

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE MÚLTIPLES USOS DE FRESAS DE
DIAMANTE SOBRE LA RUGOSIDAD Y FUERZA DE ADHESIÓN DENTAL**

Trabajo final de investigación aplicada sometido a la consideración de la
Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Odontología para
optar al grado y título de Maestría Profesional en Odontología con énfasis
en Prostodoncia.

MELISSA MARÍA JIMÉNEZ HERNÁNDEZ

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica

2019

DEDICATORIA

A Dios porque el concluir este proceso es una muestra más de las bendiciones que recibo de su parte todos los días.

A mis papás Josefina y Francisco, por dejarme soñar y estar a mi lado sin condición. Ustedes vivieron esto conmigo en todo sentido y voy a estar eternamente agradecida por la oportunidad de crecer y el apoyo que he recibido siempre de su parte.

A mi hermano Antonio, por darme las palabras de aliento en el momento adecuado y ser ejemplo, guía y apoyo incondicional ¡Gracias, gracias!

A Daniel por apoyar mis sueños, por la paciencia y amor todos los días. Gracias por darme palabras de motivación y tranquilidad cuando las necesité.

AGRADECIMIENTOS

A los Doctores Mauricio Montero, Daniel Chavarría, David Lafuente y Fabián Murillo, por toda su ayuda, guía e interés en este estudio. Gracias por impulsar y promover la investigación en los estudiantes.

A Vicente Esparza por su colaboración en esta investigación.

A todos los profesores del Posgrado, que dedican su tiempo y comparten su conocimiento en beneficio de nosotros sus estudiantes. Muchas gracias por cada lección aprendida.

A mis compañeros de residencia por hacer los días más amenos y compartir tantos momentos bonitos juntos.

A Andrea y Carolina, los días serían muy difíciles sin la ayuda que ustedes nos dan. Gracias.

Al personal del Centro de Investigación en Ciencia e Ingeniería de Materiales (CICIMA), Laboratorio Nacional de Nanotecnología (LANOTEC) y del Centro de Investigación en Estructuras Microscópicas (CIEMIC).

“Este trabajo de final de investigación aplicada fue aceptado por la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Odontología de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar al grado y título de Maestría Profesional en Odontología con énfasis en Prostodoncia.”



M.Sc. Mauricio Montero Aguilar
Director de Tesis



Ph.D. Daniel Chavarría Bolaños
Asesor



Ph.D. Fabián Murillo Gómez
Asesor



M.Sc. Evelyn Loaiza Azofeifa
Representante de la Maestría Profesional en Odontología con énfasis en Prostodoncia



M.Sc. David Lafuente Marín
Director del Programa de Posgrado en Odontología



Melissa María Jiménez Hernández
Candidata

TABLA DE CONTENIDO

PORTADA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
HOJA DE APROBACIÓN	iv
TABLA DE CONTENIDO	v
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
ÍNDICE DE CUADROS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
Capítulo 1. Introducción	1
Capítulo 2. Marco teórico	4
2.1 Las fresas dentales	4
2.2 Las fresas de diamante y aspectos relevantes de su uso	5
2.3 Desgaste de las fresas de diamante y su efecto en la rugosidad de la estructura dental	8
2.4 Desgaste de las fresas de diamante, rugosidad de la superficie dental y su efecto en la fuerza de adhesión de los materiales restauradores de la estructura dental	12
2.4.1 Fuerza de adhesión y sistemas adhesivos de uso dental	12
2.4.2 Desgaste de las fresas de diamante, rugosidad y su efecto en la fuerza de adhesión	16
2.5 Planteamiento del problema y justificación	20
Capítulo 3. Marco metodológico	22
3.1 Pregunta de investigación	22
3.2 Objetivos del estudio	22
3.2.1 Objetivo general	22
3.2.2 Objetivos específicos	22
3.3 Hipótesis	23
3.3.1 Hipótesis nula	23
3.3.2 Hipótesis alterna	23
3.4 Variable Independiente	23
3.5 Variables dependientes	23
3.6 Diseño del estudio	24
3.7 Lugares donde se desarrolla la investigación	25
Capítulo 4. Metodología	26
4.1 Estudio piloto	26
4.2 Selección de la muestra	27

4.3 Metodología de preparación de los especímenes	28
4.4 <i>Análisis de rugosidad de la superficie dental</i>	31
4.5 Prueba de adhesión	31
4.6 Evaluación de fresas y superficie dental con microscopía electrónica de barrido	34
4.7 Análisis de los datos y procedimientos estadísticos	35
4.7.1 Variable rugosidad de la estructura dental	35
4.7.2 Variable adhesión estructura dental - resina	36
4.7.3 Evaluación de fresas con microscopía electrónica de barrido	37
Capítulo 5. Resultados	38
5.1 Evaluación de fresas con Microscopía Electrónica de Barrido (MEB)	38
5.2 Análisis de rugosidad de la superficie dental	41
5.3 Prueba de fuerza de adhesión	43
5.4 Evaluación del modo de fallo en la adhesión en los especímenes	44
Capítulo 6. Discusión	46
6.1 Sobre el uso de fresas de diamante	46
6.2 Sobre los procedimientos metodológicos utilizados	46
6.3 Sobre la evaluación de fresas después de su uso mediante MEB	47
6.4 Sobre los resultados de rugosidad de la estructura dental	48
6.5 Sobre los resultados de evaluación de fuerza de adhesión	50
6.6 Sobre las limitaciones y perspectivas del estudio	53
Capítulo 7. Conclusiones	55
Capítulo 8. Referencias	56

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de la preparación de piezas dentales usando fresas de diamante utilizadas múltiples veces sobre la rugosidad de la estructura dental y la fuerza de adhesión de los adhesivos a la dentina en piezas dentales humanas extraídas. Además, se documentó la morfología microscópica de las fresas después de múltiples usos mediante microscopía electrónica de barrido. Para rugosidad se probaron cuatro grupos de número de usos previos de las fresas (0, 2, 5 y 10 usos) y 20 repeticiones por grupo; la evaluación se realizó mediante un perfilómetro de contacto. Para adhesión se probaron dos grupos de número de usos de las fresas (0 y 10 usos) y 15 repeticiones por grupo, adhesivo de autograbado y resina; la evaluación se realizó mediante prueba de cizalla, utilizando una máquina de prueba universal. Los resultados de la investigación mostraron una tendencia a disminuir la rugosidad conforme aumenta el número de usos de las fresas, aunque solo hubo diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre 0 y 10 usos y entre 2 y 10 usos. Para la variable fuerza de adhesión no hubo diferencias estadísticas significativas entre ambos grupos de número de usos de las fresas, aunque la fuerza de adhesión fue mayor con la fresa de 10 usos. La morfología de las fresas dentales cambia conforme el número de usos de estas, existiendo una tendencia a desgaste, pérdida de masa y presencia de socavados por la disminución de los granos de diamante. Se concluye que el uso repetitivo de las fresas de diamante afecta la rugosidad de las estructuras dentales, pero no influye de manera estadísticamente significativa en la fuerza de adhesión. Así mismo, que se requiere más investigación para aumentar y lograr un conocimiento más completo sobre el tema.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the effect of the preparation of teeth with diamond burs used several times on the roughness of the dental structure and the bond strength of the adhesives to the dentine in extracted human teeth. In addition, the microscopic morphology of dental burs after multiple uses was documented by scanning electron microscopy. For the roughness test, four groups of previous uses of the burs (0, 2, 5 and 10 uses) and 20 repetitions per group were tested; the evaluation was made using a contact profilometer. For the bond strength test, there were two groups of number of uses of the burs (0 and 10 uses) and 15 repetitions per group and self-etching adhesive and resin were used; the evaluation was performed by shear bond strength test, using an universal testing machine. The results of the investigation showed a tendency to decrease the roughness as the number of uses of the burs increased, although there were only statistically significant differences ($p < 0.05$) between 0 and 10 uses and between 2 and 10 uses. For the bond strength variable, there were no significant statistical differences between the two groups of number of uses of the burs, although bond strength was greater with the bur of 10 uses. The morphology of dental burs changes according to the number of uses of these, tending to wear, loss of mass and presence of undercuts by the decrease of the diamond grit. It is concluded that the repetitive use of diamond burs affects the roughness of dental structures but does not influence in a statistically significant way the bond strength. Also, more research is required to increase and achieve a more complete knowledge on the subject.

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Definición conceptual y operacional de la variable independiente	23
Cuadro 2. Definición conceptual y operacional de las variables dependientes	24
Cuadro 3. Especificaciones de los materiales usados en la prueba de adhesión	32
Cuadro 4. Fuerza de adhesión (MPa) de los especímenes preparados con fresas de 0 y 10 usos	44
Cuadro 5. Prevalencia del modo de fallo en la adhesión entre grupos experimentales de número de usos de las fresas	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de la metodología del estudio piloto	27
Figura 2. Esquema de la metodología del estudio	28
Figura 3. Especificaciones del fabricante sobre la fresa de preparación dental utilizada en el estudio	29
Figura 4. Dispositivo plástico colocado en cada cuarto de la superficie oclusal de los especímenes, como lo recomienda la ISO 29022	31
Figura 5. Dispositivo de unión utilizado para delimitar el área de adhesión, como lo recomienda la ISO 29022	33
Figura 6. Aditamento metálico utilizado para ajustar los especímenes para la prueba de adhesión	34
Figura 7. Morfología de la punta de la fresa dental según el número de usos a diferentes magnificaciones	39
Figura 8. Morfología del cuerpo de la fresa dental según el número de usos a diferentes magnificaciones	40
Figura 9. Resultados de la rugosidad de la superficie dental (μm), según el número de usos de la fresa de diamante	42
Figura 10. Análisis tridimensional de la rugosidad superficial según el número de usos de la fresa dental	43
Figura 11. Ilustración de los fallos en la adhesión observados en microscopio digital: a) tipo adhesivo; b) tipo mixto (adhesivo y cohesivo)	45
Figura 12. Ilustración de los fallos en la adhesión observados en microscopía electrónica de barrido: a) tipo adhesivo; b) tipo mixto (adhesivo y cohesivo)	45

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

La salud oral sigue siendo un aspecto fundamental de las condiciones generales de todo ser humano. Su importancia radica en que tiene gran parte de la carga global de la morbilidad oral, por los costos relacionados con su tratamiento y la posibilidad de aplicar medidas eficaces de prevención. El objetivo principal de la odontología restauradora es devolver la funcionalidad y estética perdidas a las piezas dentales y además, proteger el remanente dentario con el fin de mantenerlo en buen estado.

A lo largo de los años, la odontología se ha beneficiado de la evolución tecnológica y la investigación que ha conducido a varios desarrollos y mejoras en nuevos equipos, instrumentos, herramientas y materiales. Aunque más recientemente han aparecido tecnologías nuevas de gran utilidad y aplicabilidad como el ultrasonido, el corte por láser y la abrasión por aire, los instrumentos rotatorios como la pieza de mano y las fresas dentales aún predominan en la preparación y restauración dental.

Las fresas dentales son instrumentos comúnmente utilizados durante los procedimientos clínicos y de laboratorio en la profesión dental. Se fabrican en varias formas y tamaños con diferentes características para distintos usos. Las primeras fresas se fabricaron de acero y luego de aleaciones de carburo de tungsteno, pero actualmente el principal instrumento dental para odontología restaurativa fija es la fresa de diamante.

Las fresas de diamante se utilizan para eliminar el tejido dental cariado, conformar cavidades y preparaciones y pulir las restauraciones. Las partículas de diamante pueden tener distintos tamaños: grano extrafino, fino, medio, grueso o muy grueso. A mayor tamaño de las partículas, mayor capacidad de corte. Los granos más finos se usan para el acabado y pulido de los materiales restauradores.

En la literatura se menciona que el uso generalizado de fresas de diamante se debe a su mayor resistencia a la abrasión y al desgaste, la menor generación de calor durante el uso y una vida útil más larga.

Sin embargo, las fresas de diamante también tienen limitaciones como reducción de la efectividad del corte causado por desgaste debido a un uso reiterado y esterilización repetida. Así mismo, la compleja estructura de los instrumentos de corte puede retener residuos sobre la superficie, lo que afecta directamente la eficiencia del corte y, además, puede servir como un posible medio de contaminación y de transmisión de enfermedades.

Aunque el uso de fresas desechables debe ser recomendado como una estrategia preventiva de actuación para superar esas limitaciones, en la práctica odontológica es habitual la reutilización de estos instrumentos y la cantidad de usos es dependiente del operador. Estas fresas sufren desgaste que pueden afectar la rugosidad de la pieza dental, la cual puede, a su vez, afectar la fuerza de adhesión de diferentes productos utilizados en la restauración. La afectación de la rugosidad y adhesión dental también dependerá del tamaño del grano de la fresa de diamante que se utilice.

La adhesión en odontología es un tema relevante. Los materiales adhesivos se utilizan en muchos tipos de tratamientos restaurativos y preventivos. La rugosidad puede afectar el comportamiento relativo de los materiales que se pretende que se unan al esmalte y la dentina.

La rugosidad de la superficie dental creada al ser cortada con fresas de preparación se encuentra relacionada también con la formación del barro dentinario de diferente grosor, composición y densidad y cuya morfología y características van a depender del tamaño el grano de las fresas o de instrumentos abrasivos y por lo tanto va a tener un efecto en el establecimiento de una capa híbrida necesaria para la adhesión.

Este estudio se enfoca específicamente en el efecto de múltiples usos de fresas de diamante sobre la rugosidad y fuerza de adhesión en piezas dentales humanas extraídas.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1 Las fresas dentales

Las fresas dentales son instrumentos rotatorios que tienen una parte activa de acción similar a la de una cuchilla, que se aplica sobre los tejidos duros del diente con cierta energía para producir un corte o fractura, abrasión, bruñido y/o alisado; así como cortes en cirugías de los maxilares. Pueden presentar diferentes formas, tamaños y número de hojas. Las fresas están constituidas de tres partes: a) parte activa o cabeza: posee capacidad de corte mediante un número variable de hojas o cuchillas, que giran en sentido horario y pueden ser de diferentes materiales (diamante, carburo de tungsteno, etc.); b) cuello: une la parte activa con el mango; c) mango o vástago que es una pieza cilíndrica, de acero inoxidable, que se inserta en el instrumento rotatorio (Huaman 2016).

Las fresas dentales se han utilizado en la preparación y restauración dental desde hace cerca de 100 años. Las primeras fresas se fabricaron con acero y luego con aleaciones de carburo de tungsteno (Siegel y Von Fraunhofer 1998).

Según Siegel y Von Fraunhofer (2000) ha habido un resurgimiento del interés y la actividad de investigación en los estudios de corte dental derivados de varios desarrollos en la odontología contemporánea. Uno de ellos es la introducción y explotación comercial de tecnologías más nuevas, como el corte por láser y la abrasión por aire. Si bien estas tecnologías tienen un atractivo y una aplicabilidad innegables en muchas áreas de la odontología, la pieza de mano y la fresa dental aún predominan en la preparación dental para el odontólogo.

Las normas nacionales e internacionales para fresas dentales cubren principalmente los problemas de control de calidad debido a la dificultad de cuantificar parámetros

tales como la eficiencia de corte, la vida útil de la fresa y el acabado de la superficie dental (Siegel y Von Fraunhofer 1996).

2.2 Las fresas de diamante y aspectos relevantes de su uso

El principal instrumento dental para la odontología restauradora fija es la fresa de diamante, que se introdujo a fines del siglo XIX. Los odontólogos en muchos países utilizan fresas de diamante para prácticamente todos los aspectos de la Odontología, incluidos los procedimientos quirúrgicos. El uso generalizado de fresas de diamante se debe a su mayor resistencia a la abrasión y al desgaste, la menor generación de calor durante el uso y una vida útil más larga (Siegel y Von Fraunhofer 1998).

En un estudio sobre el uso de fresas dentales (Sharma et al 2014) obtuvieron que, de un total de 131 profesionales en odontología que respondieron a la consulta, el 75% prefieren las fresas de diamante y 15% las de carburo de tungsteno. Salz y Bock (2010) también indican que la fresa de diamante es más ampliamente utilizada que las fresas de carburo de tungsteno.

La fresa de diamante moderna fue desarrollada en 1932 por W.H. Drendel. En 1939, las fresas de diamante eran ampliamente utilizadas en Europa y se habían introducido en los Estados Unidos. Los años posteriores a la Segunda Guerra Mundial, el público en general se hizo más consciente de la higiene bucal y desarrolló un deseo de mejorar los materiales y las modalidades de tratamiento, mientras que los dentistas querían fresas de diamante con formas y tamaños de grano que se incorporaban más fácilmente a sus prácticas. La introducción y posterior producción en masa del contra ángulo dental de turbina de aire de alta velocidad, en 1957, fue el estímulo para la aceptación universal de fresas de diamante por parte de la profesión odontológica (Siegel y Von Fraunhofer 1998).

Según Nuckles (1978) el odontólogo debe seleccionar las fresas de diamante en función de la operación a realizar. Se sugirieron instrumentos de grano extra grueso para la eliminación total de los tejidos óseos y fibrosos. Los instrumentos de grano grueso están destinados a la reducción masiva de la estructura dental. Los instrumentos de diamante de grano regular o medio están diseñados para operaciones de rutina en esmalte y dentina. Los instrumentos con grano fino se utilizan para el acabado de paredes y márgenes de preparaciones. Los instrumentos de grano extrafino, muy fino o súper fino se utilizan con mayor frecuencia durante el acabado de las restauraciones de resina compuesta.

Varios autores (Siegel y Von Fraunhofer 1998; Borges et al, 1999) indican que las fresas de diamante también tienen limitaciones como heterogeneidad de la forma de las partículas de diamante, dificultad de automatizar la fabricación y reducción de la efectividad del corte causado por uso y la esterilización repetida. Los resultados de un estudio de Sharma et al (2014) indican que la mayoría de los dentistas consultados, de una muestra de 131 profesionales, el 85% usaban las fresas hasta que estaban desgastadas y el 33% indicó que la eficiencia de corte de la fresa disminuyó con el uso.

Las fresas de diamante tienen una mejor eficiencia y duración de corte que otras fresas como el carburo de tungsteno o el acero inoxidable (Bhagat y Thombare 2012). La dureza de las partículas de la superficie, los procedimientos de esterilización y / o desinfección, condiciones de almacenamiento, corrosión y uso múltiple son algunos de los determinantes con potencial para alterar la eficiencia de corte de las fresas de diamante (Emir et al 2018).

Desde la introducción de los primeros instrumentos de corte rotatorio en Odontología, los dos factores más importantes en el desarrollo, las especificaciones y el uso de instrumentos dentales de diamante son la eficiencia de corte y la

durabilidad, para mejorar y desarrollar instrumentos más efectivos (Nuckles 1978; Santos-Pinto et al 2011).

Siegel y Von Fraunhofer (2000) compararon la eficiencia de cortes de fresas de diamante de tamaño de grano medio, grueso y super grueso. Los autores concluyen que las fresas de diamante de grano grueso pueden ser preferidas por los profesionales experimentados durante las preparaciones dentales para reconstrucciones de boca completa o puentes de múltiples unidades. Los profesionales dentales deben estar conscientes de los efectos asociados del grano más grueso en el acabado de la superficie (necesidad de pulir) la generación de calor y el daño del esmalte.

La reutilización de las fresas de diamante es una práctica común entre los dentistas (Li et al 2012, John et al 2014, Lise et al. 2014). Además, los fabricantes no indican claramente la durabilidad de la fresa, por lo que su descarte es personal y subjetivo (Lise et al 2014).

Las fresas de diamante sufren desgaste después de cada preparación dental. El desgaste de las fresas puede depender del tamaño del grano de la fresa, del diente preparado y de la duración del uso (Li et al 2012, Sharma et al 2014). Las fresas desgastadas son menos eficientes y pueden dar como resultado preparaciones imprecisas. Mientras usa una fresa de diamante desgastada, el odontólogo aplica más presión y eso resulta en una mayor generación de calor, lo que puede lesionar los tejidos dentales. Además, el torque aplicado puede causar la degradación de los instrumentos y puede reducir la eficiencia de corte (John et al 2014).

En un estudio sobre cambios en las fresas de diamante, antes y después de la preparación del diente, John et al (2014) concluyeron que la rugosidad superficial de la fresa se redujo drásticamente después de la preparación del diente, lo cual indica

una reducción en la eficiencia de corte de la fresa. La rugosidad de la fresa de diamante después de la preparación de la dentina fue un 36% menor que la de la fresa de diamante nueva.

Estudios realizados para determinar la frecuencia de cambio de una fresa de diamante después de múltiples usos concluyen que estas deben cambiarse después de cinco preparaciones de dientes como máximo (Gélvez y Veloza, 2017; Emir et al 2018).

La esterilización repetida también afecta la durabilidad de las fresas de diamante. Según Sharma et al (2014), si una fresa de diamante no se limpia a fondo de residuos o impurezas, o si se ha utilizado para procedimientos con varios pacientes y se ha esterilizado varias veces, se ve afectada su eficiencia de corte. Simamoto Junior et al (2012) también indican que los métodos de esterilización afectan estructuralmente los instrumentos dentales de corte como las fresas.

Los fabricantes han introducido fresas de diamante para uso en un solo paciente, como una solución parcial a las preocupaciones de los profesionales en Odontología con respecto al control de infecciones (Sharma et al 2014).

El proceso de esterilización y la eficiencia de corte de las fresas están influenciados negativamente por los fragmentos de tejido, los materiales de restauración dental, la saliva, los hemoderivados y los microorganismos que tienden a compactar la estructura de estos instrumentos de corte, por lo que siempre se debe realizar una limpieza profunda (Smith et al 2005).

2.3 Desgaste de las fresas de diamante y su efecto en la rugosidad de la estructura dental

La rugosidad de una superficie se define como la desviación en la dirección de un vector normal de una superficie real de su forma ideal (Whitehouse 2014). Dicho de

manera más simple, la rugosidad se refiere las variaciones en la superficie del diente que le confieren cierto grado de aspereza. La medición de la rugosidad promedio (Ra) considera todos los picos y valles del perfil de rugosidad y luego neutraliza los pocos puntos periféricos para que los puntos extremos no tengan un impacto significativo en los resultados finales (Emir et al 2018).

Los procedimientos odontológicos hacen uso de distintos mecanismos de modificación de la superficie dentaria para tratar los diversos problemas encontrados en los pacientes. Muchas veces, estos tratamientos requieren la exposición de la estructura del diente para realizar restauraciones, para lo cual es necesario ir desgastando progresivamente la superficie. En este proceso, los instrumentos también sufren desgaste (Alvarado 2016).

Según Regev et al (2010), los principales mecanismos en los elementos activos que inciden en el desgaste de las fresas de diamante, su deterioro gradual y su eficiencia de corte son el desgaste de los cristales de diamante debido a la abrasión, el desprendimiento total de cristales de diamante de la matriz de la fresa y la obstrucción de los espacios entre cristales de la fresa por los residuos de trituración del tejido dental.

Alvarado (2016) estudió el desgaste de las fresas después de 30 y 45 minutos de uso y se observó que el desgaste no es proporcional al tiempo de uso, sino que hubo un mayor desgaste los primeros 30 minutos. Este comportamiento se explica debido a que, inicialmente, se debe desgastar el esmalte, que es el tejido más duro del diente y se continúa luego a la dentina y la pulpa del diente, que son más blandos. Así mismo en los primeros 30 minutos hubo mayor acumulación de barro dentinario en comparación con el periodo de los 30 a los 45 minutos; esta acumulación de material incide en el desgaste de las fresas, ya que este no tiene las mismas propiedades abrasivas que los cristales de diamante de la fresa.

El desgaste en las fresas de diamante ocasionado por uso múltiple o repetitivo no solamente afecta su durabilidad, sino también la rugosidad de la estructura dental y la adhesión de los materiales utilizados en la restauración (Lise et al 2014; Emir et al 2018).

Así lo demuestran Di Hipólito et al (2014), quienes analizaron la rugosidad de superficies dentales preparadas con fresas de diamante o carburo de tungsteno de diferente tamaño de grano y observaron que con fresas de diamante de grano mediano se crean surcos con una profundidad severa, mientras que con fresas de diamante de grano fino se removi6 mejor la capa de barro dentinario, resultando en surcos poco profundos en la superficie de la dentina.

La rugosidad de la superficie dental es afectada por el grosor de las fresas y también puede alterar la humedad dental y la permeabilidad. Tao et al (1988) mencionan que las capas de barro dentinario creadas por fresas de granos más ásperos son más gruesas y sueltas que las creadas por las de grano más fino. Debido a que estas capas de barro dentinario no bloquean ni ocluyen los túbulos dentinarios de manera eficiente, la permeabilidad dentinaria y la humedad de la capa de barro dentinario son mayores.

Ayad (2009) realizó un estudio en el que analizó el efecto de las fresas de diamante y el grabado ácido en la rugosidad y humectabilidad de las superficies de dentina humana y obtuvo que la superficie desgastada con la parte activa de las fresas de diamante se observaba más ondulada, con surcos finos y ondulaciones paralelas a la dirección de rotación del instrumento. También indica que el aspecto característico de las superficies de la dentina preparada es determinado por la forma y por las ranuras defectuosas de las fresas de diamante.

En una evaluación del acabado producido por fresas de pulido de carburo de tungsteno y de diamante sobre el esmalte y la dentina, Price y Sutow (1988) obtuvieron que el margen de corte mínimo combinado con una rugosidad superficial baja sugiere que la fresa de diamante de grano extrafino está indicada para producir márgenes clínicamente aceptables en todas las superficies del diente.

Ayad et al (1996) investigaron las características superficiales de la dentina y encontraron una diferencia significativa en la rugosidad de las superficies preparadas con diferentes instrumentos rotatorio que incluyen fresas de diamante, de carburo de tungsteno y de pulido de carburo de tungsteno. Las fresas de diamante causaron mayor rugosidad.

Li et al (2012) mencionan que entre menor sea el tamaño del grano de las fresas de diamante, menor será la microfiltración, aunque no encontraron relación con la retención de coronas completas. Sin embargo, Koodaryan et al (2016) encontraron que preparar la superficie dental con fresas de diamante de grano grueso mejora la fuerza de adhesión de restauraciones adheridas con componentes resinosos. Ellos mencionan que la rugosidad permite aumentar el área superficial para una interacción física con el cemento, resultando en una adhesión química más fuerte con la dentina.

Al-Osmari et al (2001) estudiaron la rugosidad de la superficie del esmalte y la dentina después de la preparación con diferentes fresas dentales: una fresa de carburo de tungsteno, una fresa de diamante y una fresa de acabado de carburo de tungsteno. Las superficies más lisas fueron las que se completaron con fresas de acabado de carburo de tungsteno. Las preparaciones de fresa de diamante fueron intermedias en la evaluación de la rugosidad y las fresas para corona de carburo de tungsteno dieron las superficies más ásperas.

La topografía de la superficie de la dentina tiene un papel importante en la retención del cemento. Varios autores indican que la técnica de preparación podría afectar la retención de la prótesis fija (Ayad et al 1997, Koodaryan et al 2016, Al-Olmary et al 2001).

Independientemente de cómo se preparen las superficies de los dientes, se formará una capa residual superficial. Esta es una mezcla de esmalte, dentina o cemento que generalmente está contaminada con sangre, saliva o microorganismos (Brannstrom et al 1979). Se espera que la morfología y la calidad de esa capa residual varíen considerablemente según los diferentes métodos utilizados en la preparación de las superficies. Tao et al (1988) reportan que una fresa de diamante de alta velocidad creó una capa residual más densa, delgada y que la fuerza de unión de los compuestos era mayor que la creada por una de baja velocidad.

Después de la preparación del diente, la superficie de la fresa de diamante se modifica y si se usa para otro desgaste dental, la capa de barro dentinario puede presentar características distintas, como cambios en espesor, lo que puede afectar la resistencia de la unión a los sistemas adhesivos y los cementos de resina (Wahle y Wendt 1993, Ayad et al 1996, Al-Omari 2001, Sevgican et al 2004).

2.4 Desgaste de las fresas de diamante, rugosidad de la superficie dental y su efecto en la fuerza de adhesión de los materiales restauradores de la estructura dental

2.4.1 Fuerza de adhesión y sistemas adhesivos de uso dental

El glosario de términos de Prostodoncia (The Glossary of Prosthodontic Terms-9) define la fuerza de adhesión como la fuerza requerida para romper un ensamblaje unido con una falla que ocurre en o cerca de la interfase adhesivo/adherente.

Los dos mecanismos principales de adhesión de los cementos dentales son la interlocación mecánica a las irregularidades del diente y la unión fisicoquímica (Tjan y Sarkissian (1986).

Según Camps Alemany (2004), el paso más importante que ha dado la adhesión dentinaria más reciente es el descubrimiento de la llamada capa híbrida por Nakabayashi en 1982, que se basa en la imbricación de la resina del adhesivo entre la dentina, de forma que la resina se sitúa entre las redes de colágeno, imbricándose entre ellas y a su vez es capaz de introducirse en los túbulos dentinarios parcialmente desmineralizados, para crear una auténtica unidad entre ellos. La imbricación de los tejidos duros del diente una vez tratados con ácido, con la resina crea la imagen histológica de la capa híbrida.

Según Sevgican et al (2004), los sistemas de adhesivos de uso dental se dividen en tres categorías:

- Adhesivos de grabado total: se utiliza un sistema de ácido, primer y adhesivo por separado. El mecanismo de adhesión consiste en que los monómeros de resina penetran dentro de los prismas de esmalte tratado con el ácido produciendo un engranaje micro mecánico.
- Adhesivos de autograbado: contienen monómeros acídicos que no se enjuagan y que acondicionan e imprimen la superficie de esmalte y dentina de forma simultánea. Dentro de este grupo se incluyen la nueva generación de adhesivos “all-in-one” en donde se combinan los tres pasos de ácido, primer y adhesivo en un único paso (Koase et al 2004).
- Adhesivos resinosos modificados con ionómero de vidrio: es una versión diluida de los cementos de ionómero de vidrio y que puede adherir componentes resinosos a la estructura dental.

Se han realizado varios estudios en donde se compara la fuerza de adhesión utilizando adhesivos de grabado total y de autograbado (Da Silva et al 2014; Salvio et al 2013) y

en la mayoría se muestra mejores resultados utilizando adhesivos del grupo de autograbados.

Buonocore (1995) introdujo un método simple de adhesión a esmalte utilizando ácido fosfórico. Desde ese momento, el mercado ha tratado de desarrollar sistemas adhesivos que funcionen, tanto para esmalte como para dentina, lo cual constituye un reto debido a la composición tan diferente en ambas estructuras: la dentina es más húmeda y orgánica que el esmalte, el cual es más mineral (Perdigão 2010).

A pesar de los esfuerzos por desarrollar sistemas adhesivos que funcionen tanto en esmalte como en dentina y tal como se mencionó anteriormente, la retención de la mayoría de las restauraciones dentales recae en la creación de una capa híbrida. En este proceso, la dentina es parcialmente desmineralizada, se infiltra con resina del monómero y después de su polimerización se conforma una capa híbrida (Swift Junior et al 1995).

En estudios recientes se ha demostrado que las características de la capa híbrida en cuanto a grosor y composición va a influenciar la fuerza de adhesión para las tres categorías de adhesivos dentales (Inoue et al 2001). Estas características van a estar determinadas por el uso de fresas de preparación dental, entre otros factores (Koase et al 2004).

Desde la introducción de las resinas adhesivas por parte de Bowen a principios de la década de 1960 (Bowen, 1963), se han hecho intentos continuos para mejorar la unión entre la estructura dental y los materiales de restauración del diente. El desarrollo de la unión requiere (i) establecer un contacto íntimo entre el adhesivo líquido y el adherente sólido (ii) minimizar la concentración de tensión en la interfaz y (iii) reducir la influencia de factores ambientales en la integridad de la interfaz (Eick et al 1972). Las investigaciones se han centrado en las condiciones que optimizan el

contacto íntimo y la capacidad de humectación de los sistemas adhesivos empleados (Al-Osmari et al 2001).

Van Meerbeek et al (2001) mencionan que el proceso de adhesión al sustrato dental se basa en el intercambio entre diente y resina sintética. Van Meerbeek et al (2003) indican que este proceso ocurre en dos fases: en la primera se remueve el fosfato de calcio, causando una exposición de las microporosidades de la dentina y del esmalte; en la otra fase, mejor conocida como hibridación, ocurre la infiltración y polimerización de los componentes resinosos dentro de los espacios dejados en la primera etapa. Lo anterior provoca un entrelazado micro mecánico que es la base para una adhesión adecuada.

Algunos estudios (Ermis et al 2007, Reis et al 2009, Osorio et al 2009) mencionan la impredecibilidad del rendimiento de los adhesivos de autograbado en el esmalte intacto, presentando evidencia de que una preparación mecánica previa podría potenciar la capacidad de adhesión de estos sistemas. Además, algunos investigadores indican que el tipo de instrumentación utilizada para preparar sustratos dentales podría interferir con el rendimiento de los adhesivos de autograbado. Por ejemplo, la preparación de cavidades con fresas de diamante produce cavidades específicas en las superficies del esmalte, lo que resulta en la formación de una capa barro dentinario gruesa e irregular (Mine et al 2010).

Debido a que el esmalte contiene una alta fracción mineral y cristales de hidroxiapatita más grandes que la dentina, y debido a que el potencial de desmineralización de los sistemas de autograbado es más limitado que el provisto por el ácido fosfórico, es posible que la capa de barro dentinario del esmalte neutralice más iones de hidrógeno liberados del adhesivo, lo que limita su interacción con el esmalte subsuperficial (Mine et al 2010, Dieng-Sarr et al 2011, Salz 2006). Estas condiciones podrían comprometer la efectividad de la adhesión al esmalte base de adhesivos de autograbado, particularmente los menos ácidos (Vinagre et al 2015).

Lise et al (2012) indican que, durante el proceso de preparación dental, la dentina es cubierta por barro dentinario que ocluye los túbulos de la dentina. Esta capa presenta una adhesión débil a la dentina y actúa como barrera a la difusión por lo que se debe remover para obtener una buena hibridación (Ermis et al 2008).

2.4.2 Desgaste de las fresas de diamante, rugosidad y su efecto en la fuerza de adhesión

El tratamiento restaurador de los dientes se lleva a cabo, gracias a la interacción entre el material restaurador y la estructura dentaria, mediante el uso de un sistema adhesivo, lo que permite que mecánica, biológica y funcionalmente el diente y su material restaurador funcionen como una unidad (Camps Alemany 2004).

Al-Osmari et al (2001) consideran que la topografía de la superficie y la rugosidad del diente son de importancia primordial en los procesos de adhesión en las restauraciones dentales. También Wahle y Wendt (1993) indican que la capacidad de la resina compuesta o el agente de cementación para unirse al diente puede ser fuertemente afectado por la topografía de la superficie del esmalte.

En varios estudios se ha probado la influencia del uso de fresas sobre la fuerza de adhesión, tanto en cuanto al tipo de material de la fresa, como al tamaño del grano del que está compuesto. Varios autores (Inoue et al 2001, Sevgican et al 2004, Koase et al 2004) probaron la fuerza de adhesión con materiales de autograbado y fresas de grano regular o superfino y demostraron que la fuerza de adhesión es mayor utilizando fresas de grano más fino.

Koodaryan et al (2016) indican que entre mayor sea el tamaño del grano, mayor será el grosor de la capa de barro dentinario por lo que puede influir en prevenir una correcta interacción con el sistema adhesivo.

Dias et al (2004) compararon el uso de fresas de diamante o carburo de tungsteno y el efecto sobre la fuerza de adhesión y concluyen que el uso de fresas de carburo de tungsteno produce mayor fuerza de adhesión. Resultados similares fueron obtenidos en el estudio de Peerzada et al (2010), quienes concluyen que utilizar fresas de carburo de tungsteno provoca una mejor adhesión en restauraciones cementadas con cementos autoadhesivos. Barros et al (2005) concuerdan con estos resultados y afirman que las fresas de carburo tungsteno dejan una superficie que es más conductiva para la adhesión que las fresas de diamante.

Sin embargo, los resultados de estos estudios no coinciden con otras investigaciones (Hosoya et al 2004, Rocha et al 2006, Ermis et al 2008, Semeraro et al 2006) quienes afirman que, en el caso de uso de adhesivos de autograbado, es mejor utilizar fresas de diamante de grano fino para obtener mayor fuerza de adhesión. Sattabanasuk et al (2007) también reafirma esta situación en donde prueban adhesivos de autograbado con fresas de diferente grano y material y llegan a la conclusión que fresas de diamante con grano más fino producen mejor fuerza de adhesión que otros materiales y granos mayores.

Son pocos estudios los que han evaluado el efecto de múltiples usos de fresas de diamante sobre la fuerza de adhesión dental. Lise et al (2014) estudiaron la fuerza de adhesión a dentina con adhesivos de grabado total y con fresas reusadas hasta ocho veces. Según los resultados obtenidos, el reuso de fresas de diamante en más de dos preparaciones de dientes (de 3 hasta 8) resultó en fuerza de unión significativamente menor del sistema de adhesión utilizado con respecto a 1 y 2 usos, pero entre los grupos de reusos 3, 4, 5, 6, 7 y 8 no hubo diferencias significativas.

Un estudio in vitro reveló que el uso repetido de fresas de diamante puede dar lugar a un aumento en la microfiltración de restauraciones de resina compuesta para adhesivos de grabado total o de autograbado. La pérdida de eficiencia por la

reutilización de fresas de diamante produce un barro dentinario más grueso y pegajoso que obstruye los túbulos dentinarios y limita la penetración del adhesivo, lo que afecta la adhesión del material restaurador y favorece la microfiltración (Malekipour et al 2010).

Por su parte, Von Fraunhofer et al (2005) evaluaron la longevidad de las fresas de diamante y la filtración después de restaurar el diente y obtuvieron que reusar fresas por más de tres veces causan mayor filtración que el uso de fresas nuevas. Así mismo, las imágenes de microscopio electrónico mostraron el desgaste del diamante y la acumulación de escombros depositados en las nuevas preparaciones.

Gélvez y Veloza (2017) indican que las fresas de diamante se deben cambiar después de cinco cortes o usos clínicos para garantizar que el desgaste del diente es realizado por los diamantes y no por fricción, y así evitar daños en la pulpa, y en la durabilidad de adhesión de los materiales restaurativos al sustrato.

Estos mismos autores también mencionan que la densidad del sustrato influye en la fuerza adhesiva. Si los instrumentos no realizan el corte y la remoción adecuada del barro dentinario, la mayor densidad dificultará su disolución por medio del ácido, y por tanto habrá menor área de contacto entre el adhesivo y el material restaurador.

Según Ayad (2009), el tipo de fresa utilizada para el acabado de las preparaciones de dientes es un factor importante relacionado con el ajuste de las coronas completas durante el procedimiento de cementación.

Ayad et al (2009) indican que la selección de instrumentos rotatorios dentales para la preparación dental afecta significativamente la rugosidad de la superficie y la humectabilidad de la dentina, lo que puede influir en la retención de las

restauraciones. La superficie lisa generada puede reducir la retención por fricción de los agentes de cementación tradicionales, no adhesivos.

El objetivo de las restauraciones con adhesivos dentales es producir una unión duradera entre la restauración y la estructura dental. Esta unión depende de muchas variables, como geometría de la preparación y el tipo de agente de unión o cemento. Por lo tanto, se sugiere que la topografía de la superficie del diente influya en la humectabilidad y la calidad de unión de los sistemas adhesivos (Al-Osmari et al 2001).

La topografía de la estructura dental desempeña un papel importante en la formación de una unión adhesiva al atrapar aire en la interfaz entre el cemento y la estructura dental, lo que puede debilitar la unión (Al-Osmari et al 2001).

Otro factor importante en las relaciones entre desgaste de las fresas, rugosidad de la superficie dental y la fuerza de adhesión es la capa de barro dentario. Saikaew et al (2018) estudiaron el efecto de la capa de barro dentinario y la rugosidad de la superficie sobre la resistencia de la unión dentina-resina de los adhesivos de autograbado. Los resultados indican que el espesor de la capa de barro dentinario incrementó conforme aumentó el tamaño de las fresas de diamante.

En cuanto la rugosidad de la superficie de la dentina, libre de capa de barro dentinario, el estudio mostró que la rugosidad aumentó gradualmente con el incremento de los tamaños de grano de las fresas de diamantes, desde fino a medio y grueso. Sin embargo, la rugosidad de la superficie no afectó la fuerza de adhesión a la microcizalla de los adhesivos de autograbado (Saikaew et al 2018).

El éxito de cualquier restauración depende principalmente de la adhesión al esmalte y la dentina. Se presume que la rugosidad de la superficie y las irregularidades promueven la humectabilidad, al aumentar el área superficial y que la unión entre la superficie adherida y el adhesivo será posteriormente más fuerte (Al-Omari et al

2001). Sin embargo, la capa de barro dentinario creada por el uso de las fresas rotatorias en la superficie del esmalte y la dentina interfiere en la unión de los agentes adhesivos a estas superficies (Semeraro et al 2006).

2.5 Planteamiento del problema y justificación

En la literatura existen muchas publicaciones sobre rugosidad y fuerza de adhesión en piezas dentales, pero muy pocos estudios han evaluado el efecto de reutilizar fresas (Lise et al 2014; Gélvez et al 2017; Emir et al 2018; Von Fraunhofer et al 2005) y en ninguno de ellos se ha analizado de manera conjunta la relación entre rugosidad y fuerza de adhesión relacionadas con el múltiple uso de estas, ni tampoco el uso de adhesivos de autograbado. Así, las investigaciones de Gélvez et al (2017) y de Emir et al (2018) analizaron los efectos del reuso de las fresas en su desgaste y no en su efecto sobre la rugosidad de las piezas dentales. El estudio de Lise et al (2014) solo evaluó la fuerza de adhesión de un adhesivo de grabado total a la dentina preparada con fresas de diamante reutilizadas, mientras que Von Fraunhofer et al (2005) evaluaron el efecto del uso múltiple de las fresas sobre la microfiltración después de restaurar el diente.

De lo anterior se deduce que es poco lo que se conoce sobre el efecto en la rugosidad de la superficie dental y la fuerza de unión de los adhesivos dentales de autograbado cuando las fresas de diamante se utilizan múltiples veces, así como la cantidad de usos necesarios para que ese efecto ocurra. Además, la reutilización de las fresas de diamante es una práctica común en la actividad odontológica (Li et al 2012, John et al 2014, Lise et al 2014) y la mayoría de los fabricantes no indican la durabilidad de la fresa, por lo tanto, la decisión de dejarlas de utilizar y desecharlas es subjetiva; esta falta de criterios técnicos y científicos para determinar la vida útil de la fresa puede afectar el éxito de los procesos restaurativos de las piezas dentales.

La problemática conjunta antes planteada motivó y justificó la realización de esta investigación enfocada en evaluar el efecto de múltiples usos de fresas de diamante en la rugosidad de la estructura dental y la fuerza de adhesión de los adhesivos a la dentina en piezas dentales humanas extraídas.

CAPÍTULO 3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Pregunta de investigación

¿Cuál es el efecto de múltiples usos de fresas de diamante sobre la rugosidad y fuerza de adhesión en dentina de piezas dentales humanas extraídas?

3.2 Objetivos del estudio

3.2.1 Objetivo general

Evaluar la rugosidad y fuerza de adhesión en dentina de piezas dentales preparadas con fresas de diamante usadas múltiples veces.

3.2.2 Objetivos específicos

1. Correlacionar la morfología microscópica de las fresas de diamante y las alteraciones que sufren después de múltiples usos.
2. Comparar la rugosidad de la superficie dental preparada con fresas de diamante nuevas o utilizadas múltiples veces.
3. Evaluar el impacto de múltiples usos de fresas de diamante sobre la fuerza de adhesión a dentina mediante el uso de un sistema adhesivo de autograbado.

3.3 Hipótesis

3.3.1 Hipótesis nula

No hay relación entre la cantidad de veces que se utilice una fresa de diamante y la rugosidad y fuerza de adhesión de la superficie dental.

3.3.2 Hipótesis alterna

Entre más veces se reutilice una fresa de diamante, menor será la rugosidad de la superficie dental y mayor fuerza de adhesión a la dentina de los adhesivos.

3.4 Variable independiente

Cuadro 1. Definición conceptual y operacional de la variable independiente

Nombre de la variable	Definición conceptual	Definición operacional
Número de usos de fresas de diamante	Un uso se define como una preparación para una corona completa con un hombro tipo chamfer de 1.5 mm de grosor.	Se realiza una preparación para corona completa con un hombro tipo chamfer de 1.5 mm de grosor, utilizando una pieza de mano de alta velocidad (350.000 rpm).

3.5 Variables dependientes

En el cuadro 2 se presentan las variables dependientes, así como su definición conceptual y operacional.

Cuadro 2. Definición conceptual y operacional de las variables dependientes

Nombre de la variable	Definición conceptual	Definición operacional
Rugosidad de la superficie dentinaria preparada	Variaciones en la superficie del diente que le confieren cierto grado de aspereza.	Perfilometría lineal. Se utiliza una punta de diamante para detectar variaciones superficiales mínimas en la topografía de la superficie mediante el lápiz óptico. Esto produce una señal que se amplifica y almacena para su manipulación, visualización y análisis.
Fuerza de adhesión entre superficie dentinaria preparada y la resina compuesta	La fuerza requerida para romper un ensamblaje unido con una falla que ocurre en o cerca de la interfase adhesivo / adherente.	Prueba de cizalla. Dos materiales se conectan a través de un agente adhesivo y se cargan en forma de cizalla hasta que se produce la fractura.
Desgaste de la superficie de la fresa de diamante	Variaciones en la morfología superficial de la fresa dental	MEB (Microscopía Electrónica de Barrido). Un haz de electrones se enfoca en un volumen puntual de la muestra, lo que resulta en la transferencia de energía y provoca el desalojo de electrones de la muestra, los cuales son atraídos y recogidos por un detector con polarización positiva, y luego traducidos en una señal.

3.6 Diseño del estudio

Esta investigación se clasifica como un estudio experimental In Vitro.

3.7 Lugares donde se desarrolla la investigación

El estudio se realizó en tres sitios:

- a) Los laboratorios y clínica odontológica de la sección de Posgrados en Odontología de la Universidad de Costa Rica.
- b) El Centro de Investigación en Ciencias e Ingeniería de Materiales (CICIMA), Universidad de Costa Rica.
- c) El Laboratorio Nacional de Nanotecnología (LANOTEC), Centro Nacional de Alta Tecnología, San José, Costa Rica.
- d) Centro de Investigación en Estructuras Microscópicas (CIEMIC), Universidad de Costa Rica.

CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA

4.1 Estudio piloto

Previo a la realización del estudio experimental In Vitro, se realizó un estudio piloto para el cual se recolectaron 24 terceras molares maxilares y mandibulares humanas, extraídas sanas. Las piezas dentales se lavaron con agua, se eliminaron los restos fisiológicos con una cureta periodontal y fueron almacenadas en recipientes de vidrio en suero fisiológico a temperatura ambiente.

De las 24 piezas dentales antes indicadas, se seleccionaron ocho, las cuales se embebieron en bloques de acrílico hasta la unión amelo-cemento para facilitar su manipulación. Sobre esas ocho piezas dentales, se realizaron preparaciones para corona, con un ancho de hombro tipo chamfer de 1.5 mm, utilizando fresas de diamante de la marca comercial Komet Brasseler® (referencia 881 314 014). Se utilizaron dos especímenes para cada número de usos que haya tenido las fresas de diamante: 0, 2, 5 y 10 usos.

Los dieciséis molares restantes se utilizaron para realizar preparaciones de corona y así cumplir con el número de usos deseado en cada espécimen (piezas dentales que se seleccionaron para realizar finalmente las pruebas de rugosidad y adhesión), las cuales fueron posteriormente descartadas, siguiendo los protocolos de manejo de desechos biológicos.

Tanto la fresa de preparación dental como los ocho especímenes seleccionados se analizaron utilizando microscopía electrónica de barrido (JEOL Ltd, Tokyo, Japan). Las fresas de diamante se evaluaron en tres sitios (la punta, el cuerpo de la fresa y el borde de corte) con un aumento de 70x, 350x y 1200x. La superficie dental se evaluó a 100x, 500x, 2000x y 4000x de aumentos. Se describieron los cambios morfológicos

que se presentaron en la superficie dental y en la fresa de diamante, posterior a las preparaciones dentales.

La metodología descrita se puede observar de forma gráfica en la figura 1.

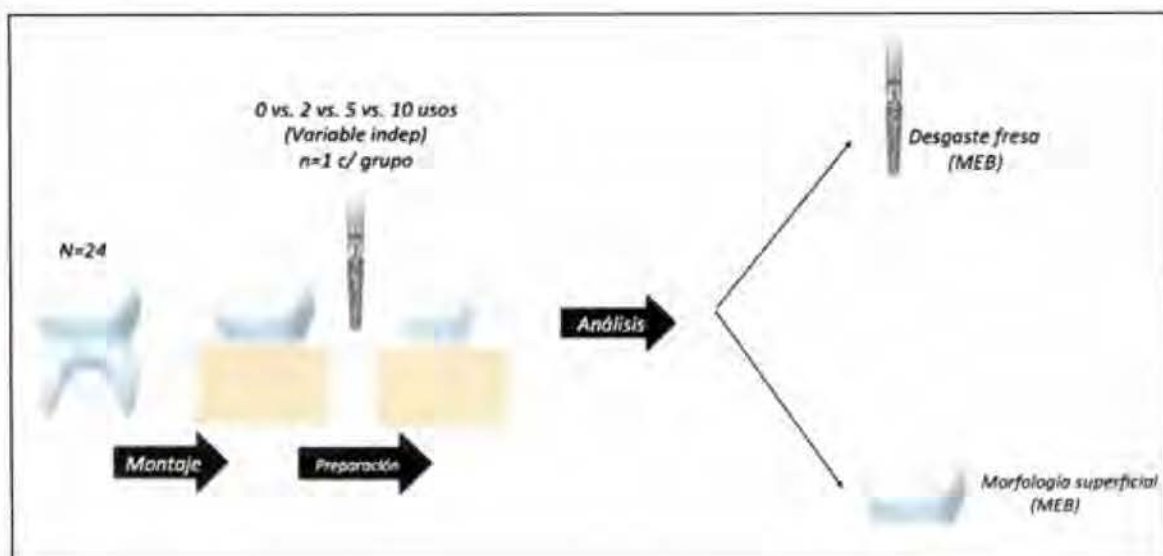


Figura 1. Esquema de la metodología del estudio piloto

Con base en el estudio piloto, se realizó una modificación para la investigación definitiva, consistente en: utilizar un mismo espécimen para realizar todos los grupos o tratamientos (0 , 2 , 5 y 10 usos) en lugar de realizar un solo tratamiento en cada espécimen. Además, se realizó la perfilometría y prueba de adhesión a cada espécimen, lo cual no había sido incluido en la prueba piloto.

4.2 Selección de la muestra

En el estudio se recolectaron 160 terceras molares maxilares y mandibulares humanas, permanentes, sanas, donadas de manera anónima por clínicas privadas, sin tener conocimiento de los motivos para la extracción de estas.

Las piezas dentales se lavaron y se eliminó restos fisiológicos adheridos a las mismas, utilizando curetas, sin dañar la estructura de las piezas. Se almacenaron en solución salina a temperatura ambiente.

4.3 Metodología de preparación de los especímenes

En la primera parte de la figura 2 se presenta un esquema de la metodología utilizada para la preparación de los especímenes, la cual se detalla a continuación.

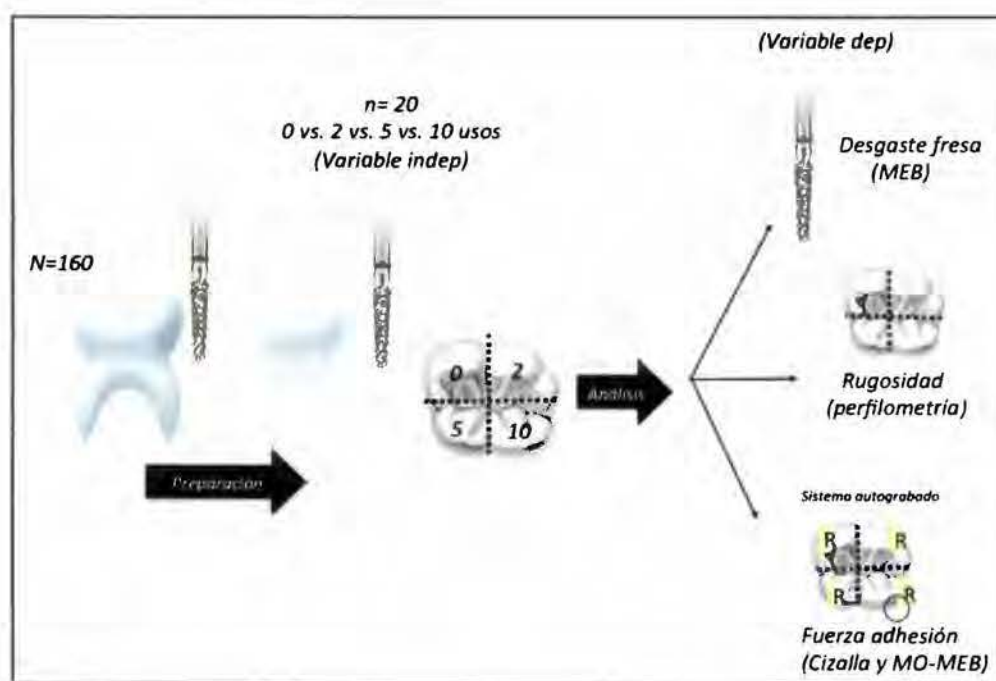



Figura 2. Esquema de la metodología del estudio.

Se seleccionaron 20 especímenes, sobre los cuales se realizaron las pruebas de adhesión y rugosidad. La superficie coronal de cada uno de estos especímenes se dividió en cuatro segmentos, según el número de usos de la fresa de diamante: 0, 2, 5 y 10 usos. Las molares restantes se utilizaron para realizar las preparaciones, en donde una preparación para corona, con un hombro de 1.5 mm de grosor, se tomó como un uso.

Se utilizó una pieza de alta velocidad (Kavo Unik 2010 103257) con dos entradas de agua y aire, una sola vía de irrigación y una rotación de 350.000 rpm. Las fresas de diamante que se utilizaron fueron de la marca comercial Komet Brasseler® (referencia 881 314 014), las cuales tienen una forma paralela de extremo redondeado y están indicadas para crear preparaciones en forma de chamfer y que según el fabricante (Komet Brasseler®) se pueden utilizar hasta 25 veces. Las fresas se fijan a la pieza de alta velocidad por medio de un agarre por fricción de 19 mm. El diámetro del instrumento rotatorio, definido como la parte más ancha de la superficie de corte, según las normas ISO es de 0141/10 mm. La longitud de corte es de 8 mm y el tamaño del grano se clasifica como medio (100 µm). Las especificaciones de las fresas se pueden observar en la figura 3.



881




Head Size (\varnothing mm)	010	012	014	016
Cutting Length (mm)	8.0	8.0	8.0	8.0
Friction Grip				
31 - FG (19 mm)				
 Coarse	-	6881	6881	-
 Medium	881*	881	881	881
 Fine	-	8881	8881	-

Figura 3. Especificaciones del fabricante sobre la fresa de preparación dental utilizada en el estudio.

Las preparaciones para coronas sobre los especímenes fueron realizadas por un único operador, durante diferentes días, y se realizaron de la siguiente manera:

- *Fresa nueva*: se realizó la preparación sobre un cuarto de la superficie coronal de los especímenes seleccionados, utilizando una fresa nueva.
- *Fresa 2 usos*: se realizó la preparación sobre un cuarto de la superficie coronal de los especímenes seleccionados, habiendo preparado previamente una pieza a contorno completo.
- *Fresa 5 usos*: se realizó la preparación sobre un cuarto de la superficie coronal de los especímenes seleccionados, habiendo preparado previamente cuatro piezas a contorno completo.
- *Fresa 10 usos*: se realizó la preparación sobre un cuarto de la superficie coronal de los especímenes seleccionados, habiendo preparado previamente nueve piezas a contorno completo.

Cada fresa de diamante, después de cada uso se limpió mecánicamente con un cepillo dental y lavado manual en agua para eliminar residuos y posteriormente se colocó en un dispositivo ultrasónico (Magnasonic, MGUC500, Canada) por cinco minutos para completar su limpieza y quedar lista para ser reutilizada.

Una vez preparadas las muestras, se almacenaron en solución salina a temperatura ambiente, hasta realizar las pruebas consecutivas.

Adicional a los 20 especímenes utilizados para el estudio, se realizaron preparaciones en terceras molares hasta 2 y 5 usos, para que posteriormente, junto con una fresa nueva y una utilizada 10 veces, se pudieran analizar los cambios morfológicos presentados en estos instrumentos, posterior a su uso.

4.4 Análisis de rugosidad de la superficie dental

Las superficies dentales preparadas, según el número de usos en cada espécimen, se analizaron con un perfilómetro de contacto (Bruker Dektak XT, USA). La punta de la aguja utilizada fue de 2 μm de radio. El eje de barrido se tomó con una fuerza aplicada de 7 mg y la resolución se ajustó a 0.033 $\mu\text{m}/\text{punto}$ (que corresponde a una velocidad de punta de aguja de 10 $\mu\text{m}/\text{s}$ que cubre un área total de 500 x 500 μm^2). La imagen se construyó uniendo 500 escaneos con una separación de 1 μm . Los valores de rugosidad se evaluaron usando toda el área medida y se determinó la rugosidad promedio (R_a). Para este análisis se tuvo un total de 80 observaciones (cuatro grupos experimentales x 20 repeticiones); además, en cada espécimen se realizaron tres observaciones que se promediaron para obtener un solo dato o registro.

Además, se realizó un análisis tridimensional descriptivo de la rugosidad superficial en las cuatro superficies de uno de los especímenes, elegido al azar y según el número de usos de la fresa, mediante perfilometría lineal.

4.5 Prueba de adhesión

La prueba de adhesión se realizó únicamente sobre los especímenes en los que se habían utilizado fresas de diamante de 0 usos ($n=15$) y 10 usos ($n=15$), para un total de 30 observaciones o registros. Los materiales utilizados para la prueba se presentan en el cuadro 3.

Cuadro 3. Especificaciones de los materiales usados en la prueba de adhesión.

Material	Fabricante y no. de lote	Composición
Tetric® N-Bond Universal	Ivoclar Vivadent, X20123	Metacrilatos, etanol, agua, dióxido de silicio altamente disperso, iniciadores y estabilizadores.
Tetric® N-Ceram Bulk Fill	Ivoclar Vivadent, X37881	Dimetacrilatos (19 a 20% en peso). Los rellenos inorgánicos (75-77% en peso) que consisten en vidrio de bario, prepolímero, trifluoruro de iterbio y óxido mixto. Los aditivos, iniciadores, estabilizadores y pigmentos son componentes adicionales (< 1% en peso)

En cada cuarto de la superficie oclusal de los especímenes se colocó un dispositivo plástico (Ultradent Products, Inc., South Jordan, UT, USA, Part #34228) (Figura 4) el cual tiene un orificio de 2 mm de diámetro y 2 mm de altura y es fijado por medio de un dispositivo de unión (Ultradent Products, Inc., South Jordan, UT, USA, Part #34224) (Figura 5), para delimitar el área de adhesión, tal como lo recomienda la ISO 29022.

Una vez delimitada el área de adhesión, la superficie dentinaria de cada espécimen se acondicionó aplicando el adhesivo de autograbado (Tetric® N-Bond Universal, Ivoclar Vivadent), utilizando un aplicador descartable y frotándolo durante 20 segundos, se sopló el exceso de material y se fotopolimerizó el material durante 10 segundos (Bluephase N, Ivoclar Vivadent). Posteriormente se aplicó una capa de resina compuesta (Tetric® N-Ceram, Ivoclar Vivadent) de 2 mm de grosor y se fotopolimerizó durante 10 segundos con el programa High Power de la lámpara de fotocurado Bluephase N (Ivoclar Vivadent).



Figura 4. Dispositivo plástico colocado en cada cuarto de la superficie oclusal de los especímenes, como lo recomienda la ISO 29022.



Figura 5. Dispositivo de unión utilizado para delimitar el área de adhesión, como lo recomienda la ISO 29022.

Los especímenes con el sistema adhesivo y la resina compuesta se almacenaron durante 2 días en agua y posteriormente, se ajustaron las muestras sobre un aditamento metálico (Figura 6) y se colocó en una máquina de prueba universal (Tinius Olsen H10K-S), para la evaluación de la fuerza de adhesión. Esta prueba de cizallamiento se realizó a temperatura ambiente, aplicando una carga constante a una velocidad de 1mm/min hasta fallo.

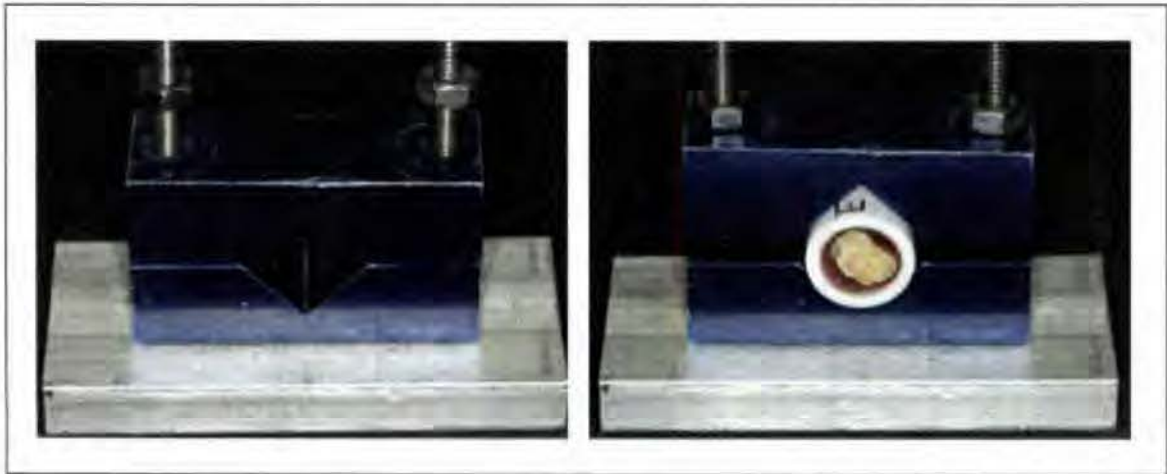


Figura 6. Aditamento metálico utilizado para ajustar los especímenes para la prueba de adhesión

4.6 Evaluación de fresas y superficie dental con microscopía electrónica de barrido

Se usó microscopía electrónica de barrido (MEB) (JEOL Ltd, Tokyo, Japan) para describir las fresas en dos sitios (la punta y el cuerpo de la fresa) a 70x, 350x y 1000x aumentos. Las deformaciones de la superficie de la fresa se describieron de la siguiente forma: a) sin defectos en presencia de bordes de corte/punta afilados y superficies lisas; b) defectos menores cuando se observaron bordes de corte/punta irregulares y áreas aisladas de rugosidad de la superficie; c) defectos moderados cuando se detectaron puntas/cortes redondeados o aplanados bordes y rugosidad

continua de las superficies, y d) defectos importantes cuando se observó una pérdida de masa evidente en los bordes de corte/punta y superficies gruesas irregulares.

Además, posterior a las pruebas de adhesión, tres investigadores calibrados observaron las superficies dentinarias descementadas, utilizando un microscopio digital (Jiusion Digital Microscope, PCE Americas Inc. Fl., USA) y se clasificó el modo de fallo de la siguiente forma: a) fallo adhesivo cuando se encontraba en la interfase resina/diente; b) fallo cohesivo en resina si ocurría en el material resinoso; c) fallo cohesivo en dentina, si ocurría en superficie dentinaria y d) fallo mixto, si era tanto adhesivo como cohesivo.

Posteriormente, una muestra de los tipos de fallo más prevalentes se seccionó a nivel de la unión amelo-cemento, se montaron sobre una base de 51 mm de diámetro y se colocaron en un revestidor iónico (EMS 550X Sputter Coater, Electron Microscopy Sciences, USA) para realizar el recubrimiento con partículas de oro de 40 μm . Posteriormente se analizaron en un microscopio electrónico de barrido (S-3700N Scanning Electron Microscope, Hitachi) para describir las superficies descementadas a 27x de aumento.

4.7 Análisis de los datos y procedimientos estadísticos

4.7.1 Variable rugosidad de la estructura dental

Para el análisis de rugosidad se tuvo un total de cuatro grupos o tratamientos (0, 2, 5 y 10 usos de la fresa de diamante) y 20 repeticiones para un total de 80 registros. Además, cada espécimen dental fue medido tres veces en diferentes zonas; estas mediciones fueron promediadas, obteniendo un valor resultante para cada diente.

El análisis del tipo de distribución de los datos correspondientes a la variable rugosidad mostró una distribución diferente a la normal, según la prueba de Shapiro-Wilks ($W=0.97$, $p=0.03$), por lo que se utilizó análisis estadístico no paramétrico. Además, las varianzas de los grupos de datos fueron heterogéneas, según la prueba de Levene ($p= 0.042$).

Se utilizó la prueba Kruskal-Wallis (Chi-cuadrado=16, $gl=3$, $p=0.0009$) con análisis post hoc de Siegel y Castellan para analizar si había diferencias estadísticas entre grupos.

Así mismo, se realizó un análisis tridimensional de la rugosidad superficial, según el número de usos de la fresa dental para un espécimen seleccionado al azar. Los resultados se presentan como imágenes que muestran una escala de colores de la distribución y magnitud de la rugosidad.

4.7.2 Variable adhesión estructura dental - resina

Para el análisis de adhesión se tuvo un total de dos grupos o tratamientos (0 y 10 usos de la fresa de diamante) y 15 repeticiones para un total de 30 registros.

Los datos de adhesión también presentaron una distribución diferente de la normal, según la prueba de Shapiro-Wilk ($W= 0.897$, $p= 0.007$), por lo tanto, se utilizó análisis no paramétrico. La prueba de homogeneidad de las varianzas, realizada mediante el test de Levene dio no significativa ($p= 0.88$).

Se utilizó la prueba de suma de rangos de Wilcoxon ($W= 66$, $p= 0.056$) para evaluar si había diferencias estadísticas significativas en adhesión entre los dos grupos experimentales (0 usos y 10 usos de las fresas de diamante).

Para el análisis del modo de fallo en la adhesión se elaboró un cuadro con información cuantitativa sobre el número de especímenes y el porcentaje correspondiente que debió a fallo adhesivo, fallo cohesivo en dentina, fallo cohesivo en resina o fallo mixto (cohesivo en dentina y cohesivo en resina).

4.7.3 Evaluación de fresas con microscopía electrónica de barrido

Las imágenes de microscopía de las fresas se obtuvieron para 70, 350 y 1000 magnificaciones. Estas fueron descritas cualitativamente, indicando tanto para la punta de la fresa como para el cuerpo, y según el número de usos, las principales características morfológicas.

CAPÍTULO 5. RESULTADOS

5.1 Evaluación de fresas con Microscopía Electrónica de Barrido (MEB)

Los resultados de la evaluación de las fresas después de su uso sobre la estructura dental mediante MEB se presentan en las figuras 7 y 8, correspondientes a la punta y el cuerpo de la fresa, respectivamente.

El análisis mostró que las fresas nuevas presentaron granos de diamante sin defectos en los bordes de corte, los cuales se observaron afilados, tanto en el cuerpo como en la punta del instrumento. Todas las fresas sufrieron algún tipo de deformación luego de ser utilizadas. En el caso de las fresas usadas dos veces, los defectos fueron clasificados como menores, con los granos de diamante con un desgaste leve y bordes de corte irregulares. Las fresas usadas cinco veces presentaron granos de diamante redondeados y aplanados, sin un borde de corte propiamente dicho. En el caso de las fresas utilizadas 10 veces, la pérdida de masa fue evidente, dando como resultado la presencia de zonas con socavados, por la ausencia de los granos de diamante, y si persistían, estos se encontraban muy desgastados, con una altura casi a nivel del cuerpo de la fresa.

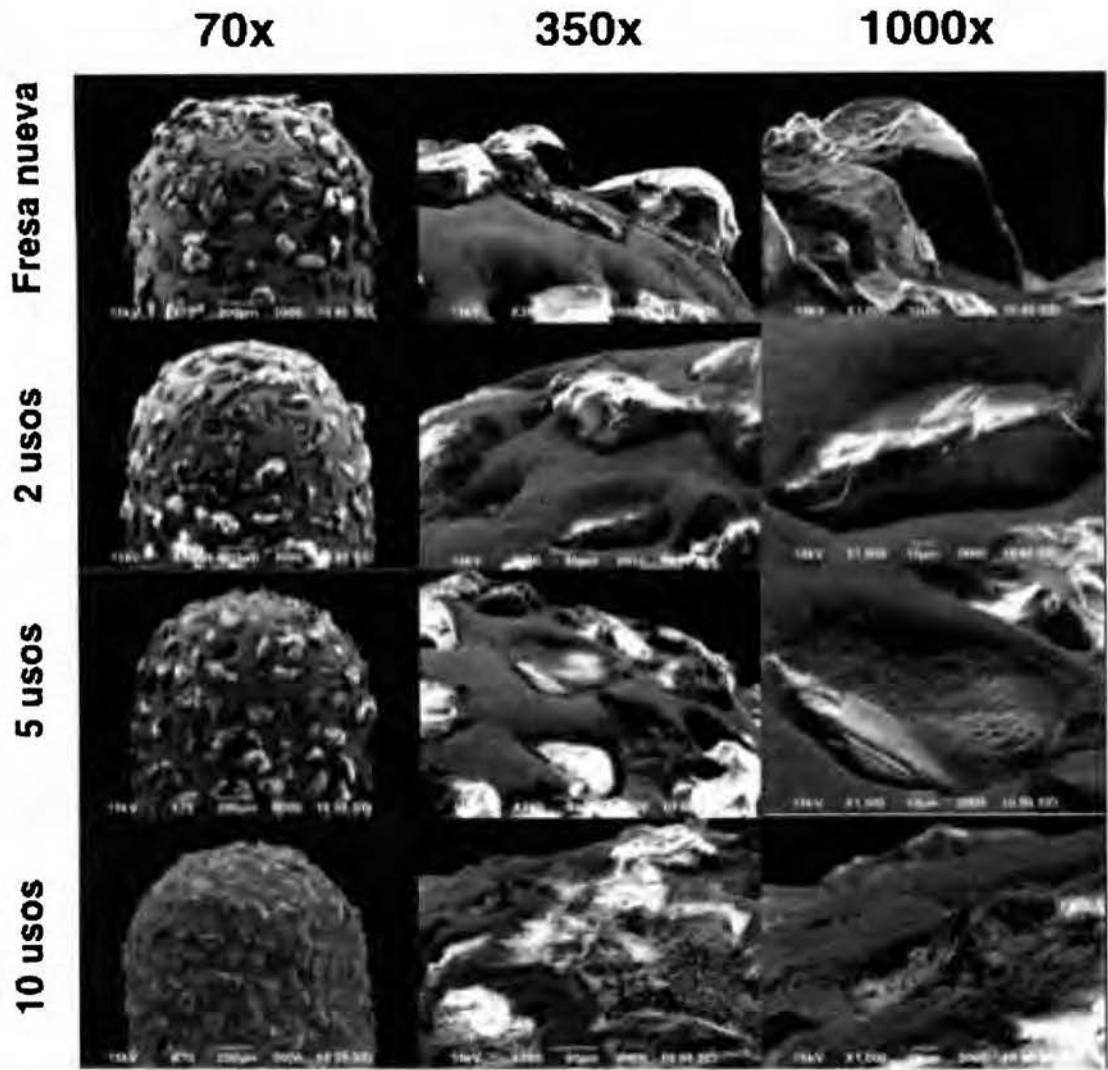


Figura 7. Morfología de la punta de la fresa dental según el número de usos a diferentes magnificaciones.

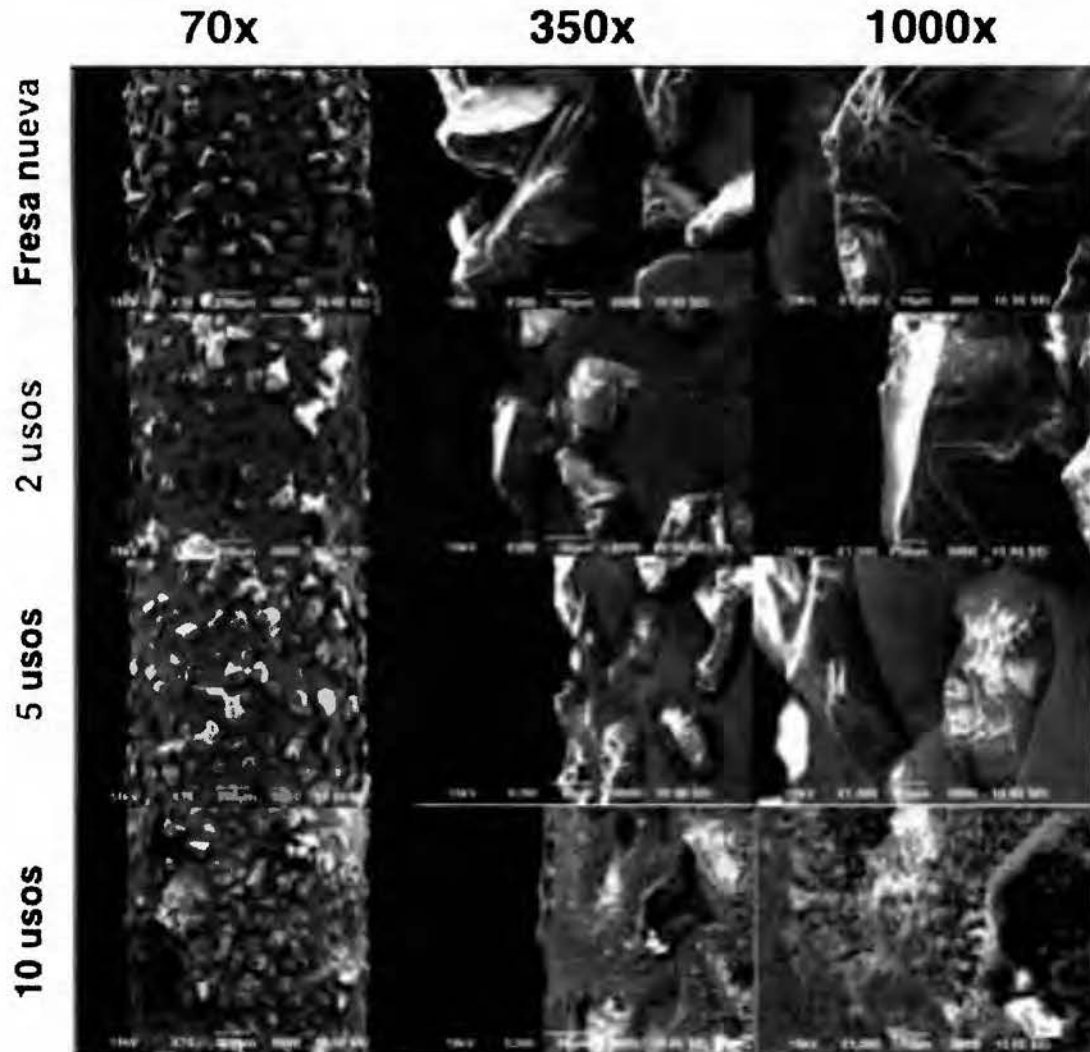


Figura 8. Morfología del cuerpo de la fresa dental según el número de usos a diferentes magnificaciones.

5.2 Análisis de rugosidad de la superficie dental

Los resultados obtenidos para rugosidad de la superficie dental según el número de usos de la fresa dental se pueden observar en la figura 9. Existe una clara tendencia a disminuir la rugosidad conforme aumenta el número de usos de las fresas, aunque solo hubo diferencias estadísticamente significativas, según la prueba Kruskal-Wallis, entre 0 y 10 usos y entre 2 y 10 usos ($p < 0.05$).

Para 0 usos de la fresa (nueva), el valor de la mediana fue de $6.01 \mu\text{m}$, para 2 usos: $5.42 \mu\text{m}$, para 5 usos: $5.02 \mu\text{m}$ y para 10 usos: $4.72 \mu\text{m}$. Los valores de rugosidad promedio fueron bastante similares a la mediana: $6.06, 5.58, 5.16$ y $4.74 \mu\text{m}$, para 0, 2, 5 y 10 usos de la fresa, respectivamente. La desviación estándar de los datos fue: $1.16, 0.96, 1.09$ y 0.58 , para 0, 2, 5 y 10 usos de la fresa, respectivamente. Los valores mínimos y máximos fueron: 4.43 y 8.53 para 0 usos, 3.57 y 7.33 para 2 usos, 3.50 y 8.07 para 5 usos y 3.77 y 5.87 para 10 usos de la fresa de diamante.

Para 0 usos previos de la fresa (nueva), los datos son más dispersos entre el cuartil 1 y la mediana y entre el cuartil 3 y el valor máximo. Para los grupos dos y cinco usos de la fresa ambos comparten que el 50% los datos son más dispersos entre la mediana y el cuartil tres, pero difieren en que hubo mayor dispersión de estos entre el cuartil 1 y el valor mínimo para el grupo de dos usos y entre el cuartil tres y el valor máximo para el grupo de cinco usos de la fresa. Finalmente, para el grupo de 10 usos de la fresa, los datos están distribuidos de manera más homogénea entre el valor mínimo y el cuartil 1, la mediana y el cuartil 1, la mediana y el cuartil 3 y entre el valor máximo y el cuartil 3.

Además, en la figura 10 se muestra un análisis tridimensional de la rugosidad superficial, según el número de usos de la fresa dental para un espécimen seleccionado al azar. La visualización y acercamiento de las imágenes muestran una

tendencia clara en la rugosidad de la superficie, la cual disminuyó conforme aumenta el número de usos de las fresas. La superficie dental preparada con la fresa nueva (0 usos) alcanzó una rugosidad hasta de $46.2 \mu\text{m}$; la preparada con fresa de un uso, hasta $32.2 \mu\text{m}$, la preparada con fresa de cinco usos, hasta $25.9 \mu\text{m}$ y la preparada con fresa de diez usos, hasta $25.4 \mu\text{m}$.

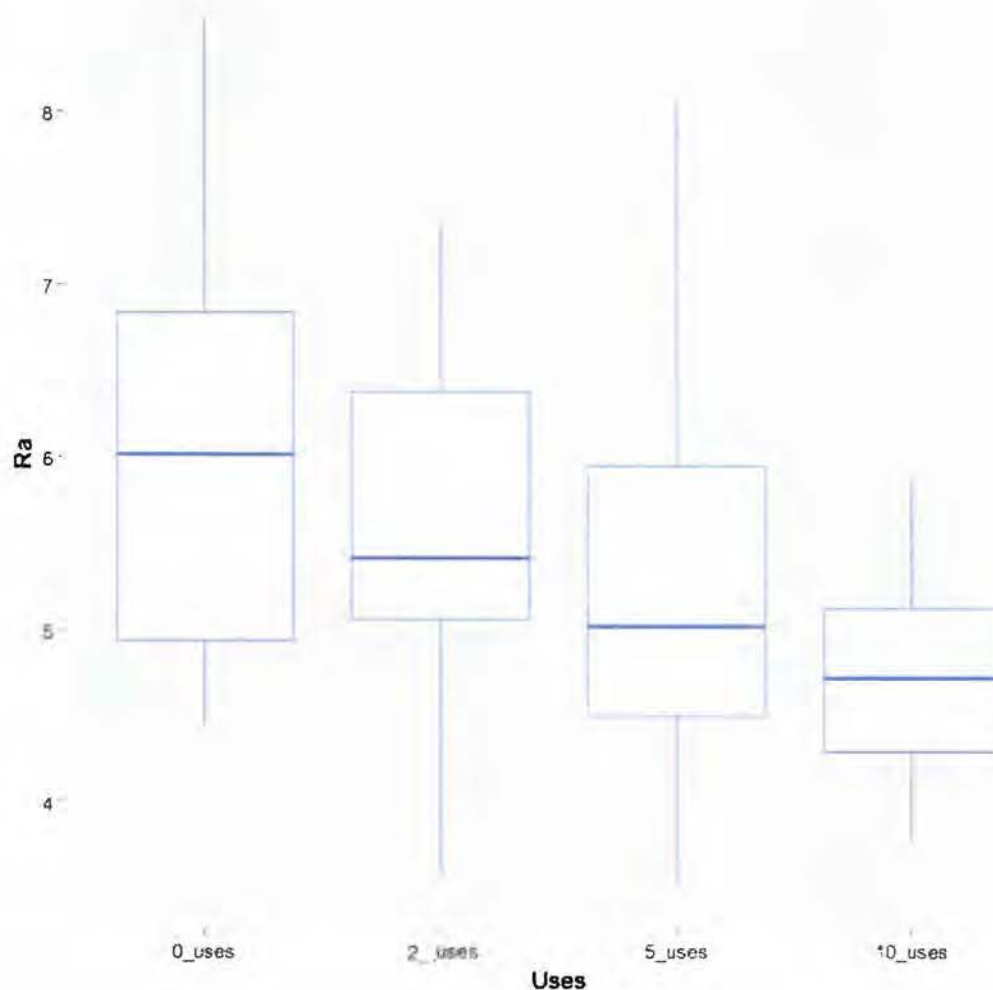


Figura 9. Resultados de la rugosidad de la superficie dental (μm), según el número de usos de la fresa de diamante.

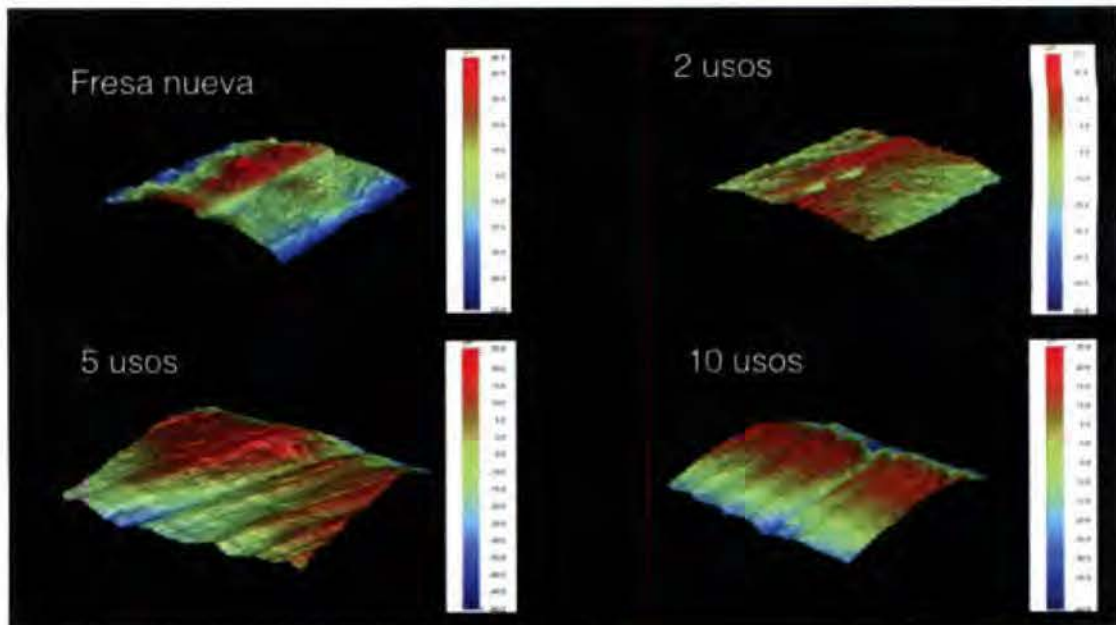


Figura 10. Análisis tridimensional de la rugosidad superficial según el número de usos de la fresa dental.

5.3 Prueba de adhesión

En el cuadro 4 se muestran los datos correspondientes a los promedios de fuerza de adhesión obtenidos por medio de la prueba de cizalla para 0 usos y 10 usos de la fresa de diamante. Aunque no hubo diferencias estadísticas entre ambos grupos de número de usos de las fresas, se observa una clara tendencia de aumento de la fuerza de adhesión conforme aumentó el número de usos de la fresa, sin embargo, la dispersión de los datos es muy alta (coeficiente de variación de 49% para 0 usos y 33% para 10 usos).

Cuadro 4. Fuerza de adhesión de los especímenes preparados con fresas de 0 y 10 usos.

Número de usos de la fresa dental	Fuerza de adhesión (MPa)
0 usos	16.28 ± 8.08 (15) ^a
10 usos	20.34 ± 6.67 (15) ^a

* Valores son los promedios ± desviación estándar. Se incluye el número de especímenes probados en paréntesis. Superíndices iguales indican que no hay diferencia estadísticamente significativa entre grupos.

5.4 Evaluación del modo de fallo en la adhesión en los especímenes

Los resultados de la evaluación de la parte del complejo estructura dental – resina donde se dio el fallo en la adhesión, se presentan en el cuadro 5. Se observa que, para cero usos de la fresa, la mayoría de los fallos fueron de tipo adhesivo (53.3%, ver, por ejemplo, figura 11a y 12a), seguido de mixtos, mientras que al usar la fresa 10 veces, los fallos más frecuentes fueron de tipo mixto (60%, ver, por ejemplo, figura 11b y 12b), seguido del tipo adhesivo.

Cuadro 5. Prevalencia del modo de fallo en la adhesión entre grupos experimentales de número de usos de las fresas.

Grupo experimental		Modo de fallo			
		Adhesivo	Cohesivo en dentina	Cohesivo en resina	Mixto
0 usos de la fresa	Número de especímenes	8	1	0	6
	Porcentaje (%)	53.3	6.7	0	40
10 usos de la fresa	Número de especímenes	6	0	0	9
	Porcentaje (%)	40	0	0	60

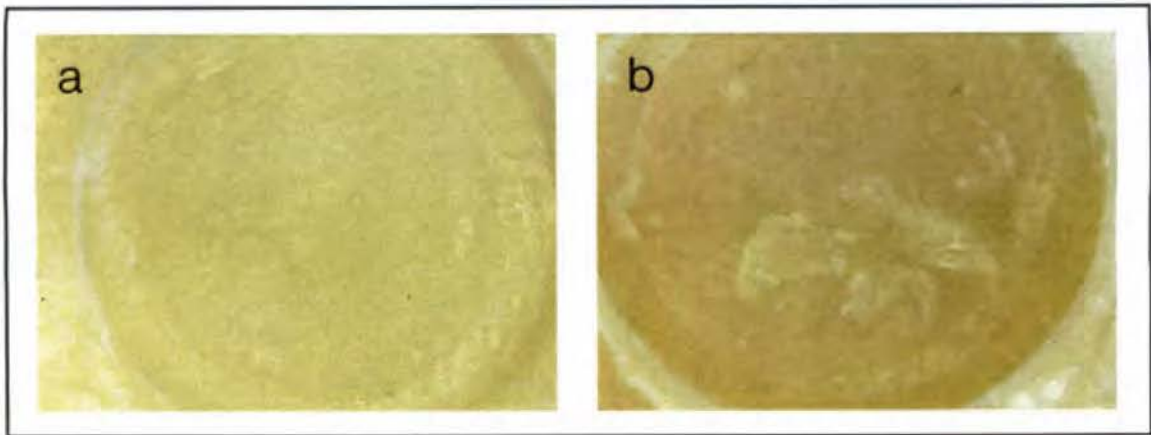


Figura 11. Ilustración de los fallos en la adhesión observados en microscopio digital:
a) tipo adhesivo; b) tipo mixto (adhesivo y cohesivo)

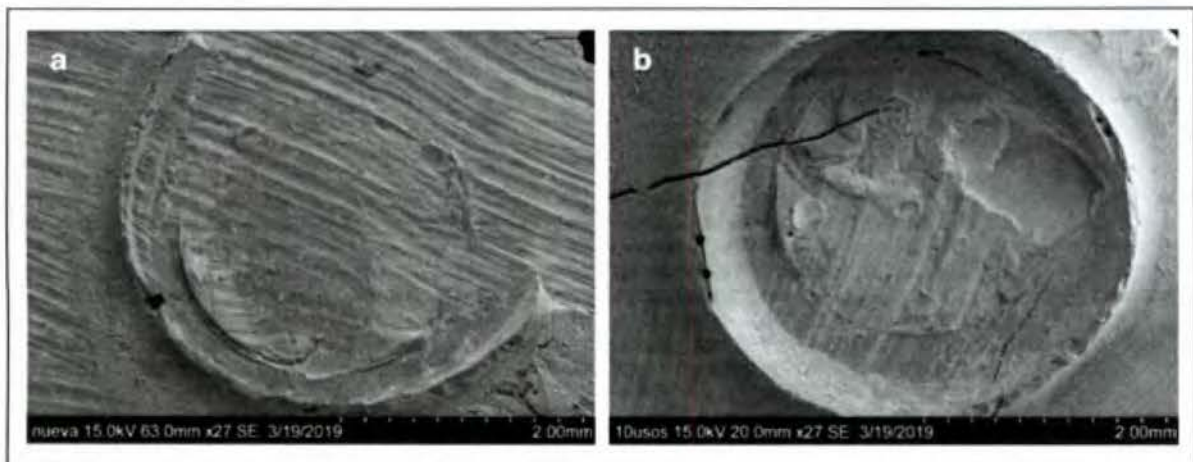


Figura 12. Ilustración de los fallos en la adhesión observados en microscopía electrónica de barrido: a) tipo adhesivo; b) tipo mixto (adhesivo y cohesivo)

CAPÍTULO 6. DISCUSIÓN

6.1 Sobre el uso de fresas de diamante

Aunque existen diferentes tipos de fresas dentales de uso frecuente en la práctica odontológica, en este estudio se utilizaron fresas de diamante de tamaño medio, ya que según Salz y Bock (2010), son las más recomendadas para la reducción dental. Además, Siegel y Von Fraunhofer (1998) afirman que es el principal instrumento dental para odontología restaurativa, ya que presentan características deseables como mayor resistencia a la abrasión y al desgaste, menor generación de calor durante el uso y una vida útil más larga. Sin embargo, también se debe indicar que las fresas de diamante tienen limitaciones como reducción de la efectividad del corte causado por desgaste debido a un uso reiterado, esterilización repetida y heterogeneidad de la forma de las partículas de diamante (Siegel y Von Fraunhofer 1998; Borges et al, 1999). La utilización de las fresas de diamante en este estudio fue adecuada para los objetivos de este y su comportamiento en la práctica correspondió, en general, con las características deseables mencionadas en la literatura.

6.2 Sobre los procedimientos metodológicos utilizados

Inicialmente se realizó un estudio piloto con el fin de probar los diferentes métodos que se utilizarían en el estudio *in vitro* definitivo. La metodología incluyó la utilización de piezas dentales naturales sanas, las cuales presentan una variabilidad biológica *per se*, debido a que fueron obtenidas de diferentes donadores anónimos, sin conocer el motivo de su extracción, lo que podría ser la principal fuente de variabilidad y dispersión en los datos de ambas variables (rugosidad y adhesión). Dentro de la metodología se implementó la práctica novedosa de utilizar un mismo sustrato (dentina) de una pieza dental para aplicar los cuatro tratamientos, lo cual no se había

realizado en ningún estudio previo y que tenía el objetivo de intentar eliminar o al menos reducir la variabilidad propia de cada estructura dental.

Las preparaciones sobre las piezas dentales fueron realizadas por un único operador, de forma manual, durante diferentes días y manteniendo la reducción estipulada de 1.5 mm de grosor de hombro alrededor del diente que fue considerado como un uso clínico. La definición de "un uso" de la fresa dental ha sido variable en los estudios previos. Emir et al (2018) definieron un "corte" como un surco que se realizó utilizando una fresa guiada con un dispositivo de fresado modificado bajo una presión constante de 100 g / 10 s. Por su parte, en el estudio de Gélvez y Veloza (2017), un uso fue definido como un corte de 0.16 mm en la corona de un diente.

En el estudio no se utilizó ningún aditamento mecánico para realizar y estandarizar las preparaciones, lo que pudo haber influido parcialmente en la variabilidad de los resultados obtenidos. Se sugiere para futuras investigaciones utilizar un dispositivo personalizado que permita controlar las variables relacionadas a la preparación, así como aumentar el número de repeticiones con el fin de reducir la variabilidad y aumentar los grados de libertad en el modelo estadístico.

6.3 Sobre la evaluación de fresas después de su uso mediante MEB

Los resultados del estudio muestran que la morfología de las fresas dentales cambia conforme el número de usos de estas, existiendo una tendencia a desgaste, pérdida de masa y presencia de socavados por la disminución de los granos de diamante. Todas las fresas sufrieron desgaste y deformación luego de ser utilizadas. Estos resultados se pueden explicar porque en el proceso de desgaste progresivo de la superficie dental, las fresas también sufren desgaste (Alvarado 2016).

Von Fraunhofer et al (2005) también mencionan que las imágenes de microscopio electrónico mostraron el desgaste del diamante y la acumulación de escombros en las preparaciones, luego de reusar fresas por más de tres veces. Lo anterior es comparable con las imágenes obtenidas en el presente estudio para dos y cinco usos, en donde los granos de diamante se observaron desgastados y hubo pérdida de los bordes de corte. Nakamura et al (2015) mencionan que las partículas de diamante incrustadas se separan de la fresa cuando inicia el corte de la estructura dental. En el caso del presente estudio, fue para 10 usos de la fresa dental donde se observó, de forma más significativa, la pérdida de los granos de diamante y, por lo tanto, la presencia de socavados en el cuerpo y punta de la fresa dental (ver, por ejemplo, las figuras 7 y 8).

Varios autores (Sharma et al 2014, Regev et al 2010, John et al 2014) mencionan que los principales mecanismos en los elementos activos que inciden en el desgaste de las fresas de diamante, su deterioro gradual y su eficiencia de corte son el desgaste de los cristales de diamante debido a la abrasión, el desprendimiento total de cristales de diamante de la matriz de la fresa y la obstrucción de los espacios entre cristales por los residuos de trituración del tejido dental. Emir et al (2018) obtuvieron que el valor medio de rugosidad de las fresas de diamante se redujo de 44.83 μm (fresa sin uso) a 22.08 μm después de 10 usos.

6.4 Sobre los resultados de rugosidad de la estructura dental

Los resultados de la investigación mostraron una clara tendencia a disminuir la rugosidad conforme aumenta el número de usos de las fresas, aunque solo hubo diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre 0 y 10 usos y entre 2 y 10 usos. La tendencia de disminución de la rugosidad de la superficie del diente conforme aumenta el número de usos de las fresas también se vio reforzada por el análisis tridimensional de rugosidad superficial realizado en un espécimen seleccionado al

azar. La disminución de rugosidad en la estructura dental se debe, probablemente, al desgaste de las fresas después cada preparación dental. Varios autores (Li et al 2012, Sharma et al 2014) indican que el desgaste de las fresas puede depender del tamaño del grano, del sustrato del diente preparado y de la duración del uso. Las fresas desgastadas son menos eficientes y pueden dar como resultado preparaciones imprecisas. John et al (2014) mencionan que, con una fresa de diamante desgastada, el odontólogo aplica más presión y torque, lo que puede causar la degradación de los instrumentos, lo cual puede reducir la eficiencia de corte.

En la presente investigación, conforme aumentó el número de usos de las fresas de diamante se redujo el tamaño y la capacidad de corte de los granos. Estos resultados podrían compararse con los estudios de McInnes et al (1990) y Saikaew et al (2018) que prepararon superficies dentinarias con distintos tamaños de grano de SiC y al evaluarlas mediante perfilometría, obtuvieron que entre menor es el tamaño del grano, menor fue la rugosidad media obtenida.

En algunos estudios (Gélvez y Veloza 2017; Emir et al 2018) realizados con el objetivo de determinar la frecuencia de cambio de una fresa de diamante después de múltiples usos concluyen que estas deben cambiarse después de cinco preparaciones de dientes como máximo, para garantizar que el desgaste del diente es realizado por los diamantes y no por fricción, para evitar daños en el tejido pulpar, así como en la durabilidad de adhesión de los materiales restaurativos al sustrato. En el presente estudio no hubo diferencias estadísticas entre 0 y 2 usos con respecto a 5 usos, lo que sugiere que se deberían realizar más estudios, probando 6, 7, 8 y 9 usos, para conocer con mayor certeza el momento en que el desgaste de la fresa produce un cambio significativo en la superficie dental.

Una posible explicación a la ausencia de diferencias estadísticas entre 0 y 2, entre 0 y 5, entre 2 y 5 y entre 5 y 10 usos de la fresa (a pesar de la tendencia observada de

disminución de la rugosidad conforme aumenta el número de usos), es el elevado coeficiente de variación de los datos (19%, 17%, 21% y 12%, respectivamente, para 0, 2, 5 y 10 usos de la fresa), aún con el elevado número de repeticiones. Esto indica claramente una alta dispersión de los valores de la variable rugosidad. Incluso, es posible que la ausencia de diferencias significativas entre el grupo de cinco usos de la fresa con los otros grupos se deba a que fue el que tuvo mayor coeficiente de variación (21%).

6.5 Sobre los resultados de evaluación de fuerza de adhesión

Los resultados correspondientes a los promedios de fuerza de adhesión obtenidos por medio de la prueba de cizalla para 0 y 10 usos de la fresa de diamante mostraron que no hubo diferencias estadísticas significativas entre ambos grupos, aunque se observa una tendencia de aumento de la fuerza de adhesión conforme aumentó el número de usos de la fresa, pasando de un promedio de 16.28 MPa con 0 usos, a 20.34 MPa con 10 usos. Posiblemente una de las principales razones por las que no se obtuvo diferencias estadísticamente significativas fue la alta variabilidad y dispersión de los datos (coeficiente de variación de 49% para 0 usos y 33% para 10 usos), la cual pareciera estar asociada, principalmente, a la alta variabilidad biológica de los especímenes dentales. Lise et al (2014) en un estudio para evaluar la fuerza de unión de un sistema adhesivo a la dentina humana preparada con fresas de diamante, también tuvieron una alta variabilidad de los datos, evidenciada en la desviación estándar y dispersión de los valores (coeficientes de variación entre 36 y 40%).

Llama la atención que estos autores (Lise et al 2014) utilizaron solamente cinco repeticiones (molares) por cada grupo de uso las fresas (de 1 hasta 8 usos) y que tuvieron alta variabilidad (desviación estándar) y dispersión (coeficientes de variación) de los datos, sin embargo, estos siguieron una distribución normal, por lo

que utilizaron ANOVA para el análisis de datos y la prueba de Tukey para identificar diferencias entre grupos.

La variabilidad de los datos, tanto en el presente estudio como en el de Lise et al (2014), sugiere que al menos parte de esta, proviene de la existencia de una alta variabilidad biológica en los especímenes dentales, ya que el análisis crítico de los procedimientos metodológicos utilizados indica que estos fueron cuidadosos y apegados a la recomendaciones existentes, a fin de reducir fuentes de variación asociadas al error instrumental y al error humano; por lo tanto, se sugiere que en estudios futuros se preste atención a ese aspecto de la variabilidad biológica de las estructuras dentales, así como considerar la posibilidad de aumentar el número de repeticiones.

Varios autores (Oilo y Jorgensen 1978; Ayad et al 1997) mencionan que la rugosidad de la superficie es un parámetro clínicamente significativo en la retención de las restauraciones, así como en la resistencia adhesiva de la resina (Mowery et al 1987). También Al-Osmari et al (2001) consideran que la topografía de la superficie y la rugosidad del diente son muy importantes en los procesos de adhesión en las restauraciones dentales, mientras que Wahle y Wendt (1993) reportan que la capacidad de la resina compuesta o el agente de cementación para unirse al diente puede ser fuertemente afectado por la topografía de la superficie del esmalte.

Al aumentar el número de usos de las fresas de diamante, los granos de diamante van perdiendo su forma original y capacidad de corte, asumiendo un comportamiento similar a las fresas de pulido o fresas de grano fino o super fino.

Resultados obtenidos en estudios previos (Sevgican et al 2004; Koase et al 2004; Semeraro et al 2006), afirman que los valores de adhesión, utilizando fresas con granos de diamante fino o super fino, fueron mayores, en comparación a usar fresas

de grano regular para los adhesivos de autograbado. En el presente estudio no se pudo establecer una relación estadísticamente significativa entre la disminución de la rugosidad dental, asociada a un uso repetido de las fresas dentales, y el aumento de la fuerza de adhesión en los adhesivos de autograbado.

Según los resultados de Ayad et al (1996) una disminución de la rugosidad ocasiona que disminuya el atrapamiento de aire entre la preparación dental y la restauración, lo que provoca que se cree una interfase adhesiva más estable. Además, la capa de barro dentinario creada con fresas de diamante de grano fino es mucho más delgada que la creada con fresas de grano más grueso, lo cual mejora la permeabilidad dentinaria (Koase et al 2004; Saikaew et al 2018). Al-Omari et al (2001) indican que la humectabilidad de la superficie dental mejora con el uso de fresas de menor tamaño de grano, ya que se reduce el ángulo de contacto superficial.

En uno de los pocos estudios sobre el efecto de múltiples usos de fresas de diamante (hasta ocho usos consecutivos) sobre la fuerza de adhesión dental, Lise et al (2014) obtuvieron como resultado que el uso de fresas de diamante en más de dos preparaciones de dientes (de 3 hasta 8) resultó en fuerza de unión significativamente menor del sistema de adhesión utilizado con respecto a 1 y 2 usos, sin embargo, entre los grupos de reúsos 3, 4, 5, 6, 7 y 8 no hubo diferencias significativas. Esos resultados difieren de la tendencia encontrada en la presente investigación.

De los resultados de Lise et al (2014) se podría inferir que, para tener mejor adhesión con adhesivos de grabado total no se deberían utilizar las fresas de diamante más dos veces. Gélvez y Veloza (2017) indican que las fresas de diamante se deben cambiar después de cinco usos clínicos para garantizar que el desgaste del diente sea realizado por los diamantes y no por fricción, lo que puede afectar la durabilidad de adhesión de los materiales restaurativos al sustrato. También Emir et al (2018) indican que las

fresas se desgastan después del uso múltiple y deben cambiarse después de cinco preparaciones de dientes como máximo, debido a las alteraciones en su superficie.

Si bien es cierto que los resultados del presente estudio indican una tendencia a lograr una mejor unión con adhesivos de autograbado utilizando las fresas hasta 10 veces, estos se deben tomar con precaución y tener en cuenta que en las imágenes en MEB, las fresas muestran desgaste, socavados y pérdida de los granos de diamante, por lo que la preparación sobre la superficie dental podría estarse realizando por fricción, más que por corte real. Lo anterior podría generar calor friccional sobre las piezas preparadas (Bahgat y Thombare 2012, Galindo et al 2004, John et al 2014), ocasionando afectaciones a nivel pulpar como inflamación o incluso necrosis (Augustin et al 2012). Galindo et al (2004) concuerdan en que la cantidad de calor transmitida al diente depende del tipo de fresa, de la presión aplicada, del tiempo y la velocidad de corte, de la técnica de enfriamiento, así como de la velocidad y el torque del instrumento rotatorio.

También relacionado con los resultados de adhesión, los principales fallos que se dieron fueron de tipo adhesivo y mixto, lo que coincide con los resultados reportados por Sevgican et al (2004), según los cuales, entre mayor sea la fuerza de adhesión hay una tendencia a fallos de tipo mixto.

6.6 Sobre las limitaciones y perspectivas del estudio

Dentro de las limitaciones del estudio se puede mencionar la dificultad para estandarizar muestras biológicas y así disminuir la variabilidad que pudo haber afectado los resultados obtenidos en la prueba de fuerza de adhesión. Además, la preparación de los especímenes fue realizada de forma manual, sin disponer de un aditamento mecánico que permitiera estandarizar cada muestra y así eliminar variabilidad asociada al factor humano.

Si bien es cierto realizar las pruebas sobre un mismo sustrato disminuye la variabilidad biológica, es un procedimiento que genera dificultad a la hora de establecer un área de adhesión adecuada para realizar la prueba de cizalla, ya que la estructura dental disponible se ve muy limitada. Se sugiere utilizar una sola pieza dental por tratamiento para permitir un área de adhesión suficiente.

Además existe una variabilidad metodológica inherente al experimento durante la prueba de adhesión, ya que no se pueden seguir los lineamientos de preparación de las muestras para lograr superficies planas utilizando papel de carburo de silicio pues se perdería la morfología creada sobre las superficies según el número de usos.

En futuros estudios se recomienda implementar el uso de un dispositivo mecánico personalizado para la preparación dental, controlando la presión ejercida, las revoluciones por minuto de la pieza de alta velocidad, la irrigación y que incorpore además, un mecanismo para evaluar el calor generado sobre la pieza dental y así determinar el impacto que produce el uso reiterado de las fresas de diamante sobre el estado pulpar del diente.

Además, se recomienda estandarizar a nivel internacional la definición de “un uso” de las fresas de diamante pues existe mucha variabilidad en este aspecto entre estudios publicados.

CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES

1. Los resultados del estudio mostraron que la morfología de las fresas dentales cambia conforme aumenta el número de usos de estas, existiendo una tendencia a desgaste, pérdida de masa y presencia de socavados por la disminución de los granos de diamante.
2. En general, la rugosidad de la estructura dental disminuyó conforme aumentó el número de usos de las fresas de diamante, aunque solo hubo diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre 0 y 10 usos y entre 2 y 10 usos. Sin embargo, la tendencia de disminución de la rugosidad de la superficie del diente conforme aumenta el número de usos de las fresas también se vio evidenciada por el análisis tridimensional de rugosidad superficial del diente.
3. No hubo diferencias estadísticas significativas en la fuerza de adhesión para estructuras dentales que fueron preparadas con fresas de diamante con 0 y 10 usos, aunque se observa una tendencia de aumento de la fuerza de adhesión conforme aumentó el número de usos de la fresa, lo que sugiere que la disminución de la rugosidad podría favorecer la adhesión diente – resina.
4. En general, los datos, tanto de rugosidad como de fuerza de adhesión presentaron una alta variabilidad y dispersión, evidenciada por coeficientes de variación altos, posiblemente asociada a la variabilidad biológica de los especímenes dentales, lo que sugiere que en estudios futuros se debe prestar atención a este tema, incluyendo la posibilidad de incrementar, de manera significativa, el número de repeticiones.

CAPÍTULO 8. REFERENCIAS

Al-Omari, W. M., Mitchell, C. A., & Cunningham, J. L. (2001). Surface roughness and wettability of enamel and dentine surfaces prepared with different dental burs. *Journal of oral rehabilitation*, 28(7), 645-650.

Alvarado, J. J. (2016). *Análisis del desgaste en brocas esféricas de diamante de una fresa odontológica*. Cartago, Costa Rica. Instituto Tecnológico, Escuela de Ciencia e Ingeniería en Materiales 39 p.

Augustin, G., Zigman, T., Davila, S., Udilljak, T., Starovesky, T., Brezak, D., & Babic, S. (2012). Cortical bone drilling and thermal osteonecrosis. *Clínical biomechanics*, 27(4), 313-325.

Ayad, M. (2009). Effects of tooth preparation burs and luting cement types on the marginal fit of extracoronal restorations. *Journal of Prosthodontics* 18(2), 145-151.

Ayad, M. F., Rosenstiel, S. F., & Hassan, M. M. (1996). Surface roughness of dentin after tooth preparation with different rotary instrumentation. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 75(2), 122-128.

Ayad, M. F., Rosenstiel, S. F., & Salama, M. (1997). Influence of tooth surface roughness and type of cement on retention of complete cast crowns. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 77(2), 116-121.

Ayad, M. F., Johnston, W. M., & Rosenstiel, S. F. (2009). Influence of dental rotary instruments on the roughness and wettability of human dentin surfaces. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 102(2), 81-88.

- Barros, J. A., Myaki, S. I., Nör, J. E., & Peters, M. C. (2005). Effect of bur type and conditioning on the surface and interface of dentine. *Journal of Oral Rehabilitation*, 32(11), 849-856.
- Bhagat, T. V., & Thombare, R. (2012). A comparative evaluation of functional efficiency of diamond bur used with distilled water, distilled water modified by addition of mouthwash and lactated ringer solution as coolants-An in-vitro Study. *International Journal of Dental Clinics*, 4(1), 6-9.
- Borges, C. F. M., Magne, P., Pfender, E., & Heberlein, J. (1999). Dental diamond burs made with a new technology. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 82(1), 73-79.
- Bowen, R. L. (1963). Properties of a silica-reinforced polymer for dental restorations. *The Journal of the American Dental Association*, 66(1), 57-64.
- Brännström, M., Glantz, P. O., & Nordenvall, K. J. (1979). The effect of some cleaning solutions on the morphology of dentin prepared in different ways: an in-vivo study. *Journal of Dentistry for Children*, 46(4), 291-295.
- Buonocore, M. G. (1995). A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *Journal of Dental Research*, 34(6), 849-853.
- Camps Alemany, I. (2004). La evolución de la adhesión a dentina. *Avances en Odontoestomatología*, 20(1), 11-17.
- Da Silva, J. M., Rodrigues, J. R., Camargo, C. H., Fernandes, V. V. B., Hiller, K. A., Schweikl, H., & Schmalz, G. (2014). Effectiveness and biological compatibility of different generations of dentin adhesives. *Clinical Oral Investigations*, 18(2), 607-613.

Di Hipólito, V., da Cunha Azevedo, L., Piveta, F. B., Vieira-Filho, W. S., Anauate-Netto, C., Alonso, R. C. B., & D'Alpino, P. H. P. (2014). Effect of dentinal surface preparation on the bonding of self-adhesive luting cements. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 28(19), 1907-1924.

Dias, W. R., Pereira, P. N., & Swift Jr, E. J. (2004). Effect of bur type on microtensile bond strengths of self-etching systems to human dentin. *Journal of Adhesive Dentistry*, 6(3), 195-203.

Dieng-Sarr, F., Sharrock, P., Dabsie, F., & Grégoire, G. (2011). Modifications of the organic and mineral fractions of dental tissues following conditioning by self-etching adhesives. *Journal of Dentistry*, 39(2), 141-147.

Eick, J. D., Johnson, L. N., Fromer, J. R., Good, R. J., & Neumann, A. W. (1972). Surface topography: its influence on wetting and adhesion in a dental adhesive system. *Journal of Dental Research*, 51(3), 780-788.

Emir, F., Ayyildiz, S., & Sahin, C. (2018). What is the changing frequency of diamond burs? *The Journal of Advanced Prosthodontics*, 10(2), 93-100.

Ermis, R. B., De Munck, J., Cardoso, M. V., Coutinho, E., Van Landuyt, K. L., Poitevin, A., Lambrechts P., & Van Meerbeek, B. (2008). Bond strength of self-etch adhesives to dentin prepared with three different diamond burs. *Dental Materials*, 24(7), 978-985.

Galindo, D. F., Ercoli, C., Funkenbusch, P. D., Greene, T. D., Moss, M. E., Lee, H. J., Ben-Hanan, U., Grases, G.N., & Barzilay, I. (2004). Tooth preparation: a study on the effect of different variables and a comparison between conventional and channeled diamond burs. *Journal of Prosthodontics*, 13(1), 3-16.

Gélvez, M.A., Velosa, J. Durabilidad de las fresas de diamante tras realizar desgastes en dientes naturales. *Universitas Odontológica*, 2017, vol. 36, no 77.

Hogg, N. J., & Morrison, A. D. (2005). Resterilization of instruments used in a hospital-based oral and maxillofacial surgery clinic. *Journal of the Canadian Dental Association*, 71(3), 179-182.

Hosoya, Y., Shinkawa, H., Suefiji, C., Nozaka, K., & García-Godoy, F. (2004). Effects of diamond bur particle size on dentin bond strength. *American Journal of Dentistry*, 17, 359-364.

Huaman, E.L. (2016). Ficha estándar no. 115. *Fresas de uso odontológico*. Lima, Perú. Oficina General de Tecnologías de la Información del Ministerio de Economía y Finanzas. 7 p.

Inoue, H., Inoue, S., Uno, S., Takahashi, A., Koase, K., & Sano, H. (2001). Microtensile Bond Strength Single-step Adhesive Bur-prepared Dentin. *Journal of Adhesive Dentistry*, 3(2), 129-136.

John, K., Reddy, V., Reddy, C., & Nair, C. K. (2014). Changes in the Diamond bur before and after tooth preparation. *Trends in Prosthodontics and Dental Implantology*, 5(1), 18-21.

Koase, K., Inoue, S., Noda, M., Tanaka, T., Kawamoto, C., Takahashi, A., Nakaoki Y., & Sano, H. (2004). Effect of bur-cut dentin on bond strength using two all-in-one and one two-step adhesive systems. *Journal of Adhesive Dentistry*, 6(2), 97-104.

Koodaryan, R., Hafezeqoran, A., & Poursoltan, S. (2016). Effect of dentin surface roughness on the shear bond strength of resin bonded restorations. *The Journal of Advanced Prosthodontics*, 8(3), 224-228.

Li, Y. Q., Wang, H., Wang, Y. J., & Chen, J. H. (2012). Effect of different grit sizes of diamond rotary instruments for tooth preparation on the retention and adaptation of complete coverage restorations. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, *107*(2), 86-93.

Lise, D. P., Júnior, S. M., & Gondo, R. (2014). Influence of reused dental burs on bond strength to dentin. *Journal of Research in Dentistry*, *2*(3), 235-242.

Lowe, A. H., Burke, F. J. T., McHugh, S., & Bagg, J. (2002). A survey of the use of matrix bands and their decontamination in general dental practice. *British dental journal*, *192*(1), 40-42.

Malekipour, M. R., Shirani, F., & Tahmourespour, S. (2010). The effect of cutting efficacy of diamond burs on microleakage of class v resin composite restorations using total etch and self-etch adhesive systems. *Journal of Dentistry*, *7*(4), 218-225

McInnes, P. M., Wendt Jr, S. L., Retief, D. H., & Weinberg, R. (1990). Effect of dentin surface roughness on shear bond strength. *Dental Materials*, *6*(3), 204-207.

Mine, A., De Munck, J., Cardoso, M. V., Van Landuyt, K. L., Poitevin, A., Kuboki, T., Yoshida Y., Suzuki K., & Van Meerbeek, B. (2010). Enamel-smear compromises bonding by mild self-etch adhesives. *Journal of Dental Research*, *89*(12), 1505-1509.

Mowery Jr, A. S., Parker, M., & Davis, E. L. (1987). Dentin bonding: the effect of surface roughness on shear bond strength. *Operative Dentistry*, *12*(3), 91-94.

Nakamura, K., Katsuda, Y., Ankyu, S., Harada, A., Tenkumo, T., Kanno, T., Niwano, Y., Egusa, H., Milleding P., & Örtengren, U. (2015). Cutting efficiency of diamond burs operated with electric high-speed dental handpiece on zirconia. *European Journal of Oral Sciences*, *123*(5), 375-380.

- Nuckles, D. B. (1978). Status report on rotary diamond instruments. Council on Dental Materials and Devices. *Journal of the American Dental Association*, 97(2), 233-235.
- Oilo, G., & Jorgensen, K. D. (1978). The influence of surface roughness on the retentive ability of two dental luting cements. *Journal of Oral Rehabilitation*, 5(4), 377-389.
- Osorio, R., Monticelli, F., Moreira, M. A., Osorio, E., & Toledano, M. (2009). Enamel-resin bond durability of self-etch and etch & rinse adhesives. *American Journal of Dentistry*, 22(6), 371-375.
- Peerzada, F., Yiu, C. K. Y., Hiraishi, N., Tay, F. R., & King, N. M. (2010). Effect of surface preparation on bond strength of resin luting cements to dentin. *Operative Dentistry*, 35(6), 624-633.
- Perdigão, J. (2010). Dentin bonding. Variables related to the clinical situation and the substrate treatment. *Dental Materials*, 26(2), 24-37.
- Pinelli, L. A., de Faria, I. R., Marcelo, C. C., Pita, A. P. G., da Silva, R. H., & Guaglianoni, D. G. (2004). Estudo fotomicrográfico do desgaste de pontas diamantadas em diferentes substratos. *Ciência Odontológica Brasileira*, 7(4), 60-66.
- Popovic, J., Gasic, J., Zivkovic, S., Petrovic, A., & Radicevic, G. (2010). Evaluation of biological debris on endodontic instruments after cleaning and sterilization procedures. *International Endodontic Journal*, 43(4), 336-341.
- Price, R. B., & Sutow, E. J. (1988). Micrographic and profilometric evaluation of the finish produced by diamond and tungsten carbide finishing burs on enamel and dentin. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 60(3), 311-316.

- Regev, M., Judes, H., & Ben-Hanan, U. (2010). Wear mechanisms of diamond coated dental burs. *Tribology-Materials, Surfaces & Interfaces*, 4(1), 38-42.
- Reis, A., Moura, S. K., Pellizzaro, A., Dal-Bianco, K., Andrade, A. M., Grande, R. H. M., & Loguercio, A. D. (2009). Durability of enamel bonding using one-step self-etch systems on ground and unground enamel. *Operative dentistry*, 34(2), 181-191.
- Rocha, P. I., Borges, A. B., Rodrigues, J. R., Arrais, C. A. G., & Giannini, M. (2006). Effect of dentinal surface preparation on bond strength of self-etching adhesive systems. *Brazilian Oral Research*, 20(1), 52-58.
- Saikaew, P., Senawongse, P., Sano, H., & Harnirattisal, C. (2018). Effect of smear layer and surface roughness on resin-dentin bond strength of self-etching adhesives. *Dental Materials Journal*, 2017-349.
- Salz, U., Mücke, A., Zimmermann, J., Tay, F. R., & Pashley, D. H. (2006). pKa value and buffering capacity of acidic monomers commonly used in self-etching primers. *Journal of Adhesive Dentistry*, 8(3), 143-150.
- Salz, U., & Bock, T. (2010). Testing adhesion of direct restoratives to dental hard tissue-a review. *Journal of Adhesive Dentistry*, 12(5), 343-371.
- Salvio L, Di Hipólito V, Martins A & De Goes M. (2013). Hybridization quality and bond strength of adhesive systems according to interaction with dentin. *European Journal of Dentistry*, 7(3), 315-326.
- Santos-Pinto, L., Bortoletto, C. C., Oliveira, A. C. M., Santos-Pinto, A., Zuanon, A. C. C., & Lima, L. M. (2011). The influence of grain size coating and shaft angulation of different diamond tips on dental cutting. *Journal of Conservative Dentistry*, 14(2), 132-136.

Sattabanasuk, V., Vachiramon, V., Qian, F., & Armstrong, S. R. (2007). Resin–dentin bond strength as related to different surface preparation methods. *Journal of Dentistry*, 35(6), 467-475.

Semeraro, S., Mezzanzanica, D., Spreafico, D., Gagliani, M., Re, D., Tanaka, T., Sidhu S., & Sano, H. (2006). Effect of different bur grinding on the bond strength of self-etching adhesives. *Operative Dentistry*, 31(3), 317-323.

Sevgican, F., Inoue, S., Koase, K., Kawamoto, C., Ikeda, T., & Sano, H. (2004). Bond strength of simplified-step adhesives to enamel prepared with two different diamond burs. *Australian Dental Journal*, 49(3), 141-145.

Sharma, S., Shankar, R., & Srinivas, K. (2014). An epidemiological study on the selection, usage and disposal of dental burs among the dental practioner's. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 8(1), 250-254.

Siegel, S. C., & Von Fraunhofer, J. A. (1998). Dental cutting: the historical development of diamond burs. *The Journal of the American Dental Association*, 129(6), 740-745.

Siegel, S. C., & Von Fraunhofer, J. A. (2000). Cutting efficiency of three diamond bur grit sizes. *The Journal of the American Dental Association*, 131(12), 1706-1710.

Simamoto-Júnior, P. C., Soares, C. J., Rodrigues, R. B., Verissimo, C., Dutra, M. C., Quagliatto, P. S., & Novais, V. R. (2012). Comparison of different wear burs after cavity preparation and sterilization methods. *Revista Odontológica do Brasil Central*, 21(59), 547-552.

Smith, A. J., McHugh, S., & Bagg, J. (2005). A study of visual and blood contamination on reprocessed endodontic files from general dental practice. *British Dental Journal*, 199(8), 522-525.

- Swift Junior, E. J., Perdigão, J., & Heymann, H. O. (1995). Bonding to enamel and dentin: a brief history and state of the art. *Quintessence International*, 26(2), 95-110.
- Tao, L., Pashley, D. H., & Boyd, L. (1988). Effect of different types of smear layers on dentin and enamel shear bond strengths. *Dental Materials*, 4(4), 208-216.
- The Glossary of Prosthodontic Terms. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 94(1): 10-92.
- Tjan, A. H., & Sarkissian, R. (1986). Effect of preparation finish on retention and fit of complete crowns. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 56(3), 283-288.
- Unger, S. R., & Landis, A. E. (2014). Comparative life cycle assessment of reused versus disposable dental burs. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 19(9), 1623-1631.
- Van Eldik, D. V., Zilm, P. S., Rogers, A. H., & Marin, P. D. (2004). A SEM evaluation of debris removal from endodontic files after cleaning and steam sterilization procedures. *Australian Dental Journal*, 49(3), 128-135.
- Vinagre, A., Ramos, J., Messias, A., Marques, F., Caramelo, F., & Mata, A. (2015). Microtensile Bond Strength and Micromorphology of Bur-cut Enamel Using Five Adhesive Systems. *Journal of Adhesive Dentistry*, 17(2), 107-116.
- Von Fraunhofer, J. A., Smith, T. A., & Marshall, K. R. (2005). The effect of multiple uses of disposable diamond burs on restoration leakage. *The Journal of the American Dental Association*, 136(1), 53-57.
- Van Meerbeek, B., Vargas, M., Inoue, S., Yoshida, Y., Peumans, M., Lambrechts, P., & Vanherle, G. (2001). Adhesives and cements to promote preservation dentistry. *Operative Dentistry*, 26, 119-144.

Van Meerbeek, B., De Munck, J., Yoshida, Y., Inoue, S., Vargas, M., Vijay, P., Van Landuyt K, Lambrechts P. & Vanherle G. (2003). Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Operative Dentistry*, 28(3), 215-235.

Wahle, J. J., & Wendt, S. L. (1993). Dentinal surface roughness: a comparison of tooth preparation techniques. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 69(2), 160-164.

Whitehouse, D. J. (2004). *Surfaces and their Measurement*. Kogan Page Science Edit., London.