto sobre estudios clínicos aleatorizados, mostró que hasta el momento no existe evidencia suficiente para determinar qué tipo de protocolo adhesivo presenta el mejor performance clínico(32).

En este sentido, la tendencia en las investigaciones más recientes ha sido al desarrollo de técnicas y productos que reduzcan el tiempo de aplicación de los sistemas adhesivos, con el objetivo de simplificar cada vez más la técnica(41). En consecuencia, los sistemas adhesivos de tipo *self etch* son cada vez más utilizados, así como los recién introducidos, y antes mencionados, sistemas adhesivos universales, que proponen la disponibilidad de ambas estrategias (*etch and rinse* y *self etch*) en un solo frasco, siendo la unión a dentina, estable incluso a través del tiempo(42, 43).

Existe actualmente una tendencia de simplificar los procedimientos de unión, los datos presentados confirman que el protocolo convencional de tres pasos de grabado "*gold standar*" otorga resultados más confiables a largo plazo. Sin embargo, el uso de sistemas *self etch*, con el tiempo y avance de tecnología puede tener los mejores resultados en el futuro(1, 30), ya que disminuyen la sensibilidad de la técnica, dolor postoperatorio y el fracaso de restauraciones por caries secundarias.

## **2.4. DIFERENCIAS DE RESULTADOS EN TEJIDOS DENTARIOS**

. Las restauraciones dentales tienen una vida útil limitada y reemplazar una restauración fallida conduce a un aumento en el tamaño de la cavidad y la destrucción del sustrato dentario(5).

Las razones más frecuentes en el fracaso de las restauraciones, bajo el uso de los sistemas adhesivos más antiguos, son la pérdida de la retención y la adaptación marginal deficiente(40).

### 2.4.1. Adhesión a esmalte

Buonocore en 1955, después de estudiar formas para obtener la unión entre los materiales de relleno y la estructura dental, que incluyen (1) el desarrollo de nuevos materiales de resina que tuvieran propiedades adhesivas; (2) modificación de los materiales de ese momento para hacerlos adhesivos; (3) el uso de recubrimientos como materiales de interfaz adhesiva entre el relleno y el diente; y (4) la alteración de la superficie del diente por tratamiento químico para producir una nueva superficie a la cual los materiales presentes pueden adherirse, informó en este último punto, que los ácidos podrían usarse para alterar la superficie de esmalte y así "hacer este tejido más receptivo a la adhesión". Basando su trabajo en el uso común de ácido ortofosfórico en el área industrial automotriz, para mejorar la adhesión de pinturas y revestimientos acrílicos a las superficies metálicas, Buonocore descubrió que la resina acrílica puede estar unida al esmalte humano que fue acondicionado con ácido ortofosfórico al 85% durante 30 segundos. Este hombre visionario fue capaz de predecir que esta técnica de "unión" podría ser utilizada en diversos procedimientos dentales, incluyendo las restauraciones clases III y V y sellante de fisuras(44).

Desde la década de 1960, diferentes tipos de ácidos con diversas concentraciones y/o tiempos de grabado han sido investigados in vitro para refinar la técnica de grabado ácido. Comparado con otros ácidos, como ácido cítrico, ácido fluorhídrico, y ácido clorhídrico, ácido fosfórico demostró ser el más eficaz para promover la adhesión del esmalte a materiales dentales in vitro(45).

Una reciente revisión sistemática concluyó, sin embargo, que los protocolos de acondicionamiento ácido varían según la recomendación del laboratorio, aceptándose en general concentraciones de entre 30 y 50%, no existiendo diferencias significativas entre tiempos de aplicación de 15, 30 o 60 segundos(45). Silverstone y col. y Galil y Wright, determinaron en la década del 70, que existen cinco patrones de grabado en esmalte, basados en el efecto del ácido sobre este (46, 47).

Tipo I: Disolución preferente del núcleo de los prismas de esmalte, lo que resulta en una apariencia de panal de abejas.

Tipo II: Disolución preferente de la periferia de los prismas de esmalte, de apariencia similar a los adoquines.

Tipo III: Una combinación de los patrones I y II

Tipo IV: Se observa una superficie de esmalte socavado no uniforme

Tipo V: No hay evidencia de prismas, se observa una superficie lisa que carece de micro-irregularidades.

Con el objetivo de conservar tejido adamantino y generar un patrón de grabado uniforme, se aceptan como los más favorables el tipo I y II(46, 48).

## 2.4.2. Dificultades para la adhesión a dentina

La unión de resinas a la dentina es mucho más difícil y menos predecible que la unión al esmalte. La dentina no sólo tiene una estructura histológica más compleja que el esmalte, sino que además varía con la ubicación. En promedio, el esmalte está constituido por un 92% de hidroxiapatita inorgánica en volumen, y la dentina es sólo el 45% de material inorgánico. Los cristales de hidroxiapatita dentinarios están dispuestos al azar en una matriz orgánica que se compone principalmente de colágeno, y no están dispuestos regularmente como lo son en el esmalte(49).

La dentina no debe considerarse como una entidad separada, sino como parte de un complejo con la pulpa. Contiene numerosos canales o túbulos llenos de líquido que se ejecutan desde la pulpa a la unión amelodentinaria (UAD). El área relativa de dentina ocupada por los túbulos disminuye hacia la UAD de aproximadamente 45.000 por  $\text{mm}^2$  en la cercanía de pulpa, mientras que 20.000 por  $\text{mm}^2$  en la UAD en la dentina coronal. Los investigadores han calculado que los túbulos ocupan un 22 -28% de la superficie de la sección transversal cerca de la pulpa y sólo el 1-4% cerca del esmalte(50, 51). Un proceso odontoblástico se extiende desde la pulpa en la parte interior de cada túbulo(52).

El fluido en los túbulos, similar al plasma, está bajo una ligera pero constante presión hacia el exterior de la pulpa. La presión intrapulpal se estima que es de 25-30 mm Hg (o de 34-40 cm  $\text{H}_2\text{O}$ )(53).

Las variaciones en la estructura de la dentina y la composición se producen no sólo con diferencias en profundidad, sino también de una región a otra del diente. Las características de permeabilidad (o conductancia hidráulica) de la dentina ilustran claramente estas variaciones regionales. Por ejemplo, la permeabilidad de la dentina oclusal es mayor en los cuernos pulpaes que en el centro de la superficie oclusal, la dentina proximal es más permeable que la dentina oclusal y la dentina coronal es más permeable que la dentina radicular(54, 55).

Cuando se unen los materiales restauradores a la dentina expuesta durante la preparación del diente, la complejidad inherente a la morfología de la dentina se complica aún más por la formación de un barro dentinario o *smear layer*(56). El *smear layer* consta de detritus como resultado de la instrumentación. Dependiendo en parte del tipo de instrumento de corte utilizado, la capa de barro dentinario es generalmente de 0,5 a 5,0  $\mu\text{m}$  de espesor, pero ocluye igualmente los orificios de los túbulos dentinarios.

Aunque el *smear layer* actúa como una "barrera de difusión" que disminuye la permeabilidad de la dentina, también puede ser considerado como una obstrucción que impide que la resina llegue a la dentina subyacente(57).

El *smear layer* constituye una verdadera barrera física. Existen dos estrategias para su tratamiento, el primero corresponde en la incorporación de este *smear layer* con los monómeros del adhesivo (capa integrada) y la otra estrategia, a la eliminación de esta capa por medio del acondicionamiento de la superficie (capa híbrida)(41).

Las alteraciones en el contenido mineral y la estructura de la dentina afectada por caries o dentina esclerótica representan otra fuente de dificultades en las resinas de unión a dentina.

La penetración de la resina en la dentina esclerótica es menor que en la dentina normal, y esto puede comprometer el resultado de los procedimientos de unión.

### **2.4.3. Adhesión en dentina esclerótica**

La dentina esclerótica es un sustrato de dentina alterada, creado por ciclos repetidos de desmineralización y remineralización. La superficie de dicha dentina alterada es hipermineralizada y los túbulos dentinarios están llenos de cilindros de minerales que hacen que este sustrato sea más resistentes a la desmineralización por monómeros de resina o ácidos aplicados antes de la unión de resina(22).

Otra definición de dentina esclerótica: "es un tejido en el que existe obliteración parcial o total de los túbulos dentinarios, producido por la continua deposición de dentina peritubular. Los aspectos micro-morfológicos de la dentina esclerótica revelan una marcada obliteración tubular, representada por la reducción del diámetro de los túbulos dentinarios(58).

Independiente de la estrategia adhesiva escogida, cuando el sustrato se encuentra alterado morfológica y estructuralmente, como sucede en la dentina esclerótica, representa un mayor desafío para la adhesión(21, 59). Esta variabilidad del tejido se encuentra con frecuencia en la práctica clínica, y se caracteriza por presentar una capa superficial hipermineralizada y la obliteración total o parcial de los túbulos a consecuencia de la deposición mineral, generando obstáculos para la hibridización por parte del sistema adhesivo(21, 60, 61).

Las causas de esta deposición mineral son multifactoriales, por ejemplo, las tensiones oclusales, los estímulos crónicos de baja intensidad y de alta frecuencia (erosión, atrición), y la colonización bacteriana subsecuente a la caries dentaria (61). Por lo que es común encontrarla en áreas donde la dentina queda expuesta a estos estímulos(21, 59, 61, 62).

Estudios *in vitro* han demostrado que la dentina esclerótica es responsable de la disminución de la resistencia de unión cuando es comparada con la dentina sana, debido a su ya reportada resistencia al acondicionamiento ácido(14, 59, 63, 64).

En otros estudios *in vitro*, se comparan los resultados de la adhesión en lesiones cervicales naturales y artificiales (generadas por fresado), las primeras contenían dentina esclerótica, mientras que las lesiones artificiales estaban compuestas por dentina normal. Los valores obtenidos dan cuenta de que la fuerza adhesiva que se genera en la interfase diente – restauración en superficies con dentina esclerótica otorga valores absolutos inferiores de resistencia mecánica(65, 66).

En algunos protocolos de preparación de superficie previo al acondicionamiento de ésta, se propone el fresado con piedras de diamante de la superficie, que genera un aumento del área disponible y más rugosa para la adhesión, pero la evidencia científica indica que tal procedimiento no es recomendable porque no aumenta la resistencia mecánica de la restauración. Las tendencias actuales son más conservadoras y proponen incorporar dicho tejido en ventaja de la longevidad del diente a restaurar(67, 68).

También ha sido posible observar que los depósitos mineralizados dentro de los túbulos dentinarios dificultan la formación de *tags* de resina, promoviendo, además, un menor espesor de la capa híbrida(11, 60, 62).

La microestructura de la interfase dentina esclerótica-resina en comparación con la producida en la dentina normal, son muy diferentes. En la interfase dentina esclerótica – resina se forma una zona de interdifusión resina-dentina o capa híbrida con un grosor limitado a la dentina intertubular hipermineralizada. Además, de *tags* de resina muchos más cortos en los túbulos dentinarios, ya que su diámetro disminuye por la esclerosis del túbulo debido al aumento de la aposición de dentina peritubular y la deposición de minerales intratubular irregulares(60).

En un estudio in vitro determinaron, por lo menos, cuatro factores que pueden influir en la disminución global de la resistencia de la unión en las lesiones cervicales con presencia de dentina esclerótica(62):

- a) La presencia de una matriz intermicrobial de bacterias que quedan atrapadas y que puede haber debilitar la unión(21).
- b) La incapacidad de difusión del adhesivo en los túbulos, por la presencia de esta capa hipermineralizada espesa.
- c) La presencia del colágeno desnaturalizado en la base de la capa superficial hipermineralizadas.
- d) Resistencia a la degradación de la dentina tubular y que evita que la resina difunda en ellos para la formación de los *tags*.

En vista del envejecimiento de la población, que conserva una mayor cantidad de dientes naturales, pero en una forma desgastada, que exige al odontólogo la restauración estética con el fin de restablecer la anatomía del diente, la dimensión vertical oclusal y la función masticatoria(58), se requieren estudios que utilicen la dentina esclerótica como sustrato.

En consecuencia, es razonable predecir que los adhesivos en dentina, con una estrategia o protocolo de adhesión, que implica principalmente la unión micromecánica por las formaciones de una zona de interdifusión resina-dentina combinado con el desarrollo de *tags* de resina en los túbulos dentinarios, será menos eficaz cuando se aplica a la dentina esclerótica que a la dentina afectada normal. Por lo tanto, esto fundamenta que la dentina debe tener un tratamiento previo de la superficie a la aplicación del sistema adhesivo, para generar una mayor recepción y difusión de este último. Las investigaciones futuras deberían estar encaminada a desarrollar sistemas adhesivos que unan igualmente a varios tipos de dentina(60).

Fueron sugeridos métodos para mejorar la adhesión a este sustrato como la remoción de la capa hipermineralizada con puntas diamantadas o por medio de acondicionamientos con ácido ortofosfórico en la estrategia *self etch*, obteniendo resultados controversiales sin ninguna respuesta efectiva, mostrando principalmente que la aplicación de ácido ortofosfórico, no es capaz de acondicionar efectivamente este sustrato hipermineralizado, así como el uso de piedras diamantadas crea un *smear layer* espeso que agrega mayor dificultad a la hibridación cuando se utilizan sistemas de tipo *self etch*(21, 59, 60, 69, 70).

En la literatura se expone que el tratamiento previo más indicado para aumentar la resistencia de la unión al esmalte y la dentina de forma simultánea es EDTA, sin importar qué tipo de sistema adhesivo *self etch* se vaya a emplear(71)

## 2.5 ÁCIDO ETILENDIAMINOTETRÁCETICO (EDTA)

EDTA es un ácido poliaminocarboxílico y un sólido incoloro soluble en agua. Su utilidad surge debido a su papel como ligando hexadentado y agente quelante, es decir, su capacidad para secuestrar iones metálicos como calcio, cobre, manganeso, cobalto fierro y Zinc. Después de unirse a EDTA, los iones metálicos permanecen en solución, pero muestran una reactividad disminuida. EDTA se produce en forma de varias sales, especialmente EDTA disódico y EDTA disódico cálcico. El compuesto fue descrito por primera vez en 1935 por Ferdinand Munz, quien preparó el compuesto a partir de etilendiamina y ácido cloroacético. Hoy en día, EDTA se sintetiza principalmente a partir de etilendiamina, formaldehído y cianuro de sodio(72).

EDTA reacciona con los iones de calcio en la dentina y forma quelatos de calcio solubles. Se ha informado que el EDTA descalcificó la dentina a una profundidad de 20-30  $\mu\text{m}$  en 5 min(73).

El EDTA es una molécula que contiene cuatro grupos de ácido carboxílico que actúan como un leve quelante del calcio, esto ocasiona la disolución selectiva de la hidroxiapatita, evitando así grandes alteraciones estructurales del sustrato(74), brindando soporte a las fibras colágenas haciéndolas menos susceptibles a la deshidratación(75)

El colágeno que prima en este tejido principalmente es colágeno tipo I(8, 41). La red de colágeno es de vital importancia, la existencia de fibrillas de colágeno no protegidos dentro de la capa híbrida compromete la longevidad de las restauraciones. Esta estructura se conserva mejor después de la aplicación de EDTA(76).

El EDTA tiene la capacidad de inhibir las metaloproteinasas (MMPs). Las MMPs degradan la estructura de las fibrillas de colágeno de la dentina expuesta(22), esto afecta la interfase diente–restauración debilitando de forma progresiva esta unión(77-79), disminuyendo las propiedades mecánicas de la restauración y con esto la longevidad de esta misma.

La interfase resina-dentina, que se genera con el acondicionamiento con EDTA proporciona capas híbridas más gruesas y estables que las de las no acondicionadas, constituyendo una ventaja puesto que esta misma capa, sin esta solución, es mínima(80).

En vista de esta situación, se ha sugerido el uso del acondicionamiento con EDTA(71, 80, 81), como agente quelante para eliminar el *smear layer* y desmineralizar de forma selectiva la dentina, mejorando los valores de resistencia de unión de los adhesivos *self etch* de forma inmediata, así como a largo plazo en pruebas de longevidad, reduciendo la degradación de la interfase(71, 81, 82) al compararlo con el ácido ortofosfórico, entre otros tipos de agentes acondicionadores(71, 80, 83).

En un estudio que pretendía determinar la concentración ideal para el acondicionamiento con EDTA por 2 minutos en las concentraciones: 1,5%, 5%, 15% y 24%, se determinó que la concentración de EDTA debía ser entre 15 a 24% donde se obtenían resultados aceptables sin alterar la resistencia y colágeno remanente. Las dos primeras concentraciones (1,5% y 5%) no presentaban resultados significativos, ya que no producían el suficiente acondicionamiento de la superficie(84).

En otro estudio, se acondicionó con EDTA al 17% y a pesar de los excelentes resultados que muestra esta técnica, el tiempo clínico de aplicación que según algunos autores garantiza un acondicionamiento eficaz, es muy elevado (2 minutos)(22, 82, 84, 85), lo que va en contra de la tendencia de simplificación y rapidez procedimental que se busca en la actualidad.

En otro estudio, se empleó la concentración de EDTA 24% pero esta vez variando el tiempo de aplicación (30, 60, 120, o 240 segundos), sin instrumentar la superficie, donde se concluyó que la duración de la aplicación del EDTA en gel como acondicionamiento de superficies de dentina no es necesario que supere la de ácido ortofosfórico (30 segundos) en la práctica clínica para obtener un nivel aceptable de resistencia de la unión(86).

En un estudio de Zaccaro 2004 donde comparaban el EDTA junto a otros irrigantes, después un período de tiempo hubo una saturación de las soluciones dentro de los túbulos que conducen a una precipitación de componentes orgánicos, que podrían obliterar las aberturas del túbulo dentinal(87).

Por lo tanto, se hace necesario realizar estudios que intenten mejorar esta técnica adhesiva, reduciendo los tiempos clínicos, para hacerla viable a su aplicación por los profesionales

### **2.5.1 Gel de Ácido Etilendiaminotetrácetico (EDTA)**

La aplicación del EDTA en solución no permite la aplicación controlada de este ácido en el campo operatorio, debido a su fluidez y apariencia incolora, resulta difícil restringir el área de aplicación a nivel clínico, sin que este pueda infiltrarse y afectar otros tejidos. Además, la aplicación activa provoca una mayor sensibilidad de la técnica para el operador en cuanto a la reproductibilidad. Dicha sensibilidad podría disminuirse o evitarse al utilizar el EDTA en estado Gel de color contrastante, que tendrá la tixotropía adecuada para mantenerse en el lugar de acondicionamiento y con la concentración adecuada que evite la necesidad de activación manual(88).

La principal ventaja del EDTA gel es la tixotropía, que se define como la propiedad de productos viscosos o geles de volverse más líquidos mientras más tiempo y más vigorosa es su deformación. Generalmente es aceptado que la tixotropía es el fenómeno de los fluidos que muestran una transición estructural reversible (Ej: Conversión gel-sol-gel) debido a cambios, tiempo-dependientes, en la viscosidad inducidos por temperatura, pH u otros componentes sin ningún cambio en el volumen del sistema(89).

En otras palabras, la tixotropía permite que el ácido en estado gel, bajo la influencia de la presión ejercida sobre el émbolo de la jeringa se torne menos viscoso y sea capaz de pasar con facilidad a través de una aguja permitiendo recuperar su viscosidad inicial una vez depositado en la superficie dentaria(90).

En consecuencia, el EDTA gel proporciona un mejor control de aplicación sobre la solución ácida al ser aplicada en varios dientes o substratos, superficies y lugares difíciles de alcanzar(18), garantizando así la incorporación de un protocolo confiable y confortable.

## 2.6 LONGEVIDAD EN ADHESIÓN

La evidencia sugiere que las restauraciones tienen una vida útil limitada y que, una vez que se restaura un diente, es probable que sea reemplazado muchas veces en la vida del paciente, lo que algunos han denominado el ciclo restaurador del diente(91).

Todos los materiales de unión dentinaria sufren mecanismos de degradación de los cuales no se entienden completamente. La durabilidad de la unión dentinaria puede verse afectada por muchos factores tales como: tiempo, temperatura, interacciones químicas y mecánicas. Varios estudios comparativos han sido publicados para evaluar los cambios en la fuerza de la unión dentinaria. Los estudios compararon los valores de fuerza de unión entre diferentes tipos de sistemas de unión de dentina en diferentes momentos y bajo varios factores cambiantes(7).

Para la técnica de acondicionamiento Etch and rinse, la mayor degradación se cree que se basa tanto en la hidrólisis como en la descomposición enzimática de las fibrillas de colágeno y la resina polimerizada en la capa híbrida(7).

Esto se explica debido al gradiente de concentración de los monómeros de resina en su curso de infiltración dentro de la matriz de colágeno desmineralizada, en donde se crean zonas de reserva de resina dentro de la capa híbrida que se llenan posteriormente con agua o fluido dentinal. Estas condiciones pueden causar sensibilidad postoperatoria, acelerar la elución de la resina, o proporcionar un nicho rico en agua para la activación y el funcionamiento de enzimas endógenas colagenolíticas presentes en la matriz de colágeno (MMP o CC's). Basado en estudios de remineralización biomiméticos, estas regiones, ricas en agua, corresponden a los sitios de degradación posterior del colágeno, que socavan la longevidad de los enlaces resina-dentina(31).

Para sistemas self etch, la degradación se atribuyó a su contenido ácido que aumenta la hidrofiliidad de la capa adhesiva y conduce a captación de agua y plastificación de la resina(7).

La técnica de envejecimiento artificial (in vitro) más comúnmente utilizada a largo plazo es el almacenamiento en agua. Las muestras unidas se almacenan en líquido a 37 ° C por un período específico. Este período puede variar desde unos pocos meses (Shono et al., 1999) hasta 4-5 años (Fukushima et al., 2001; Munck et al., 2003b), o incluso más. La disminución de la efectividad de la unión en este tipo de estudio se supone que es causada por la degradación de los componentes de la interfaz por hidrólisis (principalmente resina y / colágeno).

Pero, como se mencionó anteriormente, el agua también puede infiltrarse y disminuir las propiedades mecánicas de la matriz del polímero (resina) proceso llamado plastificación(1)

La eficiencia de la unión inmediata de los adhesivos contemporáneos es bastante favorable, independientemente del método utilizado. A largo plazo, la efectividad de la unión de algunos adhesivos cae dramáticamente, mientras que la resistencia de unión de otros adhesivos es más estable(1), es por ello que es de vital importancia generar protocolos basados en la evidencia científica que aporten información o pautas relevantes para cada caso clínico .

En estudios recientes se ha visto que las superficies de dentina acondicionadas con EDTA tiene una resistencia significativamente mayor en las propiedades de resistencia mecánica en respuesta a fuerzas de tracción(80).

A largo plazo la superficie desmineralizada de dentina humana por EDTA no causa una reducción significativa de sus propiedades mecánicas. La estructura de las fibrillas de colágeno observadas por medio de microscopio electrónico de transmisión (MET) permite ver una apariencia normal de estas fibrillas, que clínicamente se traducen a una resistencia normal a pruebas mecánicas(77).

### **3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

¿Cómo influye el acondicionamiento de la dentina esclerótica bovina con gel a base de EDTA (35 y 37 %) en la resistencia de unión adhesiva inmediata y a los 12 meses asociados a la estrategia adhesiva, cuando comparado a las estrategias self-etch y, etch-and-rinse?

### **4. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo General:**

Evaluar la resistencia de unión adhesiva inmediata y a los 12 meses en dentina esclerótica acondicionada con geles formulados a base de EDTA al 35 y 37% de concentración, bajo diferentes protocolos de aplicación, en comparación con las estrategias etch-and-rinse (ER) y self-etch (SE) de un sistema adhesivo Universal.

#### **3.2 Objetivos Específicos:**

- ✓ Evaluar a través del test de microtracción (Megapascuales) la resistencia de unión adhesiva inmediata (24 hrs) y mediata (12 meses) del acondicionamiento con gel formulado a base de EDTA al 37%, en comparación a las estrategias ER (gel de ácido ortofosfórico al 37%) y SE (monómeros ácidos), sobre dentina esclerótica bovina durante 20 y 30s, asociado a un sistema adhesivo universal.
- ✓ Evaluar a través del test de microtracción (Megapascuales) la resistencia de unión adhesiva inmediata (24 hrs) y mediata (12 meses) del acondicionamiento con gel cromático formulado a base de EDTA al 35%, en comparación a las estrategias ER (gel de ácido ortofosfórico al 37%) y SE (monómeros ácidos), sobre dentina esclerótica bovina durante 20 y 30s, asociado a un sistema adhesivo universal.
- ✓ Comparar la resistencia de unión adhesiva inmediata y mediata (Megapascuales) del acondicionamiento sobre dentina esclerótica bovina obtenida con el gel formulado a base de EDTA al 35% en comparación al formulado al 37% de concentración, según los diferentes tiempos de aplicación (20 y 30s).

## 5. HIPÓTESIS DE TRABAJO

- H<sub>1</sub>: El acondicionamiento previo de la dentina esclerótica bovina con un gel formulado a base de diferentes concentraciones de EDTA (35 y 37 %) influirá en la resistencia de unión adhesiva inmediata y mediata (MPa), en comparación con las estrategias self-etch y etch-and-rinse cuando son asociados a un sistema adhesivo universal.

## 6. MATERIALES Y MÉTODOS

### 6.1 Tipo de Estudio

Estudio experimental *in vitro*.

### 6.2 Población y unidad de estudio

- **Universo:** Dientes de bovinos de un matadero establecido, obtenidos después de ser sacrificados para el consumo humano.
- **Muestra:** Dientes incisivos de bovinos de animales de más 3 años, obtenidos después de ser sacrificados para el consumo humano.
- **Unidad de estudio:** Diente incisivo de bovino.

### 6.3 Cálculo y selección de la muestra

Para el cálculo de la muestra, se obtuvo de la literatura el valor referencial para el grupo control (32,52 MPa para *self etch*)(92), con el cual se calculó la magnitud del efecto (20 MPa) para test de superioridad de medida continua, con un poder estadístico (1-  $\beta$ ) de 80% y un nivel de significancia ( $\alpha$ ) de 5, los cuales indican utilizar un total de 5 unidades experimentales mínimo por grupo (n=5). Según la fórmula a continuación.

$$n = f\left(\frac{\alpha}{2}, \beta\right) \times 2 \times \frac{\sigma^2}{(\mu_1 - \mu_2)^2}$$

Donde,  $\mu_1$  y  $\mu_2$  son los resultados de las medias en el grupo control y el experimental, respectivamente, y:

$$f(\alpha, \beta) = [\phi^{-1}(\alpha) + \phi^{-1}(\beta)]^2$$

$\phi^{-1}$  es la función de la distribución acumulada de una desviación normal estandarizada, ajustada por el entrecruzamiento basado en la fórmula:

$$n_{adj} = n \times \frac{10.000}{(100 - c_1 - c_2)^2}$$

Donde  $c_1$  y  $c_2$  son el porcentaje de entrecruzamiento en el grupo control y el grupo experimental, respectivamente.

Este trabajo fue sometido al Comité de Bioseguridad de la Universidad de Valparaíso para su revisión y aprobación (ANEXO 1). De matadero establecido, “Faenagro Ltda.” (ANEXO 2), ubicado en Graneros, Región de O’higgins, se obtuvieron 35 incisivos bovinos de animales con más de 3 años que ya habían sido sacrificados para el consumo humano. Estos dientes presentaron dentina expuesta naturalmente en los bordes incisales y, por lo tanto, no se realizó ninguna modificación.

Los 35 dientes bovinos se distribuyeron aleatoriamente en 7 grupos, con 5 unidades experimentales mínimo por grupo.

Grupos	Tipo de Grupo	Descripción	n
[SE]	Control Negativo	Técnica Self Etch durante 20 seg.	5
[ER]	Control Positivo	Técnica Etch and rinse con acondicionamiento con ácido ortofosfórico 37% durante 20 seg.	5
[S-EDTA-35]	Experimental	Acondicionamiento con solución EDTA 35% durante 30 seg.	5
[G-EDTA-35]	Experimental	Acondicionamiento con Gel EDTA 35% durante 20 seg.	5
[G-EDTA-35]	Experimental	Acondicionamiento con Gel EDTA 35% durante 30 seg.	5
[G-EDTA-37]	Experimental	Acondicionamiento con Gel EDTA 37% durante 20 seg.	5
[G-EDTA-37]	Experimental	Acondicionamiento con Gel EDTA 37% durante 30 seg.	5
TOTAL			35

**Tabla I.** Resumen de grupos controles y experimentales para estudio en dentina esclerótica.

La utilización de dientes de bovino se fundamentó, en su gran similitud en las características microestructurales con los tejidos dentarios de los dientes de humano(93, 94).

En estudios *in vitro*, en los cuales se comparaba dientes humanos y de bovinos, sometidos a pruebas de desgaste dentina, por medio de erosión y abrasión, dio por resultado que no existía diferencias significativas entre ambos resultados, sustentando el uso de los dientes de bovinos como sustitutos de los dientes humanos(95).

Se fundamenta el uso de incisivos de bovinos por los siguientes motivos:

En primer lugar, es más fácil obtener un número suficiente de dientes bovinos sanos que los dientes humanos. En segundo lugar, el área de superficie más grande de los incisivos de la especie bovina permite la preparación de más de un espécimen de prueba del mismo diente. Por lo tanto, las muestras de control se pueden obtener de la misma superficie(95)

#### 6.4 Criterios de inclusión

- Incisivos de bovinos de animales con más de 3 años(96), que hayan sido sacrificados para el consumo humano, obtenidos de matadero establecido.
- Dientes incisivos que presentaron dentina expuesta naturalmente en los bordes incisales (aspecto vítreo) y, por lo tanto, no se realizó ninguna modificación en su superficie (Ver figura 3).
- Dientes que presentaron esmalte indemne



**Figura 3.** Dientes bovinos de más de 3 años

## 6.5 Criterios de exclusión

- Dientes con insuficiente superficie de dentina esclerótica.
- Diente con dimensiones no compatibles con las pruebas a realizar.
- Dientes con otras alteraciones (ej. fracturas verticales u horizontales).
- Dientes temporales.

## 6.6 Diseño de instrumento de recolección de datos

Los datos obtenidos de las pruebas de microtracción, se registraron en una planilla diseñada para este objetivo (ANEXO 3).

## 6.7 Calibración y estandarización

Para la realización del estudio, se le asignó a cada investigador (4) una tarea específica:

<b>Investigador 1</b>	Aplicación de los protocolos de acondicionamiento y restauración.
<b>Investigador 2</b>	Corte de los cuerpos de prueba.
<b>Investigador 3 - 4</b>	Microtracción de los cuerpos de prueba.

*Tabla II. Distribución de los roles según investigador a cargo.*

Los investigadores fueron preparados, por el docente guía, con el objetivo de conocer y manipular correctamente el equipo y los materiales necesarios para llevar a cabo su tarea.

Los protocolos de acondicionamiento y restauración para los grupos controles y experimentales están estandarizados y se describen en el ANEXO 4.

## 6.8 Metodología de trabajo

### 6.8.1 Variables

Variables	Tipo de variable	Unidad de medida	Definición conceptual	Definición operacional
<b>Resistencia de unión adhesiva</b>	Cuantitativa. Continua.	MPa	Capacidad de una restauración de oponerse al desalojo ante fuerzas externas (extrusivas).	Resistencia microtraccional a una velocidad de 0.5mm/min, para evaluar la resistencia de unión adhesiva con resultados registrados en megapascuales (MPa). Medidas registradas a las 24 horas y 12 meses.
<b>Tiempo</b>	Cuantitativa. Ordinal.	Segundos	Dimensión física que representa la sucesión de estados por los que pasa la materia.	Medida con cronómetro en segundo.
<b>Concentraciones EDTA</b>	Cuantitativa. Nominal.	Molaridad (Porcentaje )	Proporción entre la cantidad de soluto (EDTA) y disolvente presente en una disolución.	Concentraciones determinadas 35% y 37%, estandarizadas mediante la titulación de las soluciones.

*Tabla III. Variables del estudio.*

### 6.8.2 Almacenamiento y preparación de especímenes

Los dientes fueron desinfectados (cloramina 0,5%) y almacenados en agua destilada hasta su utilización(97). Las raíces fueron seccionadas con un disco de diamante a baja velocidad con refrigeración constante de agua en una máquina de corte (Isomet 1000, Buehler, Lake Bluff, IL, EE.UU.)(98). La cámara pulpar expuesta, fue limpiada y sellada. El borde incisal con dentina esclerótica fue limpiado frotando un detergente aniónico por 30 segundos y enjuagado con abundante agua por 30 segundos adicionales.

Los dientes seleccionados se montan en un dispositivo, el que es necesario para realizar el corte posteriormente.

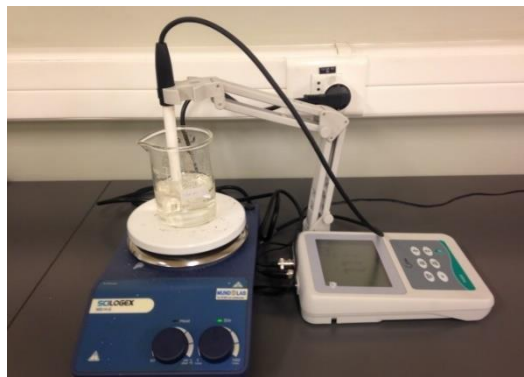
### **6.8.3 Preparación y estandarización de soluciones y geles de EDTA 35% y 37%**

Para los procesos de preparación y estandarización de las soluciones de EDTA al 35% p/v y 37% p/v se realizaron los procedimientos detallados a continuación. Cabe destacar, que ambos procedimientos fueron realizados en laboratorios de la Escuela de Ingeniería Bioquímica de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

Para llevar a cabo la preparación de las soluciones de EDTA al 35% p/v y 37% p/v es importante saber que un parámetro trascendental a considerar y controlar durante su realización es el pH. Esto se debe a que el EDTA a un pH bajo (menor a 6) precipita formando una mezcla de color blanco y espesa, por lo que es necesario mantener la solución a un pH ligeramente básico (mayor a 7,6) para así aumentar la solubilidad del EDTA en el agua y evitar el problema recientemente mencionado. Para el monitoreo del pH se utilizó un sensor de pH (pH-metro), el cual estuvo en contacto constante con la solución mientras fue preparada. Teniendo en cuenta lo anterior, se realizó el siguiente procedimiento para la preparación de ambas soluciones de EDTA:

1. En un vaso precipitado se colocaron 100 [ml] de agua destilada y se pusieron a calentar en una placa calefactora a una temperatura no mayor a 25 [°C]. Además, se agregó un agitador magnético para obtener posteriormente una mezcla homogénea.
2. Se calibró previamente el pH-metro y luego se puso en contacto con la solución a preparar. Una vez calentada el agua se agregó una cantidad determinada de NaOH, de forma que la solución tuviese un pH básico (superior a 8) permitiendo la posterior solubilización del EDTA.
3. Se agregó una cantidad determinada de EDTA, asegurando que el pH de la solución descendiera de 7,6.
4. Dado que el pH disminuye con la adición del EDTA, se volvió a agregar una cantidad determinada de NaOH para aumentar este parámetro a un valor mayor a 8, repitiéndose el mismo procedimiento descrito desde el punto 3 al 5.

Una vez lograda la solubilización del EDTA fue necesario para cada una de las diferentes concentraciones, verter la solución en un matraz de aforo de 100 [ml] completar el volumen con agua destilada. Luego la solución fue guardada y almacenada en un frasco de vidrio para su posterior uso.



**Figura 4.** Montaje de equipos y materiales de laboratorio para la preparación de las soluciones de EDTA. *Palma J, 2016.*

- **Estandarización de las soluciones de EDTA**

Para estandarizar las soluciones de EDTA al 35% p/v y 37% p/v de acuerdo con el procedimiento descrito en el punto anterior, se llevó cabo el método de valoración o titulación complexométrica.

1. Se puso en una bureta graduada la solución de EDTA a titular y se registra el volumen contenido (Ver figura 6).
2. Mediante una pipeta graduada se tomó un volumen determinado ( $V_1$ ) de una solución de concentración conocida ( $C_1$ ) del patrón primario Carbonato de Calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) y se vertió en un matraz Erlenmeyer (Ver figura 7).
3. Se agregó 10 [m] de una solución buffer de pH 10 ( $\text{NH}_3\text{-NH}_4\text{Cl}$ ) a la solución de  $\text{CaCO}_3$ .
4. Se agregó una punta de espátula del indicador metalocrómico Negro de eriocromo T en el matraz, adquiriendo la solución de  $\text{CaCO}_3$  un color rojo vinoso. (Ver figura 8 y 9).



**Figura 5.** Instrumentos utilizados para el procedimiento. *Palma J, 2016.*

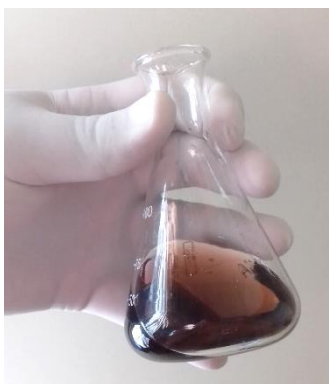


**Figura 6.** Patrón primario de  $\text{CaCO}_3$ . *Palma J, 2016.*

5. Una vez preparada la solución en el matraz, se inició la titulación abriendo y regulando el goteo de la bureta, dejando pasar la solución de EDTA al matraz.
6. Cuando el líquido contenido en el matraz cambió de un color rojo vinoso a uno violeta se dió por finalizada la titulación, cerrando el paso de la solución de EDTA en la bureta. (Ver figura 10, 11 y 12).
7. Se registró el volumen gastado de la solución de EDTA ( $V_2$ ), teniendo en cuenta el volumen agregado inicialmente a la bureta. Este procedimiento se debió realizar por triplicado.



**Figura 7.** Solución color rojo vinoso obtenida. *Palma J, 2016*



**Figura 8.** Solución color rojo vinoso obtenida. *Palma J, 2016*



**Figura 9.** Solución color violeta obtenida. *Palma J, 2016*



**Figura 10.** Solución color violeta obtenida. *Palma J, 2016*

Una vez

finalizada la titulación y con los datos de volumen y concentración de la solución de  $\text{CaCO}_3$  y el volumen consumido de la solución de EDTA a valorar, fue posible determinar la concentración de esta última solución ( $C_2$ ) mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Fórmula 1 : } C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2$$

Donde,

**C1:** Concentración de solución valorante ( $\text{CaCO}_3$ ), [M]

**V1:** Volumen de solución valorante ( $\text{CaCO}_3$ ), [ml]

**C2:** Concentración desconocida de solución de EDTA, [M]

**V2:** Volumen consumido de solución de EDTA, [ml]

#### 6.8.4 Preparación del gel

Una vez obtenida las diferentes soluciones de EDTA, al 35 y 37%, se procedió a preparar los geles. Para esto se llevó la solución a temperaturas entre los 40-50°C, en un matraz de aforo, bajo constante movimiento. Posteriormente se procedió a añadir 2% de Agar-Agar en polvo, y mezclar bajo agitación magnética con pistilo inerte y en temperatura constante, hasta obtener una mezcla uniforme, Una vez completada la mezcla, esta se dejó enfriar en temperatura ambiente, luego fueron cargadas jeringas hipodérmicas de 5ml de volumen con el gel fabricado, y se procedió a refrigerarlas a 4°C, bajo protección de luz solar, hasta su utilización.

#### 6.8.5 Prueba de resistencia de unión a la microtracción en dentina esclerótica ( $\mu$ TBS)

Para esta evaluación, 35 dientes fueron distribuidos aleatoriamente en 7 grupos (n=5), los cuales se dividirán en 2 grupos controles: Control positivo, *etch and rinse* con acondicionamiento ácido ortofosfórico 37% por 20 s [ER] y control negativo, sólo adhesivo *self etch* [SE]; 5 grupos experimentales: Solución EDTA 35% aplicado por 30s [S-EDTA35-30s], Gel EDTA 35% aplicado por 20s [G-EDTA35-20s], Gel EDTA 35% aplicado por 30s [G-EDTA35-30s], Gel EDTA 37% aplicado por 20s [G-EDTA37-20s], Gel EDTA 37% aplicado por 30s [G-EDTA37-30s]. Todos aplicados en la superficie incisal del diente con dentina esclerótica expuesta (Ver figura 11)

Luego, el adhesivo fue aplicado en estricta conformidad con las instrucciones del fabricante; todos los procedimientos adhesivos y restauradores fueron realizados por un único operador en ambiente controlado (24°C) (ANEXO 5).

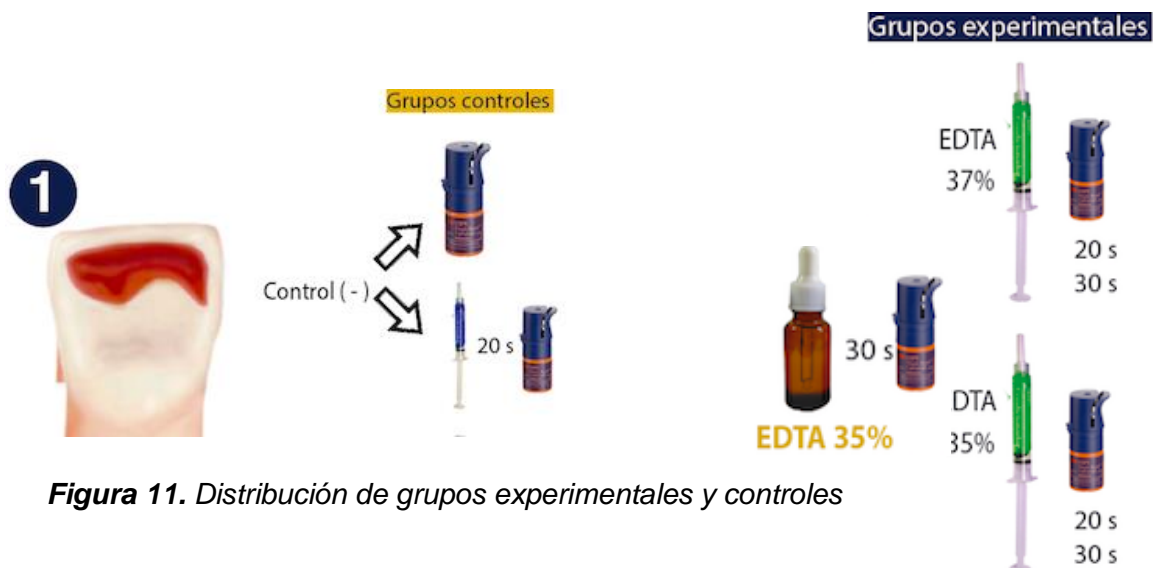


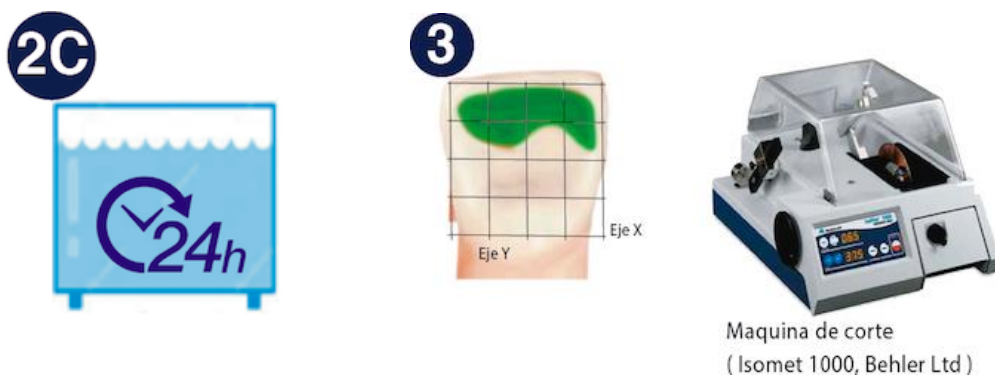
Figura 11. Distribución de grupos experimentales y controles

El sistema adhesivo fue fotoactivado usando un dispositivo LED de 1200 mW/cm<sup>2</sup> de intensidad. Posterior a los procedimientos adhesivos todos los dientes fueron restaurados con una resina compuesta de restauración (Opallis, FGM, Brasil.)(ANEXO 6) en dos incrementos de 2mm, siendo cada incremento fotoactivado por 40 segundos con el mismo dispositivo LED (Ver figura 12)



**Figura 12.** Protocolo de restauración

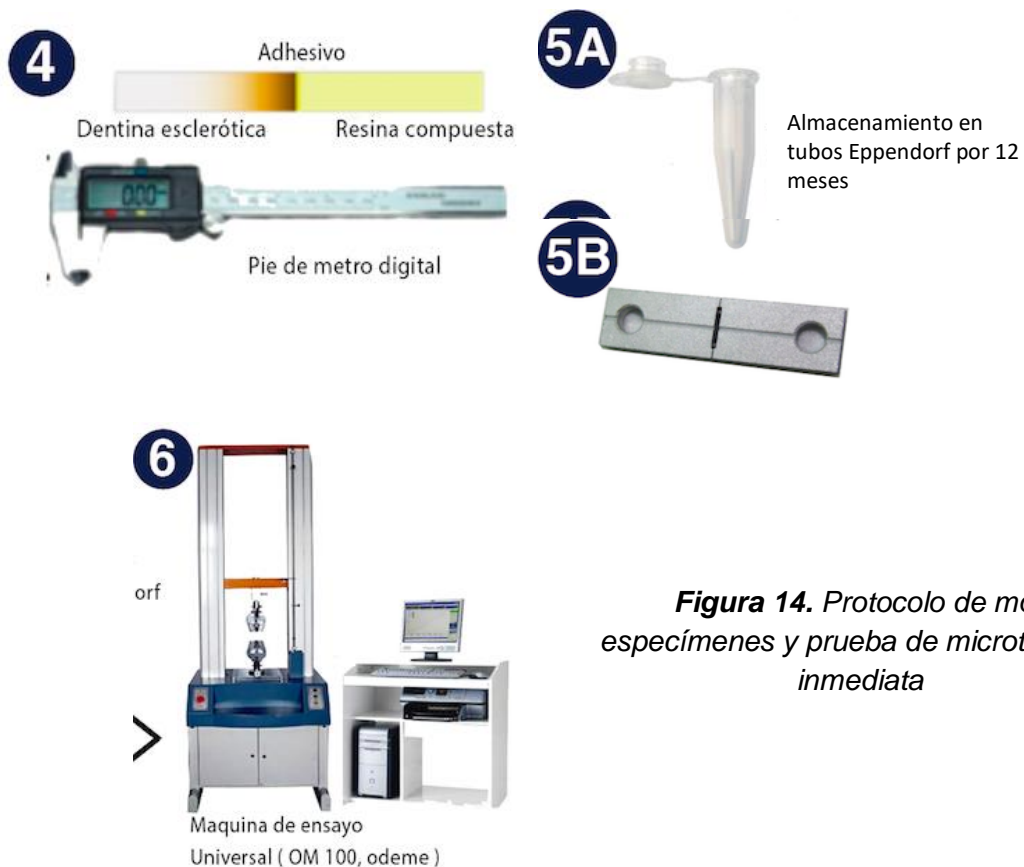
Los dientes restaurados fueron almacenados en agua destilada a 37°C por 24 horas. y luego llevados a una máquina de corte (Isomet 1000, Buehler Ltd., Lake Bluff, Illinois, EUA). Con ayuda de un disco diamantado (15 HC-4in, Buehler Ltd., Lake Bluff, Illinois, EUA) bajo irrigación a 200 rpm, fueron seccionados en dos secuencias de cortes perpendiculares una en el eje X y otra en el eje Y obteniendo especímenes con un área de sección transversal de  $0,8 \pm 0,1 \text{ mm}^2$  (Ver figura 13)



**Figura 13.** Almacenamiento por 24hrs y protocolo de corte

Seguidamente los especímenes obtenidos, de cada diente por grupo, fueron divididos aleatoriamente para pruebas de microtracción inmediata y mediata. Los especímenes del grupo mediato fueron almacenados en tubos Eppendorf con agua destilada en una estufa a temperatura controlada (37°C) por un período de 12 meses (Ver figura 14)

Los especímenes sometidos a microtracción inmediata se les midió el área transversal con un paquímetro digital (Digimatic Caliper, Mitutoyo, Kanagawa, Tokio, Japón) y posteriormente fueron montados en dispositivos Geraldini jig (Odeme, Biotechnology, Joaçaba, SC, Brasil) con gel de cianocrilato (La Gotita® Gel, Akapol S.A, Argentina). Luego, fueron sometidos a fuerzas de tracción, a través del test de microtracción, con ayuda de una máquina de ensayo universal (OM100, Odeme, Joenville, SC, Brazil) a una velocidad de 0.5mm/min. Los datos obtenidos eran entregados en megapascales y registrados posteriormente en una planilla de datos (Ver figura 14)



**Figura 14.** Protocolo de montaje de especímenes y prueba de microtracción inmediata

## 6.9 Eliminación de muestras biológicas

Los desechos biológicos (dientes) se descartaron en un recipiente plástico amarillo ubicada en el piso (fabricado por Clarmed, capacidad 5 litros) con tapa y cierre hermético, con manillas para su transporte, bordes romos, paredes lisas y rotulada de acuerdo con la norma chilena oficial Nch-2190. Este recipiente está destinado solo para materiales contaminados, en su interior está recubierto con una bolsa amarilla (Fabricada por Clarmed) rotulada bajo la misma normativa, destinada para estos materiales contaminados y facilitar el retiro de estos.

Los residuos especiales y peligrosos se almacenaron en una bodega o sala de acopio destinada sólo para esta finalidad en las dependencias de la Facultad de Odontología de la Universidad de Valparaíso, este lugar tiene una superficie de 10 m<sup>2</sup> y una capacidad de 50 kilos aproximadamente, además de 20 kilos extra. Los residuos peligrosos fueron congelados y se mantuvieron así hasta su retiro. Los residuos son depositados en contenedores plásticos de 120 litros, son de colores rojo y amarillo, rotulados de acuerdo con normativa vigente. Estos desechos son retirados una vez por semana.

Las sustancias químicas y desechos especiales fueron descartados, de acuerdo a los protocolos de la Facultad de Odontología basado en el Decreto N°6 de 2009: Reglamento sobre Manejo de Residuos de Establecimientos de Atención en Salud (REAS), este tipo de residuos son desechados bajo los servicios de una empresa externa certificada.

## 6.10 Análisis Estadístico

Los valores de resistencia de unión obtenidos por cada diente fueron cuantificados y realizada una media por grupo. Los datos fueron sometidos a test de ANOVA de dos vías considerando el acondicionamiento (concentraciones) y tiempos de aplicación. El *post-test* de Tukey's fue utilizado para la comparación por pares en todos los test estadísticos. El nivel de significancia utilizado se estableció en 5%.

## 7. RESULTADOS

### 7.1 Dentina esclerótica

#### 7.1.1. Resistencia de unión adhesiva inmediata ( $\mu$ TBS)

Se observó que el acondicionamiento con Gel de EDTA al 37% mejora la  $\mu$ TBS inmediata a dentina esclerótica, al ser comparado al acondicionamiento con solución de EDTA al 35% , acondicionamiento con ácido ortofosfórico al 37% ER y al autoacondicionamiento por monómeros acídicos de la estrategia SE ( $p < 0,05$ ) según los resultados observados en tabla IV.

Se observó que el acondicionamiento con Gel de EDTA al 35% mejora la  $\mu$ TBS inmediata a dentina esclerótica, al ser comparado al acondicionamiento con solución de EDTA al 35% y acondicionamiento con ácido ortofosfórico al 37% ( $p < 0,05$ ). Al comparar el acondicionamiento con Gel de EDTA al 35% con la estrategia de acondicionamiento Self etch no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en  $\mu$ TBS inmediata sobre dentina esclerótica ( $p > 0,05$ ).

Al evaluar el factor concentración de EDTA gel, fue evidenciado que al aplicarlo en una concentración de 37% no presenta diferencia estadísticamente significativa en los valores de  $\mu$ TBS inmediata a dentina esclerótica en comparación con el EDTA gel 35% aplicados por el mismo tiempo (30s) ( $p > 0,05$ ).

Al comparar los grupos controles *etch and rinse* (ER), *self etch* (SE) y EDTA solución 35% (S-EDTA-35%) se observó que ninguna estrategia de acondicionamiento presenta diferencias estadísticamente significativas en los resultados de  $\mu$ TBS inmediata a dentina esclerótica ( $p > 0,05$ ).

#### 7.1.2. Pruebas de Longevidad ( $\mu$ TBS)

Los resultados obtenidos por medio de la prueba de microtacción, permitieron levantar los valores de resistencia de unión para cada condición experimental del Gel de EDTA en comparación con la solución y controles (estrategias self-etch y etch-and-rinse) (Tabla V), así como según el tiempo de aplicación (Tabla VI) expresados en megapascales (MPa).

**Tabla IV.** Valores de resistencia de unión adhesiva (MPa) y su desviación estándar ( $\pm$ ), para cada grupo experimental según la técnica de la aplicación del gel de EDTA por 30 s en comparación a las demás estrategias de acondicionamiento utilizada.

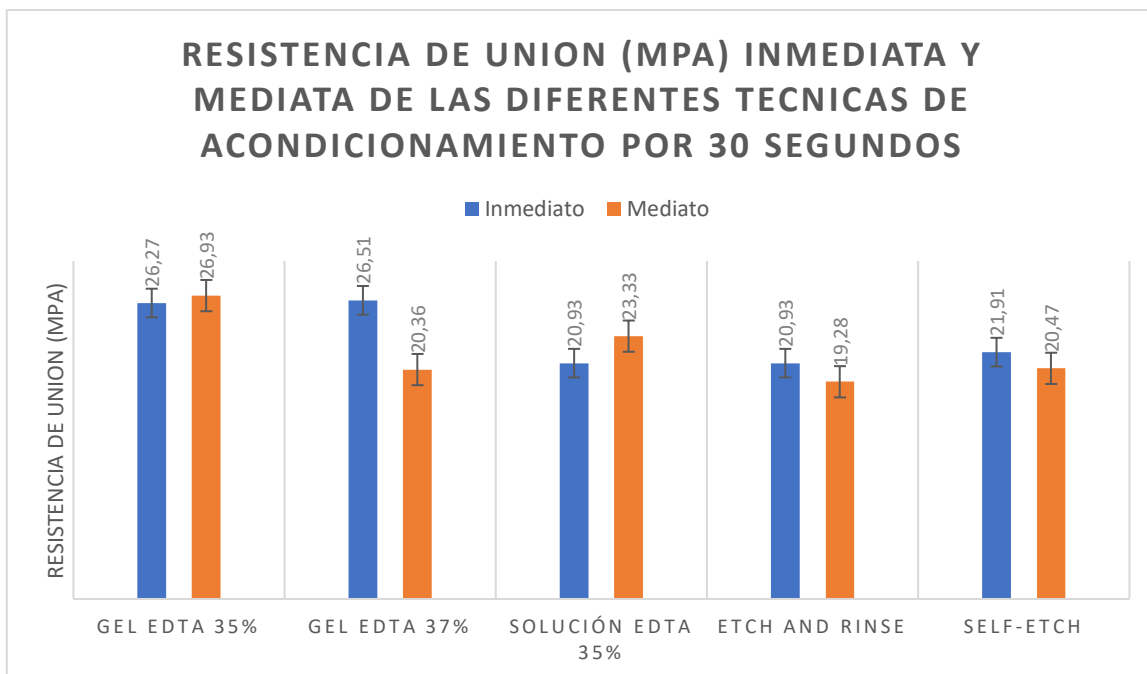
Tiempo de evaluación	Estrategia adhesiva				
	Gel EDTA x 30s		Solución EDTA	Etch and rinse	Self-Etch
	35%	37%	35%		
<b>Inmediato</b>	26,27 x 8,5 Aa	26,51 x 9,1 Aa	20,93 x 8,7 Ba	20,93 x 8,4 Ba	21,91 x 6,3 Ba
<b>12 meses</b>	26,93 x 7,2 Aa	20,36 x 8,3 Cb	23,33 x 8,8 Ba	19,28 x 9,2 Ca	20.47 x 8.9 Ca

\*Medias identificadas con letras Mayúsculas similares indican igualdad estadística en sentido horizontal, y letras minúsculas en sentido vertical ( $p>0,05$ ).

En esta tabla se observa que el gel de EDTA mejoro los valores inmediatos de resistencia de unión adhesiva cuando comparados a la solución de EDTA 35% y a las estrategias tradicionales (ER y SE) ( $p<0,05$ ).

Posterior a la evaluación de longevidad, el gel de EDTA al 35% por 30 s mostro mejores valores de RU que el resto de las condiciones experimentales ( $p<0,05$ ). A los 12 meses de evaluación el gel de 35% es superior a la solución de EDTA aplicada durante el mismo tiempo (30s) ( $p<0,05$ ).

El gel de EDTA al 35% no se degrado en el tiempo, diferente al gel de 37% que mostro resultados significativamente más bajos ( $p<0,05$ ). Los controles, pese a mostrar tendencia a disminuir los valores de RU, no tuvieron una diferencia significativa en el control inmediato y a los 12 meses ( $p>0,05$ ).



**Figura 15.** Gráfico comparativo de resistencia de unión adhesiva inmediata y mediata entre las diferentes técnicas y estrategias de acondicionamiento por 30 segundos.

**Tabla V.** Valores de resistencia de unión adhesiva (MPa) y su desviación estándar ( $\pm$ ), para cada grupo experimental según la técnica de la aplicación del gel de EDTA por 20 s en comparación a las demás estrategias de acondicionamiento utilizada

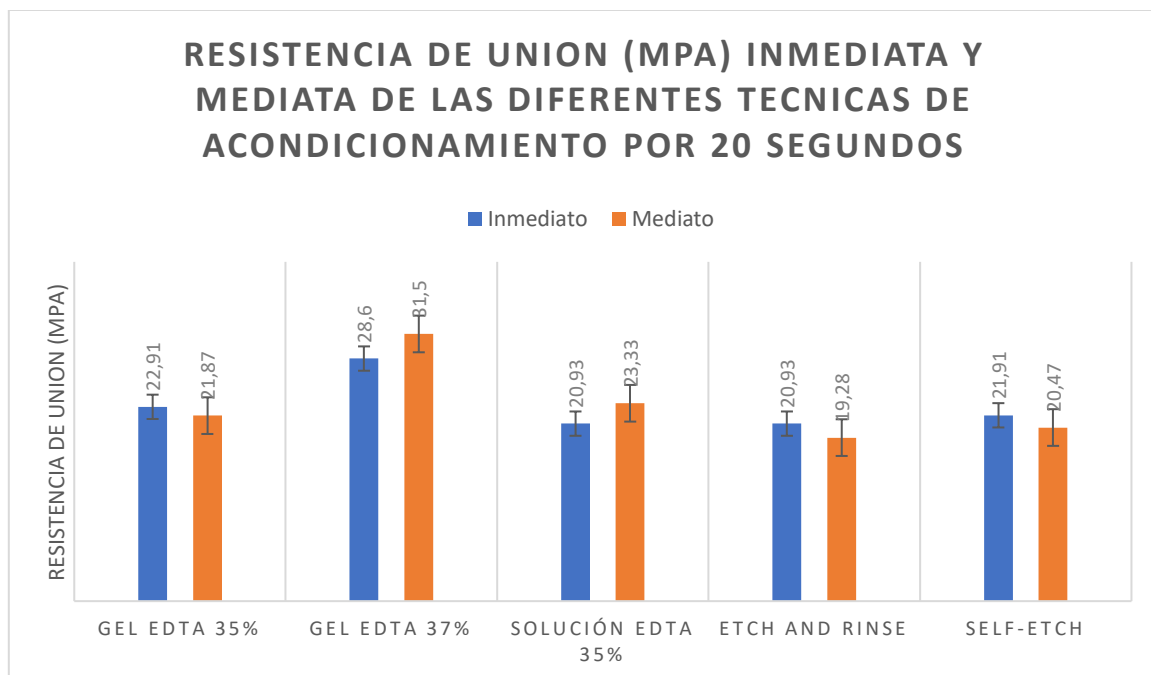
Tiempo de evaluación	Estrategia adhesiva				
	Gel EDTA x 20s		Solución EDTA	Etch and rinse	Self-Ecth
	35%	37%	35%		
<b>Inmediato</b>	22,91 x 9,3 Ba	28,6 x 9,1 Aa	20,93 x 8,7 Ba	20,93 x 8,4 Ba	21,91 x 6,3 Ba
<b>12 meses</b>	21,87 x 8,8 Ba	31,5 x 9,2 Aa	23,33 x 8,8 Ba	19,28 x 9,2 Ba	20,47 x 8,9 Ba

\*Medias identificadas con letras Mayúsculas similares indican igualdad estadística en sentido horizontal, y letras minúsculas en sentido vertical ( $p > 0,05$ ).

Durante la evaluación del tiempo inmediato, el gel de EDTA al 37% por 20s mostro los mejores valores de RU en comparación con los controles y demás grupos experimentales ( $p < 0,05$ ).

Posterior al desafío de longevidad el gel de EDTA al 37% por 20s mostro los mejores valores de RU en comparación con los controles y demás condiciones experimentales ( $p < 0,05$ ). El gel de EDTA al 37% fue más resistente a la degradación en el tiempo (12 meses) que el resto de las condiciones experimentales y por encima de los controles ( $p < 0,05$ ), mostrando valores de RU similares a los del tiempo inmediato ( $p > 0,05$ ).

Las demás condiciones experimentales y controles, a diferencia del gel 37% y la solución 35% mostraron tendencia a disminuir los valores de resistencia de unión, pero esto no fue significativo ( $p > 0,05$ ).



**Figura 16.** Gráfico comparativo de resistencia de unión adhesiva inmediata y mediata entre las diferentes técnicas y estrategias de acondicionamiento por 20 segundos.

**Tabla VII.** Valores de resistencia de unión adhesiva (MPa) y su desviación estándar ( $\pm$ ), para cada grupo experimental de gel en comparación a la solución de EDTA.

Tiempo de evaluación	Estrategia adhesiva				
	Gel EDTA x 20s		Gel EDTA x 30s		Solución EDTA
	35%	37%	35%	37%	35%
<b>Inmediato</b>	22,91 x 9,3 Ba	28,6 x 9,1 Aa	26,27 x 8,5 Aa	26,51 x 9,1 Aa	20,93 x 8,7 Ba
<b>12 meses</b>	21,87 x 8,8 Ba	31,5 x 9,2 Aa	26,93 x 7,2 Aa	20,36 x 8,3 Cb	23,33 x 8,8 Ba

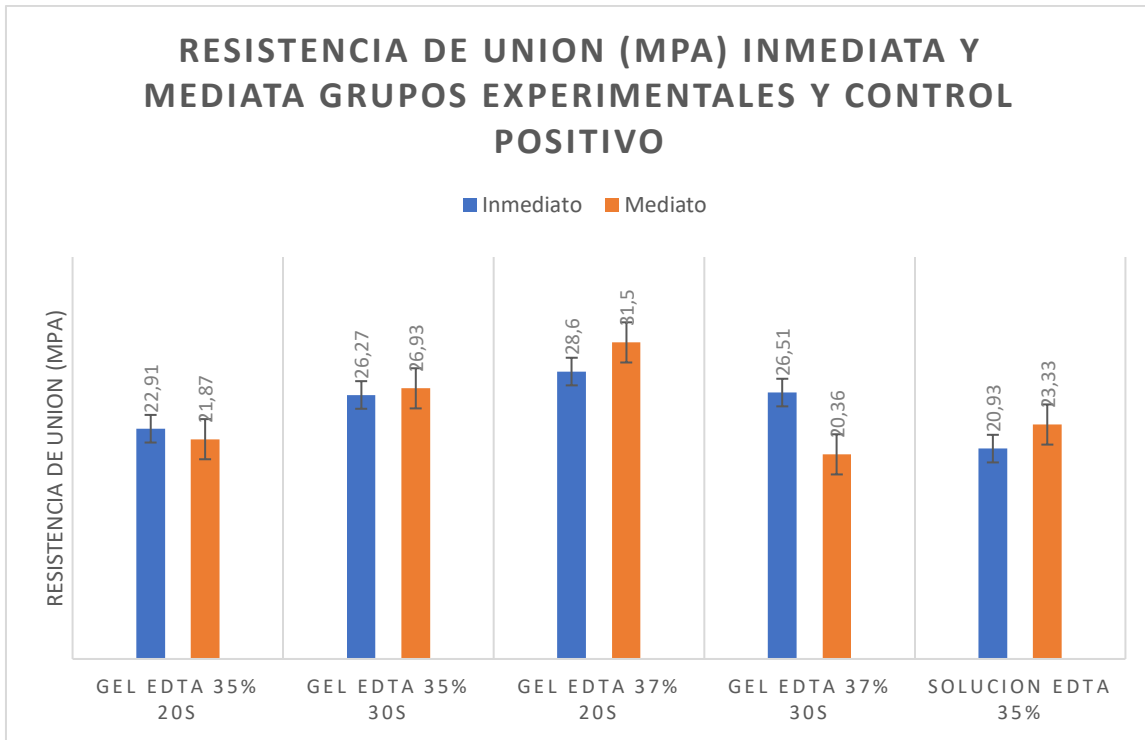
\*Medias identificadas con letras Mayúsculas similares indican igualdad estadística en sentido horizontal, y letras minúsculas en sentido vertical ( $p > 0,05$ ).

Independiente de la concentración el gel de EDTA cuando aplicado durante 20s genera una interfaz de unión estable en el tiempo, observado en los valores de RU similares entre los grupos experimentales ( $p > 0,05$ ).

Cuando la concentración de EDTA es aumentada (37%), aplicarlo por tiempo prolongado puede interferir en la estabilidad en el tiempo de la interfaz de unión ( $p < 0,05$ ).

Al evaluar el factor concentración de EDTA gel, fue evidenciado que al aplicarlo en una concentración de 37% no presenta diferencia estadísticamente significativa en los valores de  $\mu$ TBS inmediata a dentina esclerótica en comparación con el EDTA gel 35% aplicados por el mismo tiempo (30s) ( $p > 0,05$ ).

Al comparar los grupos controles *etch and rinse* (ER), *self etch* (SE) y EDTA solución 35% (S-EDTA-35%) se observó que ninguna estrategia de acondicionamiento presenta diferencias estadísticamente significativas en los resultados de  $\mu$ TBS inmediata y mediata a dentina esclerótica ( $p > 0,05$ ).



**Figura 17.** Gráfico comparativo de resistencia de unión inmediata y mediata de grupos experimentales versus control positivo

## 8. DISCUSIÓN

Con los resultados obtenidos de este estudio se observó que el acondicionamiento con un gel de EDTA al 35 y 37% en cualquier tiempo de aplicación (salvo el 35% por 20s) aumentó significativamente los valores inmediatos de RUA en dentina esclerótica, en comparación a los grupos controles ER y SE. En el caso de la longevidad se observó que sólo el acondicionamiento con un gel de EDTA, al 35% por 30s y 37% por 20s, aumentaron significativamente los valores de RUA mediata en dentina esclerótica en comparación con los grupos controles ER y SE. Es por ellos que se acepta parcialmente la hipótesis de planteada, en la cual se indica que el acondicionamiento con EDTA en las diversas concentraciones influirá en la RUA inmediata y mediata en comparación con los grupos controles.

En esta investigación, se encontró que el acondicionamiento de la dentina esclerótica con EDTA gel 37% en cualquier tiempo de aplicación (20s o 30s) mejora significativamente la  $\mu$ TBS inmediata, en comparación a los grupos controles y la solución de EDTA. Los resultados del acondicionamiento con Gel de EDTA 35% por 30s mejora significativamente la  $\mu$ TBS inmediata, en comparación a los grupos controles y la solución de EDTA.

Los resultados obtenidos, coinciden con la literatura donde se reporta que el EDTA es capaz de mejorar el comportamiento de esta unión de forma inmediata y mantener su estabilidad en el tiempo(71, 80, 81, 99). Esto sucede gracias a que la molécula de EDTA se comporta como un agente quelante, secuestrando iones metálicos del sustrato dentinario para promover un acondicionamiento selectivo, y con ello, la capacidad de formar complejos con cationes altamente estables, por su estructura molecular de cuatro sitios potenciales para enlazarse con un ion metálico como lo es el calcio.

El test de longevidad aplicado en esta investigación buscaba imitar el ambiente oral en el que estaba inmersa la restauración, estando así durante 12 meses sumergidas en agua a una temperatura constante de 37 grados celsius, esta es una forma de test de longevidad, ya que como menciona Stappert en su estudio el 2005(100), las restauraciones en el medio oral se ven afectadas por cargas masticatorias tanto funcionales como parafuncionales, estas últimas generan una carga hasta 6 veces mayor que las funcionales, variaciones térmicas constantes del medio que promueven ciclos de expansión y contracción del material restaurador. Todo lo anterior generando variaciones en los resultados que se pueden obtener en una prueba de longevidad in vitro.

Aplicado este test de envejecimiento acelerado, se analizaron los resultados en donde se encontró que el gel de EDTA al 35% por 30s mostro mejores valores de resistencia de unión adhesiva en longevidad que el resto de las condiciones experimentales. Además, no se degradó en el tiempo, a los 12 meses de evaluación el gel de 35% es superior a la solución de EDTA aplicada durante el mismo tiempo (30s). En cuanto al gel de EDTA 37% aplicado por 20s obtuvo los mejores valores de resistencia de unión y mantuvo su estabilidad en un tiempo de 12 meses. En contraste, el Gel de EDTA 37% aplicado por 30s mostró resultados significativamente más bajos.

Esto es debido a que un porcentaje más elevado permite una acción quelante potenciada, sobre un sustrato altamente mineralizado, lo que va a generar una mayor eficiencia en el poder de desmineralización, frente a concentraciones más bajas de solución que se saturan rápidamente con los minerales disponibles en el medio, esta misma saturación puede suceder en tiempos de aplicación prolongada del EDTA independiente de la concentración como lo indicado en un estudio de Zaccaro(87) donde comparaban el EDTA junto a otros irrigantes, que llegó a concluir que después un período de tiempo hubo una saturación de las soluciones dentro de los túbulos que conducen a una precipitación de componentes orgánicos, que podrían obliterar las aberturas del túbulo dentinario. Esta información coincide con los resultados señalados anteriormente al evaluar los valores de resistencia de unión adhesiva en longevidad del gel de EDTA al 37% en donde a los 20s mostró mejores resultados que a los 30s, posiblemente por la saturación de la molécula y formación de precipitado que genera una interferencia en la hibridación.

La acción del EDTA como agente acondicionante, permite una desmineralización selectiva de la porción inorgánica de la estructura dentaria, evitando destrucciones invasivas del sustrato, volviendo a las fibrillas colágenas menos susceptibles a la deshidratación y colapso (11,16-17). Además, la exposición y preservación de la estructura mineral del tejido dentinario posterior a la acción de EDTA, favorece la resistencia de unión adhesiva a sistemas adhesivos que contienen monómeros funcionales con capacidad de unión química al Ca, como el MDP contenido el agente universal utilizado(101). Esto explica valores más altos de resistencia de unión inmediata, en dentina esclerótica bajo el uso de EDTA, en contraste con la resistencia adhesiva observada en el uso de la técnica de autoacondicionamiento *self-etch*. Por otro lado, al analizar la longevidad de la resistencia de unión adhesiva de los EDTA (geles y solución) arrojó valores de degradación más estables en el tiempo en comparación con las estrategias ER y SE establecidas como controles.

Se ha descrito que los adhesivos *self-etch* pueden aumentar la actividad de las metaloproteinasas endógenas (MMP) en dentina(102), las cuales, mediante un mecanismo conocido como “ácido-activación” degradan la unión entre dentina y material restaurador, disminuyendo las propiedades mecánicas de la restauración y con esto su longevidad. En este punto es importante destacar que la formulación del Gel de EDTA siempre se mantuvo en un ambiente básico lo que evitaría la activación de estos mecanismos de degradación endógena.

En esta investigación se buscó una alternativa para el acondicionamiento de superficies en dentina esclerótica basado en estudios como el de Imbery y cols(103). donde evaluaron en el 2012 el efecto del EDTA como un posible sustituto del grabado ácido en esmalte y dentina. La resistencia de unión obtenida con la aplicación pasiva de EDTA al 17% por 90 segundos en esmalte fue estadísticamente igual aquella conseguida con 15 segundos de grabado con ácido ortofosfórico al 37,5%. Sin embargo, los resultados en la resistencia de unión adhesiva (MPa) en dentina fueron muy superiores en relación con el esmalte.

En este trabajo se utilizaron concentraciones mayores siguiendo sugerencias de estudios como el de Blomlof y cols(84), donde evaluaron los efectos del uso de EDTA a diferentes concentraciones, en la eliminación del *smear layer* y la exposición de colágeno en superficies radiculares afectadas por periodontitis. Sugieren finalmente que el uso de EDTA en altas concentraciones (mayores a 24%), es necesario para la eliminación del *smear layer* y la exposición de colágeno radicular, en un tiempo clínico aceptable.

Sebold y cols(104), evaluaron en su estudio las concentraciones de EDTA 0,5 M 60s (equivalente a 15%) y EDTA 0,1 M 120s (equivalente a 3%), ninguno de sus grupos experimentales logró superar al grupo control *etch and rinse*, por lo que, se refuerza la idea de que la concentración de EDTA debe estar por sobre los 17%, para lograr buenos resultados, puesto que en bajas concentraciones de EDTA se satura por los iones metálicos existentes en el medio.

Posteriormente Luque y cols(15), evaluaron las consecuencias del uso de EDTA al 17% en la resistencia adhesiva de restauraciones de lesiones cervicales no asociadas a caries, previo a la aplicación de un sistema adhesivo *self etch*. Y sugieren que una aplicación de EDTA al 17% durante 2 minutos, reduce significativamente la actividad de las MMPs en dentina, debido a la quelación de iones de zinc y calcio que son esenciales para la actividad de las MMPs. Sin embargo, el tiempo de aplicación propuesto resultó inviable clínicamente.

Más recientemente, Muñoz y cols(17) encontraron que al aumentar la concentración de EDTA al 35% por 30 segundos, se obtuvieron resultados favorables de resistencia de unión adhesiva tanto en dentina esclerótica como esmalte, siendo un protocolo que pudiese ser incorporado en la técnica adhesiva. Concluyendo que aumentar la concentración ayuda en la disminución del tiempo clínico, haciéndolo más viable, sin embargo, su estado de solución impedía el control clínico del área de aplicación en el campo operatorio.

Tomando las sugerencias del estudio de Muñoz y cols(17), se logró la preparación de un gel en dos concentraciones 35% y 37%, estas fueron creadas para ser comparadas con un grupo experimental que fue la solución de EDTA 35% utilizada en el anteriormente mencionado estudio, y al estándar actual de acondicionamiento ácido ortofosforico 37%, respectivamente.

Se investigó la simplificación de la técnica de acondicionamiento, ya que la aplicación de la solución contenía etapas críticas como el control del campo clínico, donde el estado gel gracias a su tixotropía permite que el ácido bajo la influencia de la presión ejercida sobre el émbolo de la jeringa se torne menos viscoso y sea capaz de pasar con facilidad a través de una aguja permitiendo recuperar su viscosidad inicial una vez depositado en la superficie dentaria(89).

Esto explicaría resultados como los encontrados en el presente estudio, donde se obtuvieron valores de RUA inferiores en el grupo experimental (EDTA solución 35%) en comparación con los obtenidos en el estudio de Muñoz y cols, debido a que la aplicación de la solución en tal estudio fue de manera activa.

El uso de EDTA como acondicionante de superficie es aún controversial. Torii y cols(80), evaluaron la resistencia de unión adhesiva en dientes de bovinos con dentina sana mediante el uso de EDTA en lugar de ácido ortofosfórico, previo a la aplicación de un sistema adhesivo, sin obtener diferencias significativas en la resistencia de unión adhesiva.

El estudio de protocolos de adhesión a dentina esclerótica es de alta relevancia, ya que es un tejido encontrado a diario en la clínica restauradora asociado a lesiones cariosas y no cariosas. Generar nuevas pautas de tratamiento de la superficie es útil para obtener resultados satisfactorios, lo que podría introducir un nuevo y mejor protocolo clínico en lesiones con dentina esclerótica. Además, conseguir que tal protocolo funcione también en esmalte, es un desafío considerando las diferencias microestructurales entre ambos tejidos. Otro beneficio de generar fuerzas de adhesión óptimas, que ayuden a evitar el recambio constante de las restauraciones, es la pérdida de tejidos que esto

implica, debido al desgaste de la estructura, que debilita al diente y aumenta el riesgo de pérdida de este.

Además como es demostrado en el estudio de Heintze 2011(105), existe una correlación entre la resistencia de unión adhesiva y la aparición de una decoloración marginal de restauraciones con resina compuesta en Clases V, la decoloración marginal es un indicativo de formación de gaps y microfiltración, lo que podría demostrar un proceso de desintegración de la unión entre el material restaurador y el sustrato dentario, aunque esto es especulativo ya que no existen a la fecha estudios longitudinales clínicos sistemáticos que demuestren esta relación.

El estudio de los efectos del EDTA como agente acondicionador de superficie en dentina esclerótica y su inclusión en los protocolos clínicos, busca aumentar la resistencia de unión inmediata y en el tiempo en ambos tejidos, mejorando los valores obtenidos tras el uso de protocolos convencionales existentes. Los resultados obtenidos en este estudio muestran los beneficios de la inclusión del EDTA gel en los protocolos de restauración.

La interfase resina-dentina, que se genera posterior al acondicionamiento con EDTA proporciona capas híbridas más estables y mejor conformadas que las de las acondicionadas con ácido fosfórico o monómeros ácidos de los autoacondicionantes, constituyendo una ventaja puesto que esta misma capa, sin esta solución, es mínima (86).

Esta interfaz podría aumentar la longevidad de las restauraciones en boca, al resistir de mejor forma los diversos mecanismos de degradación a las que puede ser susceptible durante el tiempo que permanezca, retardando así el proceso de pigmentación marginal que se observa clínicamente en las resinas. La utilización de los geles al 37% por 20s y 35% por 30s mostraron resultados alentadores a los 12 meses lo que pudiese ser extrapolado a la clínica como lo hicieron autores como Luque y cols. el 2015 con soluciones de EDTA. En este caso tendríamos un recorte del tiempo clínico y un mejor manejo del campo operatorio.

## **8.1 Limitaciones**

- A pesar de cumplir con los criterios de inclusión, el sustrato esclerótico bovino presenta variabilidades propias del tejido biológico.
- Formulación de EDTA en estado Gel.

## 9. CONCLUSIÓN

Según los resultados de esta investigación, la aplicación de gel EDTA como agente acondicionante en dentina esclerótica, proporciona valores de resistencia de unión inmediata y en longevidad in vitro superiores a los que se obtienen con los protocolos de acondicionamiento utilizados en la actualidad como estándar en la adhesión a dentina sana, por lo que su utilización en un sustrato alterado como la dentina esclerótica puede ser recomendado.

En este sentido, el acondicionamiento de la superficie dentinaria con un Gel de EDTA 35% por 30s y al 37% por 20s mejoran la resistencia de unión adhesiva Inmediata y en pruebas de longevidad en Dentina Esclerótica, lo que hace de esta una estrategia con posibilidades de viabilidad clínica.

Tanto el gel de EDTA al 35% como 37% presentaron valores de RUA favorables en comparación con los grupos controles. Además, presentan una estabilidad ante la degradación de la interfase. Si comparamos ambas concentraciones con un tiempo de aplicación menor (20s) se debe utilizar el gel de EDTA al 37% ya que presenta valores RUA inmediata y mediata superiores que al 35%.

Finalmente, se prevé que la aplicación de tal protocolo sería más amigable y ayudaría en la realización de restauraciones adhesivas sobre sustratos dentinarios escleróticos, en un tiempo clínico aceptable, el cual generaría una adhesión fuerte y retrasaría el proceso de degradación. Sin embargo, debe ser testeado clínicamente.

## 10. SUGERENCIAS

- Generar un sustrato esclerótico estandarizado.
- Evaluar mediante análisis químico lo que sucede con el gel cuando pasa más tiempo en contacto con la dentina esclerótica ya que podría estar precipitando e interfiriendo con la hibridación.
- Realizar un ensayo clínico controlado aleatorizado a partir de los alentadores resultados obtenidos in vitro (extrapolar).

## 11. RESUMEN

### EVALUACIÓN DE LA LONGEVIDAD DEL ACONDICIONAMIENTO CON GEL DE ÁCIDO ETILENDIAMINOTETRAACÉTICO (EDTA) EN LA RESISTENCIA DE UNIÓN ADHESIVA A DENTINA ESCLERÓTICA

**Autores:** Nicolás Aros Pérez<sup>1</sup>, Luciano Medina Toloza<sup>1</sup>, Iسس Luque-Martinez<sup>1</sup>.

1. Universidad de Valparaíso, Facultad de Odontología.

**Objetivo:** Evaluar Resistencia de unión adhesiva inmediata y mediata en dentina esclerótica acondicionada con EDTA Gel 35% y 37% por 20 y 30 segundos.

**Materiales y Métodos:** Estudio experimental in vitro. 35 incisivos bovinos (n=5) con dentina esclerótica expuesta fisiológicamente, distribuidos en 7 grupos aleatoriamente: 5 experimentales y 2 controles. Grupos experimentales: acondicionamiento con EDTA Gel al 35% y 37% durante 20 y 30 s, EDTA solución al 35% por 30 segundos y los grupos controles: técnica etch and rinse (ácido ortofosforico al 37%) y self etch (adhesivo universal) por 20 segundos. Posterior al acondicionamiento se realizó la restauración con resina compuesta directa, luego se realizó el corte de los dientes, de los cuales se almacenó la mitad de los especímenes obtenidos para pruebas de microtracción mediata (12 meses) y la otra mitad fue sometida a pruebas de microtracción inmediata.

**Resultados:** Acondicionamiento con Gel EDTA 35% por 30 s y 37% por 20s mejoran  $\mu$ TBS inmediata y mediata a dentina esclerótica, al ser comparado al acondicionamiento con solución de EDTA al 35%, acondicionamiento con ácido ortofosfórico al 37% ER y al autoacondicionamiento por monómeros acídicos de la estrategia SE ( $p < 0,05$ ). Las concentraciones de EDTA gel 35% y 37% en los tiempos mencionados no presentan diferencias estadísticamente significativas en los valores de  $\mu$ TBS inmediata a dentina esclerótica ( $p > 0,05$ ).

**Conclusión:** Aplicación gel EDTA como acondicionante en dentina esclerótica, proporciona valores de resistencia de unión inmediata y mediata superiores a los que se obtienen con los protocolos utilizados actualmente.

## 12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. De Munck J, Van Landuyt K, Peumans M, Poitevin A, Lambrechts P, Braem M, et al. A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. *J Dent Res.* 2005;84(2):118-32.
2. Kopperud SE, Staxrud F, Espelid I, Tveit AB. The Post-Amalgam Era: Norwegian Dentists' Experiences with Composite Resins and Repair of Defective Amalgam Restorations. *Int J Environ Res Public Health.* 2016;13(4):441.
3. Palotie U, Eronen AK, Vehkalahti K, Vehkalahti MM. Longevity of 2- and 3-surface restorations in posterior teeth of 25- to 30-year-olds attending Public Dental Service-A 13-year observation. *J Dent.* 2017;62:13-7.
4. Astvaldsdottir A, Dagerhamn J, van Dijken JW, Naimi-Akbar A, Sandborgh-Englund G, Tranaeus S, et al. Longevity of posterior resin composite restorations in adults - A systematic review. *J Dent.* 2015;43(8):934-54.
5. Rosa WL, Piva E, Silva AF. Bond strength of universal adhesives: A systematic review and meta-analysis. *J Dent.* 2015;43(7):765-76.
6. Manikandan Ekambaram CKYY, Jukka Pekka Matinlinna. Bonding of resin adhesives to caries-affected dentin—A systematic review. 2015.
7. Masarwa N, Mohamed A, Abou-Rabii I, Abu Zaghan R, Steier L. Longevity of Self-etch Dentin Bonding Adhesives Compared to Etch-and-rinse Dentin Bonding Adhesives: A Systematic Review. *J Evid Based Dent Pract.* 2016;16(2):96-106.
8. Perdigao J. Dentin bonding-variables related to the clinical situation and the substrate treatment. *Dent Mater.* 2010;26(2):e24-37.
9. Sabatini C, Pashley DH. Mechanisms regulating the degradation of dentin matrices by endogenous dentin proteases and their role in dental adhesion. A review. *Am J Dent.* 2014;27(4):203-14.
10. Breschi L, Mazzoni A, Ruggeri A, Cadenaro M, Di Lenarda R, De Stefano Dorigo E. Dental adhesion review: aging and stability of the bonded interface. *Dent Mater.* 2008;24(1):90-101.
11. Eliguzeloglu E, Omurlu H, Eskitascioglu G, Belli S. Effect of surface treatments and different adhesives on the hybrid layer thickness of non-carious cervical lesions. *Oper Dent.* 2008;33(3):338-45.
12. Harika R, Dutta B, Arun P, Teja RP. A novel clinical approach for long-term retention and durability of resin restorations bonded to multiple developmental defects of enamel. *J Int Soc Prev Community Dent.* 2016;6(6):597-601.
13. Wood I, Jawad Z, Paisley C, Brunton P. Non-carious cervical tooth surface loss: a literature review. *J Dent.* 2008;36(10):759-66.
14. Karakaya S, Unlu N, Say EC, Ozer F, Soyman M, Tagami J. Bond strengths of three different dentin adhesive systems to sclerotic dentin. *Dent Mater J.* 2008;27(3):471-9.
15. Luque-Martinez I, Munoz MA, Mena-Serrano A, Hass V, Reis A, Loguercio AD. Effect of EDTA conditioning on cervical restorations bonded with a self-etch adhesive: A randomized double-blind clinical trial. *J Dent.* 2015;43(9):1175-83.
16. Martini E PS, Gutierrez M, Loguercio A, Reis A. Effect of Different. Protocols in Preconditioning With EDTA in Sclerotic Dentin and Enamel Before Universal Adhesives Applied in Self-etch Mode. *Oper Dent.* 2017.
17. Muñoz MA L-MI, Palma-González J, Aguirre- Guzmán V, Serrano-Troncoso M, Skewes-Fredz B,. Effect of Conditioning with Ethylenediaminetetraacetic Acid (EDTA) on Sclerotic Dentin. *IADR.* 2017.

18. Guba CJ, Cochran MA, Swartz ML. The effects of varied etching time and etching solution viscosity on bond strength and enamel morphology. *Oper Dent.* 1994;19(4):146-53.
19. Mooney JB BP. *Operatoria Dental: Integración Clínica.* . Médica Panamericana Cuarta Edición. ed2006.
20. Sturdevant. *Arte y ciencia de la operatoria dental.*: Medica Panamericana; 1987.
21. Tay FR, Pashley DH. Resin bonding to cervical sclerotic dentin: a review. *J Dent.* 2004;32(3):173-96.
22. Ekambaram M, Yiu CKY, Matinlinna JP. Bonding of adhesive resin to intraradicular dentine: A review of the literature. *International Journal of Adhesion and Adhesives.* 2015;60:92-103.
23. Steenbecker O GW, Da Souza C, Uribe J, Núñez N, Priotto E. *Principios y bases de los biomateriales en operatoria dental estética adhesiva.*: Universidad de Valparaíso; 2006.
24. Studervant. *Arte y Ciencia de la Odontología Conservadora.*: Editorial Elsevier Mosby. España; 2007. .
25. Langer A, Ilie N. Dentin infiltration ability of different classes of adhesive systems. *Clin Oral Investig.* 2013;17(1):205-16.
26. Baratieri LN MS, de Melo TS, da Rocha KBF, Hilgert LA, Schlichting LH, et al. *Odontología restauradora: fundamentos y técnicas.*: Livraria Santos 2011.
27. Garg N GA. *Textbook of operative dentistry.*: JP Medical Ltd.; 2013.
28. Sano H, Takatsu T, Ciucchi B, Horner JA, Matthews WG, Pashley DH. Nanoleakage: leakage within the hybrid layer. *Oper Dent.* 1995;20(1):18-25.
29. Van Meerbeek B, Braem M, Lambrechts P, Vanherle G. [Adhesion of composite to dentin. Mechanical and clinical results]. *Ned Tijdschr Tandheelkd.* 1993;100(11):489-94.
30. Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P, et al. Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Oper Dent.* 2003;28(3):215-35.
31. Chen C, Niu LN, Xie H, Zhang ZY, Zhou LQ, Jiao K, et al. Bonding of universal adhesives to dentine--Old wine in new bottles? *J Dent.* 2015;43(5):525-36.
32. Chee B, Rickman LJ, Satterthwaite JD. Adhesives for the restoration of non-cariou cervical lesions: a systematic review. *J Dent.* 2012;40(6):443-52.
33. Perdigao J, Munoz MA, Sezinando A, Luque-Martinez IV, Staichak R, Reis A, et al. Immediate adhesive properties to dentin and enamel of a universal adhesive associated with a hydrophobic resin coat. *Oper Dent.* 2014;39(5):489-99.
34. Stape THS, Wik P, Mutluay MM, Al-Ani AAS, Tezvergil-Mutluay A. Selective dentin etching: A potential method to improve bonding effectiveness of universal adhesives. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials.* 2018;86:14-22.
35. Cakir NN, Demirbuga S, Balkaya H, Karadas M. Bonding performance of universal adhesives on composite repairs, with or without silane application. *J Conserv Dent.* 2018;21(3):263-8.
36. Swift EJ, Jr., Perdigao J, Heymann HO. Bonding to enamel and dentin: a brief history and state of the art, 1995. *Quintessence Int.* 1995;26(2):95-110.
37. Nakabayashi N, Kojima K, Masuhara E. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. *J Biomed Mater Res.* 1982;16(3):265-73.
38. Nakabayashi N. Bonding of restorative materials to dentine: the present status in Japan. *Int Dent J.* 1985;35(2):145-54.
39. Carvalho RM CMdO, Pereira LCG, Garcia FCP, Marquezini Jr L, Silva SMA, et al. *Sistemas adesivos: fundamentos para aplicação clínica.* *Rev Biodonto.* 2004;6–86. .

40. Peumans M, Kanumilli P, De Munck J, Van Landuyt K, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Clinical effectiveness of contemporary adhesives: a systematic review of current clinical trials. *Dent Mater.* 2005;21(9):864-81.
41. Perdigao J. New developments in dental adhesion. *Dent Clin North Am.* 2007;51(2):333-57, viii.
42. Munoz MA, Luque I, Hass V, Reis A, Loguercio AD, Bombarda NH. Immediate bonding properties of universal adhesives to dentine. *J Dent.* 2013;41(5):404-11.
43. Munoz MA, Luque-Martinez I, Malaquias P, Hass V, Reis A, Campanha NH, et al. In vitro longevity of bonding properties of universal adhesives to dentin. *Oper Dent.* 2015;40(3):282-92.
44. Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent Res.* 1955;34(6):849-53.
45. Zhu JJ, Tang AT, Matinlinna JP, Hagg U. Acid etching of human enamel in clinical applications: a systematic review. *J Prosthet Dent.* 2014;112(2):122-35.
46. Cehreli ZC, Altay N. Effects of a nonrinse conditioner and 17% ethylenediaminetetraacetic acid on the etch pattern of intact human permanent enamel. *Angle Orthod.* 2000;70(1):22-7.
47. Silverstone LM, Saxton CA, Dogon IL, Fejerskov O. Variation in the pattern of acid etching of human dental enamel examined by scanning electron microscopy. *Caries Res.* 1975;9(5):373-87.
48. Ibrahim IM ED, Yousry MM. Effect of EDTA and phosphoric Acid pretreatment on the bonding effectiveness of self-etch adhesives to ground enamel. *Eur J Dent. Eur J Dent.* 2010;Oct;4():418–28.
49. Aasen. History of dentinal bonding. *Esthet Dent Updat* 1990:1:43–6
50. Pashley DH. Clinical correlations of dentin structure and function. *J Prosthet Dent.* 1991;66(6):777-81.
51. Heymann HO, Bayne SC. Current Concepts in Dentin Bonding: Focusing on Dentinal Adhesion Factors. *The Journal of the American Dental Association.* 1993;124(5):26-36.
52. Thomas HF, Carella P. Correlation of scanning and transmission electron microscopy of human dentinal tubules. *Arch Oral Biol.* 1984;29(8):641-6.
53. Terkla LG, Brown AC, Hainisch AP, Mitchem JC. Testing sealing properties of restorative materials against moist dentin. *J Dent Res.* 1987;66(12):1758-64.
54. Pashley DH, Andringa HJ, Derkson GD, Derkson ME, Kalathoor SR. Regional variability in the permeability of human dentine. *Arch Oral Biol.* 1987;32(7):519-23.
55. Pashley DH, Pashley EL. Dentin permeability and restorative dentistry: a status report for the American Journal of Dentistry. *Am J Dent.* 1991;4(1):5-9.
56. Eick JD, Wilko RA, Anderson CH, Sorensen SE. Scanning electron microscopy of cut tooth surfaces and identification of debris by use of the electron microprobe. *J Dent Res.* 1970;49(6):Suppl:1359-68.
57. Pashley DH, Michelich V, Kehl T. Dentin permeability: effects of smear layer removal. *J Prosthet Dent.* 1981;46(5):531-7.
58. Camargo MA, Marques MM, de Cara AA. Morphological analysis of human and bovine dentine by scanning electron microscope investigation. *Arch Oral Biol.* 2008;53(2):105-8.
59. Kwong SM, Cheung GSP, Kei LH, Itthagaran A, Smales RJ, Tay FR, et al. Micro-tensile bond strengths to sclerotic dentin using a self-etching and a total-etching technique. *Dental Materials.* 2002;18(5):359-69.
60. Van Meerbeek B, Braem M, Lambrechts P, Vanherle G. Morphological characterization of the interface between resin and sclerotic dentine. *J Dent.* 1994;22(3):141-6.

61. El-din AK, Miller BH, Griggs JA. Resin bonding to sclerotic, noncarious, cervical lesions. *Quintessence Int.* 2004;35(7):529-40.
62. Tay FR, Kwong SM, Itthagarun A, King NM, Yip HK, Moulding KM, et al. Bonding of a self-etching primer to non-carious cervical sclerotic dentin: interfacial ultrastructure and microtensile bond strength evaluation. *J Adhes Dent.* 2000;2(1):9-28.
63. Kwong SM, Tay FR, Yip HK, Kei LH, Pashley DH. An ultrastructural study of the application of dentine adhesives to acid-conditioned sclerotic dentine. *J Dent.* 2000;28(7):515-28.
64. Camargo MA, Roda MI, Marques MM, de Cara AA. Micro-tensile bond strength to bovine sclerotic dentine: influence of surface treatment. *J Dent.* 2008;36(11):922-7.
65. Yoshiyama M, Sano H, Ebisu S, Tagami J, Ciucchi B, Carvalho RM, et al. Regional strengths of bonding agents to cervical sclerotic root dentin. *J Dent Res.* 1996;75(6):1404-13.
66. Xie C, Han Y, Zhao XY, Wang ZY, He HM. Microtensile bond strength of one- and two-step self-etching adhesives on sclerotic dentin: the effects of thermocycling. *Oper Dent.* 2010;35(5):547-55.
67. van Dijken JW. Durability of three simplified adhesive systems in Class V non-carious cervical dentin lesions. *Am J Dent.* 2004;17(1):27-32.
68. Luque-Martinez IV, Mena-Serrano A, Munoz MA, Hass V, Reis A, Loguercio AD. Effect of bur roughness on bond to sclerotic dentin with self-etch adhesive systems. *Oper Dent.* 2013;38(1):39-47.
69. van Dijken JW. Clinical evaluation of three adhesive systems in class V non-carious lesions. *Dent Mater.* 2000;16(4):285-91.
70. Lopes GC, Baratieri CM, Baratieri LN, Monteiro S, Jr., Cardoso Vieira LC. Bonding to cervical sclerotic dentin: effect of acid etching time. *J Adhes Dent.* 2004;6(1):19-23.
71. Soares CJ, Castro CG, Santos Filho PC, da Mota AS. Effect of previous treatments on bond strength of two self-etching adhesive systems to dental substrate. *J Adhes Dent.* 2007;9(3):291-6.
72. Mohammadi Z, Shalavi S, Jafarzadeh H. Ethylenediaminetetraacetic acid in endodontics. *Eur J Dent.* 2013;7(Suppl 1):S135-42.
73. Von der Fehr FR N-OB. Effect of EDTAC and sulfuric acid on root canal dentine. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1963;16:199-205.
74. Sano H, Takatsu T, Ciucchi B, Russell CM, Pashley DH. Tensile properties of resin-infiltrated demineralized human dentin. *J Dent Res.* 1995;74(4):1093-102.
75. Habelitz S, Balooch M, Marshall SJ, Balooch G, Marshall GW, Jr. In situ atomic force microscopy of partially demineralized human dentin collagen fibrils. *J Struct Biol.* 2002;138(3):227-36.
76. Osorio R, Erhardt MC, Pimenta LA, Osorio E, Toledano M. EDTA treatment improves resin-dentin bonds' resistance to degradation. *J Dent Res.* 2005;84(8):736-40.
77. Carvalho RM, Tay F, Sano H, Yoshiyama M, Pashley DH. Long-term mechanical properties of EDTA-demineralized dentin matrix. *J Adhes Dent.* 2000;2(3):193-9.
78. Carrilho MR, Tay FR, Donnelly AM, Agee KA, Tjaderhane L, Mazzoni A, et al. Host-derived loss of dentin matrix stiffness associated with solubilization of collagen. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2009;90(1):373-80.
79. Toledano M, Yamauti M, Osorio E, Osorio R. Zinc-inhibited MMP-mediated collagen degradation after different dentine demineralization procedures. *Caries Res.* 2012;46(3):201-7.
80. Torii Y, Hikasa R, Iwate S, Oyama F, Itou K, Yoshiyama M. Effect of EDTA conditioning on bond strength to bovine dentin promoted by four current adhesives. *Am J Dent.* 2003;16(6):395-400.

81. Sauro S, Mannocci F, Toledano M, Osorio R, Pashley DH, Watson TF. EDTA or H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>/NaOCl dentine treatments may increase hybrid layers' resistance to degradation: a microtensile bond strength and confocal-microporosity study. *J Dent*. 2009;37(4):279-88.
82. J.L. Cuadros-Sánchez IVL-M, M.A., Muñoz ARaA. One-year evaluation bonding to Sclerotic Dentin: Effect of EDTA. ADR/AADR/CADR 91st General Session. . *J Dent Res*. 2013
83. Jacques P, Hebling J. Effect of dentin conditioners on the microtensile bond strength of a conventional and a self-etching primer adhesive system. *Dent Mater*. 2005;21(2):103-9.
84. Blomlof J, Blomlof L, Lindskog S. Effect of different concentrations of EDTA on smear removal and collagen exposure in periodontitis-affected root surfaces. *J Clin Periodontol*. 1997;24(8):534-7.
85. Luque I, M. Muñoz, al. e. Bonding to Sclerotic Dentin: Effect of Bur Roughening and EDTA. . IADR/AADR/CADR 89th General Session 2011.
86. Cederlund A, Jonsson B, Blomlof J. Shear strength after ethylenediaminetetraacetic acid conditioning of dentin. *Acta Odontol Scand*. 2001;59(6):418-22.
87. Miriam F. Zaccaro Scelza D, PhD,a Viviane Pierro, DDS,b Pantaleo Scelza, DDS, MSD,c and Mário Pereira, MSc,d. Effect of three different time periods of irrigation with EDTA-T, EDTA, and citric acid on smear layer removal. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2004;98:499-503
88. Kim HJ, Park SJ, Park SH, Hwang YC, Yu MK, Min KS. Efficacy of flowable gel-type EDTA at removing the smear layer and inorganic debris under manual dynamic activation. *J Endod*. 2013;39(7):910-4.
89. Lee CH, Moturi V, Lee Y. Thixotropic property in pharmaceutical formulations. *Journal of Controlled Release*. 2009;136(2):88-98.
90. Bhattacharjee S, Bhattacharya S. Pyridylenevinylene based Cu(2+)-specific, injectable metallo(hydro)gel: thixotropy and nanoscale metal-organic particles. *Chem Commun (Camb)*. 2014;50(79):11690-3.
91. Chadwick B, Treasure E, Dummer P, Dunstan F, Gilmour A, Jones R, et al. Challenges with studies investigating longevity of dental restorations--a critique of a systematic review. *J Dent*. 2001;29(3):155-61.
92. Heintze SD. Clinical relevance of tests on bond strength, microleakage and marginal adaptation. *Dent Mater*. 2013;29(1):59-84.
93. Sanches RP, Otani C, Damiao AJ, Miyakawa W. AFM characterization of bovine enamel and dentine after acid-etching. *Micron*. 2009;40(4):502-6.
94. Camargo CH, Siviero M, Camargo SE, de Oliveira SH, Carvalho CA, Valera MC. Topographical, diametral, and quantitative analysis of dentin tubules in the root canals of human and bovine teeth. *J Endod*. 2007;33(4):422-6.
95. Wegehaupt FJ, Widmer R, Attin T. Is bovine dentine an appropriate substitute in abrasion studies? *Clin Oral Investig*. 2010;14(2):201-5.
96. Luengo L. J, Aros I., C., & Gómez R., L. Determinación de la edad del bovino según las características morfológicas de los dientes incisivos. Contribución a la aplicación de la norma chilena 1423 Of. 84. Terminología y clasificación. *Avances en Ciencias Veterinarias*, 5. . 1990.
97. Krifka S, Borzsonyi A, Koch A, Hiller KA, Schmalz G, Friedl KH. Bond strength of adhesive systems to dentin and enamel--human vs. bovine primary teeth in vitro. *Dent Mater*. 2008;24(7):888-94.
98. Wagner A, Wendler M, Petschelt A, Belli R, Lohbauer U. Bonding performance of universal adhesives in different etching modes. *J Dent*. 2014;42(7):800-7.

99. Gwinnett AJ, Jendresen MD. Micromorphologic features of cervical erosion after acid conditioning and its relation with composite resin. *J Dent Res.* 1978;57(4):543-9.
100. Stappert CF, Denner N, Gerds T, Strub JR. Marginal adaptation of different types of all-ceramic partial coverage restorations after exposure to an artificial mouth. *Br Dent J.* 2005;199(12):779-83; discussion 7.
101. Yaguchi T. Layering mechanism of MDP-Ca salt produced in demineralization of enamel and dentin apatite. *Dent Mater.* 2017;33(1):23-32.
102. Perdigao J, Reis A, Loguercio AD. Dentin adhesion and MMPs: a comprehensive review. *J Esthet Restor Dent.* 2013;25(4):219-41.
103. 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):e55-61.
104. Sebold M AC, Ambrosano GMB, Nascimento FD, Giannini M. Bond strength and adhesive interface analysis using EDTA as a dentin conditioner. *Int J Adhes Adhes.* 2017:157-63.
105. Heintze SD, Thunpithayakul C, Armstrong SR, Rousson V. Correlation between microtensile bond strength data and clinical outcome of Class V restorations. *Dent Mater.* 2011;27(2):114-25.

# **ANEXOS**

# ANEXO 1



Facultad de Odontología  
Oficina de Investigación

Valparaíso 11 de Mayo del 2018

A quien corresponda:

Sirva la presente para informar que los alumnos de Odontología de la Universidad de Valparaíso Nicolás Aros, Natalia Droguett, Luciano Medina y Amya Chui-Kan, se encuentran realizando el Proyecto de Tesis: *"Efecto inmediato del acondicionamiento con gel de Ácido Etilendiaminotetraacético (EDTA) en la dentina esclerótica"* bajo la tutoría de la Dra. Issis Luque Martínez, profesora de la carrera, el cual se encuentra debidamente inscrito y aprobado por el comité de ética institucional. Para dicho proyecto necesitan adquirir, bajo donación, dientes bovinos con características de esclerosis.

Agradecemos a quien corresponda prestar la colaboración en la donación de dichos dientes, que serán destinados solo para los fines antes descritos, bajo las normas de bioseguridad y ética que correspondan,

Se extiende la presente para los motivos que convengan al interesado.

Atentamente,

Dra. Issis V. Luque Martínez Msc. PhD  
Catedra de Materiales Dentales  
Coordinadora de Tesis II

Wilfredo Alejandro González Arriagada  
Director Oficina de Investigación,  
Profesor Auxiliar, Patología y Diagnóstico Oral  
Facultad de Odontología, Universidad de Valparaíso, Chile  
MSc, PhD en Estomatopatología,  
Faculdade de Odontologia de Piracicaba, UNICAMP, Brasil

## ANEXO 2



Servicio Agrícola y Ganadero

### LISTADO DE PLANTAS FAENADORAS NACIONALES (Actualizado al 24 de Marzo de 2010)

NOMBRE	REGION	COMUNA	ESPECIES FAENADAS
1 AGROINDUSTRIAL ARICA LTDA.*	ARICA y PARINACOTA	ARICA	POLLOS
2 GANADERA MENAY LTDA.	ANTOFAGASTA	ANTOFAGASTA	BOVINOS, CERDOS
3 KAREN HERRERA	ATACAMA	COPIAPO	GALLINAS
4 AVEINOR	ATACAMA	COPIAPO	GALLINAS
5 PABLO DANKE QUEZADA (DANKE)	COQUIMBO	COQUIMBO	BOVINOS, EQUINOS, PORCINOS, OVINOS, CAPRINOS
6 ANGEL TAPIA FARIAS (LA ESTANCIA)	COQUIMBO	LLAPEL	BOVINOS, OVINOS, CAPRINOS
7 AGRICOLA STA. CARMEN LTDA.	COQUIMBO	OVALLE	AVES
8 SOPRAVAL *	VALPARAISO	LA CALERA	PAVOS
9 FRIGORIFICO DON PEDRO	VALPARAISO	QUILPUE	BOVINOS, EQUINOS, PORCINOS, OVINOS.
10 FRIGORIFICO LA CALERA LTDA.	VALPARAISO	LA CALERA	BOVINOS, EQUINOS.
11 CARTAGENA	VALPARAISO	CARTAGENA	BOVINOS, PORCINOS.
12 COMAFRI S A	DEL LIBERTADOR BERNARDO OHIGGINS	RANCAGUA	BOVINOS
13 MAFRIMA LTDA.	DEL LIBERTADOR BERNARDO OHIGGINS	MALLOA	BOVINOS.
14 BELISARIO BASTIAS ESPINOZA (DONIHUE)	DEL LIBERTADOR BERNARDO OHIGGINS	DONIHUE	BOVINOS, PORCINOS, OVINOS.
15 JOAQUIN GONZALEZ M. FAENAGRO LTDA.	DEL LIBERTADOR BERNARDO OHIGGINS	GRANEROS	BOVINOS, PORCINOS.
16 GANADERA Y FORESTAL NACIONAL LTDA. MARCHIGUE	DEL LIBERTADOR BERNARDO OHIGGINS	MARCHIHUE	OVINOS
17 MATADERO MUNICIPAL SAN VICENTE	DEL LIBERTADOR BERNARDO OHIGGINS	SAN VICENTE	BOVINOS, EQUINOS, PORCINOS, OVINOS.
18 AGRICOLA VIZCAYA LTDA. (PROPAVO)	DEL LIBERTADOR BERNARDO OHIGGINS	RENGO	PAVOS
19 LIFUEIMO (AGROCARNE)	DEL LIBERTADOR BERNARDO OHIGGINS	PERALILLO	BOVINOS, PORCINOS, OVINOS.
20 FAENADORA LO MIRANDA*	DEL LIBERTADOR BERNARDO OHIGGINS	DONIHUE	PORCINOS, AVES
21 FAENADORA LAS PATAGUIAS* (MAXAGRO)	DEL LIBERTADOR BERNARDO OHIGGINS	PICHIDEGUA	PORCINOS
22 FAENADORA ROSARIO LTDA*	DEL LIBERTADOR BERNARDO OHIGGINS	RENGO	PORCINOS
23 SAN VICENTE*	DEL LIBERTADOR BERNARDO OHIGGINS	SAN VICENTE DE TAGUA TAGUA	AVES
24 GUERRA E HIJOS LTDA.	MAULE	CURICO	BOVINOS, PORCINOS, OVINOS
25 BUENA FE (TAPIA)	MAULE	CURICO	BOVINOS
26 P.F. SAN FRANCISCO	MAULE	MOLINA	BOVINOS
27 PFC TALCA	MAULE	TALCA	BOVINOS, PORCINOS
28 PFC LINARES	MAULE	LINARES	BOVINOS, PORCINOS
29 COEXCA*	MAULE	TALCA	PORCINOS
30 FAENADORA CARNES BULNES	DEL BIO BIO	BULNES	BOVINOS, PORCINOS, OVINOS, CAPRINOS
31 MATADERO YUNGAY	DEL BIO BIO	YUNGAY	BOVINOS, PORCINOS, OVINOS
32 CARNES NUBLE*	DEL BIO BIO	CHILLAN	BOVINOS, OVINOS
33 FRIGOSUR	DEL BIO BIO	CHILLAN	BOVINOS, EQUINOS, PORCINOS, OVINOS, CAPRINOS
34 AGROINDUSTRIAS LOMAS COLORADAS LTDA. *	DEL BIO BIO	SAN PEDRO	BOVINOS
35 YUMBEL	DEL BIO BIO	YUMBEL	BOVINOS, PORCINOS, OVINOS

## ANEXO 3

<b>PLANILA DE MICROTRACCION INMEDIATA</b>					
<b>Diente</b>	<b>Palito</b>	<b>Ancho 1</b>	<b>Ancho 2</b>	<b>MPa</b>	<b>P. Fractura</b>
1	1				
	2				
	3				
	4				
	5				
	6				
	7				
	8				
	9				
	10				
Cuerpos de prueba					
Longevidad (12meses)					
Perdidos					
			Media	#jDIV/0!	
			DE	#jDIV/0!	

## ANEXO 4

### PROTOCOLOS ACONDICIONAMIENTO, APLICACIÓN ADHESIVO Y RESTAURACIÓN.

#### Material es restauradores empleados:

- Resina compuesta nanohíbrida Opallis (FGM).
- Adhesivo Single Bond Universal™ (3M ESPE).

#### GRUPOS DE CONTROL Y EXPERIMENTACIÓN

Grupos	Tipo de Grupo	Descripción	n
[SE]	Control Negativo	Técnica Self Etch durante 20 seg.	5
[ER]	Control Positivo	Técnica Etch and rinse con acondicionamiento con ácido ortofosfórico 37% durante 20 seg.	5
[S-EDTA-35]	Experimental	Acondicionamiento con solución EDTA 35% durante 30 seg.	5
[G-EDTA-35]	Experimental	Acondicionamiento con Gel EDTA 35% durante 20 seg.	5
[G-EDTA-35]	Experimental	Acondicionamiento con Gel EDTA 35% durante 30 seg.	5
[G-EDTA-37]	Experimental	Acondicionamiento con Gel EDTA 37% durante 20 seg.	5
[G-EDTA-37]	Experimental	Acondicionamiento con Gel EDTA 37% durante 30 seg.	5
<b>TOTAL</b>			<b>35</b>

**ER: GRUPO CONTROL POSITIVO: ACONDICIONAMIENTO CON ÁCIDO ORTOFOSFÓRICO AL 37% POR 20 SEGUNDOS.**

1. Aplicación de ácido ortofosfórico por 20 segundos.
2. Lavado por 30 segundos a una distancia de 10 cm.
3. Secado por 10 segundos a una distancia de 10 cm (secar la periferia y luego el diente por el tiempo indicado)
4. Aplicación de adhesivo: frotar uniformemente la superficie con un microbrush durante 20 segundos.
5. Airear durante 10 segundos a una distancia de 10 cm.
6. Aplicación segunda capa adhesivo: frotar uniformemente la superficie con un microbrush durante 20 segundos.
7. Airear durante 10 segundos.
8. Fotopolimerizar por 20 segundos.
9. Aplicar 1er incremento de resina de 2mm.
10. Fotopolimerizar por 40 segundos.
11. Aplicar 2do incremento de 2mm.
12. Fotopolimerizar por 40 segundos.
13. Almacenar diente durante 24hrs en agua destilada.
14. Protocolo de corte.

**SN: GRUPO CONTROL NEGATIVO: SIN ACONDICIONAMIENTO**

1. Aplicación de adhesivo: frotar uniformemente la superficie con un microbrush durante 20 segundos.
2. Airear durante 10 segundos a una distancia de 10 cm.
3. Aplicación segunda capa adhesivo: frotar uniformemente la superficie con un microbrush durante 20 segundos.
4. Airear durante 10 segundos.
5. Fotopolimerizar por 20 segundos.
6. Aplicar 1er incremento de resina de 2mm.
7. Fotopolimerizar por 40 segundos.
8. Aplicar 2do incremento de 2mm.
9. Fotopolimerizar por 40 segundos.
10. Almacenar diente durante 24hrs en agua destilada.
11. Protocolo de corte.

**S-EDTA35-30: GRUPO SOLUCIÓN EDTA AL 35% POR 30 SEGUNDOS**

1. Aplicación EDTA AL 35% con un microbrush, de forma activa por 30 segundos
2. Lavado por 30 segundos a una distancia de 10 cm.
3. Secado por 5 segundos a una distancia de 10 cm (secar la periferia y luego el diente por el tiempo indicado)
4. Aplicación de adhesivo: frotar uniformemente la superficie con un microbrush durante 20 segundos.

5. Airear durante 10 segundos a una distancia de 10 cm.
6. Aplicación segunda capa adhesivo: frotar uniformemente la superficie con un microbrush durante 20 segundos.
7. Airear durante 10 segundos
8. Fotopolimerizar por 20 segundos
9. Aplicar 1er incremento de resina de 2mm
10. Fotopolimerizar por 40 segundos.
11. Aplicar 2do incremento de 2mm.
12. Fotopolimerizar por 40 segundos.
13. Almacenar diente durante 24hrs en agua destilada.
14. Protocolo de corte.

**G-EDTA35-20: GRUPO GEL EDTA AL 35% POR 20 SEGUNDOS**

1. Aplicación Gel EDTA AL 35% en jeringa por 20 segundos
2. Lavado por 30 segundos a una distancia de 10 cm.
3. Secado por 10 segundos a una distancia de 10 cm (secar la periferia y luego el diente por el tiempo indicado)
4. Aplicación de adhesivo: frotar uniformemente la superficie con un microbrush durante 20 segundos.
5. Airear durante 10 segundos a una distancia de 10 cm.
6. Aplicación segunda capa adhesivo: frotar uniformemente la superficie con un microbrush durante 20 segundos.
7. Airear durante 10 segundos
8. Fotopolimerizar por 20 segundos
9. Aplicar 1er incremento de resina de 2mm
10. Fotopolimerizar por 40 segundos.
11. Aplicar 2do incremento de 2mm.
12. Fotopolimerizar por 40 segundos.
13. Almacenar diente durante 24hrs en agua destilada.
14. Protocolo de corte.

**G-EDTA35-30: GRUPO GEL EDTA AL 35% POR 30 SEGUNDOS**

1. Aplicación Gel EDTA AL 35% en jeringa por 30 segundos
2. Lavado por 30 segundos a una distancia de 10 cm.
3. Secado por 10 segundos a una distancia de 10 cm (secar la periferia y luego el diente por el tiempo indicado)
4. Aplicación de adhesivo: frotar uniformemente la superficie con un microbrush durante 20 segundos.
5. Airear durante 10 segundos a una distancia de 10 cm.

6. Aplicación segunda capa adhesivo: frotar uniformemente la superficie con un microbrush durante 20 segundos.
7. Airear durante 10 segundos
8. Fotopolimerizar por 20 segundos
9. Aplicar 1er incremento de resina de 2mm
10. Fotopolimerizar por 40 segundos.
11. Aplicar 2do incremento de 2mm.
12. Fotopolimerizar por 40 segundos.
13. Almacenar diente durante 24hrs en agua destilada.
14. Protocolo de corte.

**G-EDTA37-20: GRUPO GEL EDTA AL 37% POR 20 SEGUNDOS**

15. Aplicación Gel EDTA AL 37% en jeringa por 20 segundos
16. Lavado por 30 segundos a una distancia de 10 cm.
17. Secado por 10 segundos a una distancia de 10 cm (secar la periferia y luego el diente por el tiempo indicado)
18. Aplicación de adhesivo: frotar uniformemente la superficie con un microbrush durante 20 segundos.
19. Airear durante 10 segundos a una distancia de 10 cm.
20. Aplicación segunda capa adhesivo: frotar uniformemente la superficie con un microbrush durante 20 segundos.
21. Airear durante 10 segundos
22. Fotopolimerizar por 20 segundos
23. Aplicar 1er incremento de resina de 2mm
24. Fotopolimerizar por 40 segundos.
25. Aplicar 2do incremento de 2mm.
26. Fotopolimerizar por 40 segundos.
27. Almacenar diente durante 24hrs en agua destilada.
28. Protocolo de corte.

**G-EDTA37-30: GRUPO GEL EDTA AL 37% POR 30 SEGUNDOS**

15. Aplicación Gel EDTA AL 37% en jeringa por 30 segundos
16. Lavado por 30 segundos a una distancia de 10 cm.
17. Secado por 10 segundos a una distancia de 10 cm (secar la periferia y luego el diente por el tiempo indicado)
18. Aplicación de adhesivo: frotar uniformemente la superficie con un microbrush durante 20 segundos.
19. Airear durante 10 segundos a una distancia de 10 cm.

20. Aplicación segunda capa adhesivo: frotar uniformemente la superficie con un microbrush durante 20 segundos.
21. Airear durante 10 segundos
22. Fotopolimerizar por 20 segundos
23. Aplicar 1er incremento de resina de 2mm
24. Fotopolimerizar por 40 segundos.
25. Aplicar 2do incremento de 2mm.
26. Fotopolimerizar por 40 segundos.
27. Almacenar diente durante 24hrs en agua destilada.
28. Protocolo de corte.

# Single Bond Universal

## Adhesivo de resina Universal

### Ficha Técnica



#### ■ Descripción

Adhesivo de resina universal en una sola botella para ser utilizado en técnicas de grabado total, auto grabado o grabado selectivo de esmalte, tanto para restauraciones directas como indirectas.

#### ■ Ventajas

- Capacidad de ser utilizado en cualquiera de las técnicas adhesivas, grabado total, grabado selectivo de esmalte o auto grabado.
- Performace clínico adhesivo comprobado.
- Alta tolerancia a la humedad para permitir la unión constante a dentina grabada húmeda y seca, gracias a la presencia de Copolímero de Vitrebond.
- Virtualmente no hay sensibilidad post-operatoria.
- Combinación de imprimador / adhesivo con capacidad para adherirse a sustratos indirectos (metales, óxido de zirconio, alúmina y cerámicas de vidrio) gracias a la presencia en su composición de MDP y Silano.
- No requiere refrigeración-2 años de vida útil.
- Nuevo formato tapa Flip Cap, de fácil apertura y cierre, dosificación controlado, no requiere agitarse.

#### ■ Indicaciones de Uso

Adhesión de:

Restauraciones Directas

- Adhesión de Resina Compuesta
- Sellado previo a restauraciones de amalgama
- Desensibilización de superficies radiculares
- Barniz protector de ionómeros de vidrio
- Reparación de Composite
- Adhesión sellantes

Restauraciones Indirectas

- Adhesión de carillas
- Adhesión de inlays, onlays, coronas, etc.
- Reparación intra oral de restauraciones indirectas
- Sellado previo a la temporización

Primer de superficies Indirectas

- Zirconia
- Cerámica
- Aleaciones de Metal

#### ■ Instrucciones de Uso

- Técnica adhesiva de grabado total:
  - Aplicar 1 gota de Single Bond Universal en las superficies de esmalte y dentina grabadas, frotar por 20 segundos, secar por 5 segundos y foto polimerizar por 10 segundos.
- Técnica adhesiva de grabado selectivo:
  - Aplicar 1 gota de Single Bond Universal en las superficies de esmalte grabadas selectivamente y dentina sin grabar, frotar por 20 segundos, secar por 5 segundos y foto polimerizar por 10 segundos
- Técnica adhesiva de auto grabado
  - Aplicar 1 gota de Single Bond Universal en las superficies de esmalte y dentina sin grabar, frotar por 20 segundos, secar por 5 segundos y foto polimerizar por 10 segundos

#### ■ Presentación

Single Bond Universal, Frasco 5 ml.

## ANEXO 6

### ES Manual de Instrucciones

#### Compósito para Dientes Anteriores y Posteriores Solamente Uso Profesional

Lea con atención todas las informaciones contenidas en este manual de instrucciones antes de utilizar el producto. Guárdelo para consulta, como mínimo, hasta el total consumo del producto y/o hasta no haber más interacción del producto con su último paciente.

#### Descripción del Producto

Opallis es una resina nanohíbrida, radiopaca, fotopolimerizable, con propiedades de fluorescencia y opalescencia, con alto poder de pulimento y con varias opciones de colores y translucidez. Es un material restaurador estético utilizado para restauraciones de dientes anteriores y posteriores.

Opallis fue cuidadosamente elaborada para reproducir, con riqueza de detalles, el policromatismo de los dientes, permitir mayor tiempo de trabajo (reducida sensibilidad a la luz) y excelentes propiedades mecánicas.

#### Formas de Presentación

Kit Básico – 6 jeringas

EA2, EA3, EA3.5, DA2, DA3 y T-Neutral.

Repuesto – 1 jeringa con 1 color de resina.

Clinical Kit – 15 jeringas

EA1, EA2, EA3, EB2, DA1, DA2, DA3, DB2, D-Bleach, T-Blue,

T-Neutral, T-Yellow, E-Bleach H, Opaque Pearl y VH.

#### Composición Básica

Opallis es una resina nanohíbrida compuesta de una matriz monomérica conteniendo Bis (GMA), Bis (EMA), UDMA y TEGDMA. Las cargas son una cuidadosa combinación de vidrio de Bario-Aluminio Silicato silanizados y nanopartículas de dióxido de silicio, canforquinona como fotoiniciador, aceleradores, estabilizantes y pigmentos.

El compósito presenta partículas en la faja de 40 nm a 3.0 microns con tamaño medio de partícula de 0,5 microns, contenido total de carga en peso de 78,5 a 79,8% y volumen de 57 a 58% de carga inorgánica.

La distribución del tamaño de las partículas permite un relleno adecuado de la resina contribuyendo para su elevada resistencia mecánica y al desgaste, características necesarias para restauraciones en dientes posteriores, y facilidad de pulido generando una restauración con superficie lisa y de alto brillo para uso en dientes anteriores.

#### Indicación del Producto

Opallis está indicada para restauraciones de dientes anteriores y posteriores, permitiendo la reproducción de las características ópticas de la estructura dentaria:

- Restauraciones oclusales, proximales y ocluso-proximales de tamaño pequeño y medio.
- Restauraciones de dientes anteriores clase III, IV y V.
- Carillas en resina compuesta.
- Cementación de fragmentos de dientes.
- Reducir y/o cerrar diastemas.
- Corregir y/o alterar la forma de uno o varios dientes.
- Defectos estructurales: amelogénesis imperfecta, hipoplasias de esmalte, lesiones cervicales no cariosas.
- Para corregir y/o alterar la proporción ancho y/o largo de lo(s) diente(s).
- Restauraciones de dientes deciduos.
- Para corregir y/o cambiar el color de una parte o todo el diente.

#### Sistema de Matices Opallis

Opallis utiliza la escala VITA classical para sus colores de esmalte y dentina. Además de esto, también presenta compuestos con matices de elevada translucidez y opacidad, matices para dientes blanqueados y resina para reproducir el valor.

Los cuatro matices translúcidos (T-Blue, T-Yellow, T-Orange y T-Neutral) permiten crear restauraciones estéticas para la aplicación en capas muy finas sobre los matices de la escala VITA classical proporcionando al cirujano dentista la posibilidad de reproducir la estructura dental de forma imperceptible. Los colores A0,5 y B0,5 pueden ser utilizadas en odontopediatría para reproducir, con riqueza de detalles la anatomía de dientes deciduos.

Sigue a continuación una breve descripción de la aplicación de los composites translúcidos para esmalte:

T-Blue: resina con elevada translucidez devolviendo al diente el efecto de opalescencia.

T-Yellow: resina con elevada translucidez reproduciendo el esmalte vestibular, dando un aspecto de profundidad.

T-Orange: resina altamente translúcida y pigmentada proporcionando el efecto de opalescencia y translucidez natural del esmalte.

T-Neutral: resina translúcida que reproduce el esmalte palatal y tercio incisal. Con translucidez ligeramente por debajo de los colores descritos anteriormente.

Los matices con opacidad elevada, como Opaque White y Opaque Pearl recrean detalles del halo incisal y enmascaran la dentina esclerótica.

Los colores de la escala VITA classical contemplan la dimensión de croma y matiz de la resina. Para complementar la dimensión de valor debe utilizarse una fina capa de resina de valor sobre la última capa de la restauración.

La luminosidad indica la cantidad de blanco en el diente. Para reproducir este efecto utilizamos las resinas de valor sobre la última capa. Son resinas de elevada translucidez y no alteran los colores de la restauración. Al utilizar la resina de valor debe considerarse que el espesor de la resina aplicada puede proporcionar un efecto de alto o bajo valor de la restauración. Los colores VH, VM y VL proporcionan alto, medio y bajo valor, respectivamente, a las restauraciones.

Los composites para dientes blanqueados para esmalte (E-Bleach H, E-Bleach M, E-Bleach L) y para dentina (D-Bleach) fueron desarrollados para atender a las necesidades de restauración de dientes blanqueados y dientes deciduos. Ofrecemos un matiz para reproducir la dentina y tres colores para el esmalte, siendo que el color con menor saturación (más claro) es el E-Bleach H y el color con mayor saturación (más oscuro) es el E-Bleach L.

La resina Opallis debe ser fotopolimerizada capa por capa con luz azul de intensidad mínima de 400 a 500nm con mínimo 450 cW/cm<sup>2</sup>. No retire la capa de inhibición, pues esto afecta la adhesión de la camada siguiente de resina. La tabla a seguir muestra todos los colores que componen la resina Opallis, la respectiva translucidez, cantidad comercializada y tiempo de polimerización. Tabla 1: Disponibilidad de colores, cantidad, translucidez y tiempo de polimerización.

Categoría	Colores	Cantidad	Tiempo de polimerización	Translucidez (%)
DENTINA	DA1	4 g	40 s	43-46
	DA2	4 g	40 s	43-46
	DA3	4 g	40 s	43-46
	DA3,5	4 g	40 s	43-46
	DA4	2 g	40 s	43-46
	DB1	4 g	40 s	43-46
	DB2	4 g	40 s	43-46
	DB3	2 g	40 s	43-46
	DC2	2 g	40 s	43-46
	DC3	2 g	40 s	43-46
	D-Bleach	2 g	40 s	43-46
	A0,5	2 g	60 s	34-36
	B0,5	2 g	60 s	34-36
ESMALTE	EA1	4 g	20 s	53-56
	EA2	4 g	20 s	
	EA3	4 g	20 s	
	EA3,5	4 g	20 s	
	EA4	2 g	40 s	
	EBT	4 g	20 s	
	EB2	4 g	20 s	
	EB3	2 g	40 s	
	EC2	2 g	40 s	
	EC3	2 g	40 s	
	E-Bleach H	2 g	20 s	
E-Bleach M	2 g	20 s		
E-Bleach L	2 g	20 s		
EFEITO	Translúcidos:	2 g	20s	78,5 78,5 78,5 66 35 35
	T-Blue	2 g	20s	
	T-Yellow	2 g	20s	
	T-Orange	2 g	20s	
	T-Neutral	2 g	20s	
	Opacos:	2 g	60s	
	Opaque Pearl/OP Opaque White/OW	2 g	60s	
VALOR	VH (High)	2 g	20s	70
	VM (medium)	2 g		
	VL (Low)	2 g		

Los tiempos de polimerización descritos en la tabla 1 deben ser seguidos para garantizar la profundidad de cura, grado de conversión, estabilidad de color y propiedades mecánicas de la resina. La capacidad de la luz en atravesar la resina está asociada a la translucidez. Como la resina Opallis presenta diferentes grados de translucidez fueron realizados varios estudios determinando el tiempo de polimerización adecuado para alcanzar las propiedades de