



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA ADHESIÓN DE
BRACKETS CEMENTADOS CON UNA RESINA
COMERCIAL MODIFICADA CON DOS ESPECIES DE
RESINA DE COPAL DEL GÉNERO *Bursera* Y ANÁLISIS DE
ACTIVIDAD ANTIBACTERIANA

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

CIRUJANA DENTISTA

P R E S E N T A:

MELISSA TORRES ESPINOSA

TUTOR: Dr. LAURO BUCIO GALINDO

ASESORES: Dr. VICTOR IRAHUEN GARCIA PEREZ
Mtra. JUANA PAULINA RAMÍREZ ORTEGA



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos

A Dios por darme vida para llegar hasta aquí, por tenerme paciencia en todos los momentos de debilidad, guiarme y mandarme a personas que con su testimonio dan fe de que solo en EL se encuentra la verdadera vida.

A mis papás Abel Torres y Andrea Espinosa por apoyarme y creer siempre en mí en que podía hacerlo, por estar conmigo en las buenas y en las malas Dios los bendiga.

A mi abuela Higinia Plata en paz descanse por animarme todos los días cada vez que me iba a la facultad

A mi esposo y a mi hija por su comprensión y apoyo

Al Dr Lauro Bucio, Dra Paulina y Dr Victor por su eterna paciencia y apoyo en todo este proceso

A la Dra Irma Belio de la UAS por proporcionarme los resultados de la prueba a la adhesión con resina comercial.

Al Dr Guizar Nolasco de la UACH por proporcionarme las muestras de copal

A mis tíos y primas en especial a mi tía Teresa y mi madrina Beatriz por estar siempre pendiente y a mi prima Etel

CONTENIDO

Resumen.....	5
1. Introducción.....	7
2. Marco teórico.....	8
2.1 Prácticas dentales en la época prehispánica.....	8
2.2 Conceptos sobre adhesión.....	11
2.2.1 Adhesión.....	11
2.2.2 Adhesivo.....	11
2.2.3 Mojamiento.....	11
2.2.4 Ángulo de contacto.....	12
2.3 La adhesión en brackets ortodóncicos.....	12
2.3.1 Sistemas adhesivos.....	13
2.4 Tratamiento y lesión cariosa.....	15
2.4.1 Relación de <i>Streptococcus mutans</i> con la caries dental.....	15
2.4.2 <i>Lactobacillus ssp.</i>	18
2.4.3 Lesión de mancha blanca asociada a tratamiento ortodóncico.....	19
2.5 Resinas de copal.....	20
2.5.1 Especies de copal <i>Bursera copallifera</i> y <i>bipinnata</i>	22
2.5.2 Extracción.....	22
2.5.3 Composición química.....	23
2.5.4 El barniz de copal como sellador en odontología.....	24
2.5.5 Empleo de resinas de copal para adherir brackets ortodóncicos.....	24
3. Planteamiento del problema.....	25
4. Justificación.....	26
5. Hipótesis.....	27
6. Objetivos.....	27

6.1 Objetivo general.....	27
6.2 Objetivos específicos.....	27
7. Metodología.....	28
7.1 Tipo de estudio.....	28
7.2 Población de estudio.....	28
7.3 Criterios de inclusión, exclusión y eliminación.....	28
7.4 Definición de variables.....	28
7.5 Población de estudio.....	29
8. Materiales y métodos.....	30
8.1.1 Preparación de las muestras para la prueba de resistencia al desprendimiento de brackets.....	31
8.1.2 Preparación de las muestras para las pruebas microbiológicas.....	33
8.1.3 Pruebas de resistencia al desprendimiento.....	33
8.1.4 Evaluaciones microbiológicas. Método de dilución en agar por Microtitulación.....	34
8.1.5 Microscopía confocal.....	35
9. RESULTADOS.....	36
9.1 Pruebas de adhesión.....	36
9.2 Prueba de microscopía confocal (live and dead).....	38
9.3 Prueba de inhibición de crecimiento bacteriano.....	39
10. DISCUSIÓN.....	41
11. CONCLUSIONES.....	44
12. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	45

Resumen

En piezas dentales arqueológicas con piedras preciosas incrustadas, los antiguos mesoamericanos lograron un buen sellado ya que no muestran indicios de caries. Probablemente usaron copal como sellador. Por otro lado, el desarrollo de mancha blanca es un riesgo al colocar brackets, ya que la placa dentobacteriana se va acumulando alrededor de la aparatología ¿por qué no cementar brackets incluyendo copal en la formulación del cementante? **Objetivo.** Realizar un análisis comparativo de la adhesión de brackets a esmalte dental, cementando con resina comercial Transbond XT (TbX) y modificada añadiendo 10% y 15% de resina copal de dos especies: *Bursera copallifera* (BC) y *Bursera bipinnata* (BB). Realizar un análisis comparativo entre la actividad antimicrobiana de la resina comercial TbX y las resinas de especies botánicas BC y BB. **Material y método.** Se utilizaron 50 premolares divididos en 5 grupos de 10 cada uno (TbX+BB10%, TbX+BB15%, TbX+BC10%, TbX+BC15%, TbX) para la prueba de desprendimiento de brackets. Posterior a profilaxis, se cementaron brackets MBT (ranura 0.022”), se incluyó cada diente en acrílico conservándose en agua a 37°C y se realizaron las pruebas mecánicas. Para evaluar actividad antimicrobiana -por el método de dilución en agar por microtitulación-, se utilizaron las resinas TbX, BC y BB, que se dispusieron como 15 placas circulares; se colocaron en una placa de 24 pozos, donde se añadieron 100 µL de dilución de *S. mutans* a cada pozo y finalmente se llenó cada pozo con 900 µL de medio HK. Posteriormente, la placa se colocó en una cámara de anaerobiosis sobre un agitador por 24 h. Al término se lavó con medio cada pozo, se trasladaron las tres primeras resinas de cada grupo a una placa nueva, a las que se agregó 200 µL de medio para sonicarlas por tres periodos de 3 s para posteriormente teñirlas y observarlas al microscopio confocal. Finalmente, se agregaron 100 µL de cada muestra en cajas de Agar y se dispersaron. 9 placas se dispusieron con una dilución de 1×10^{-3} para su posterior conteo de unidades formadoras de colonias (UFC). **Resultados.** Para la prueba de adhesión los valores promedio para la resistencia al desprendimiento fueron: TbX+BB10% ($\sigma = 12.4$ MPa); TbX+BB15% ($\sigma = 8.2$ MPa); TbX+BC10% ($\sigma = 9.7$ MPa); TbX+BC15% ($\sigma = 8.7$, MPa); y TbX ($\sigma = 9.9$ MPa). El valor p de la prueba

ANOVA resultó 0.489, mayor que el nivel de significancia ($p < 0.05$), por lo que se concluyó no existen diferencias significativas entre los grupos evaluados. El análisis por medio de la microscopia confocal del canal de viabilidad para *S. mutans* en superficies de resina a las 24 h resultó con mayor valor de canal rojo para *B. bipinnata*, seguido de *B. copallifera*; mientras que se observó mayor valor de canal verde en la resina Transbond XT. En cuanto al conteo de UFC, se observó mayor adhesión bacteriana en la resina Transbond XT con conteos de 74.6×10^{-3} ; mientras que en *Bursera bipinnata* se obtuvieron conteos de 24.3×10^{-3} UFC/mL. El menor número de conteos se observó en *Bursera copallifera* con 3.6×10^{-3} UFC/mL. **Conclusiones.** En las pruebas de desprendimiento de brackets, no se encontraron diferencias significativas en el esfuerzo de ruptura para la resina Transbond XT como adhesivo, o si se modifica esta resina añadiendo 10 y 15 % de resina copal, ya sea de *B. bipinnata* o de *B. copallifera*. El conteo de UFC para *S. mutans* ($\times 10^8$ UFC/mL) siguió el orden: 74.6 (Transbond XT) $>$ 24.3 (*B. bipinnata*) $>$ 3.6 (*B. copallifera*). En el análisis por microscopia confocal la resina de *B. bipinnata* tuvo menor presencia bacteriana de colonias de *S. mutans*.

1. Introducción

Las prácticas odontológicas en la época prehispánica consistieron la mayoría en limado y perforación. La perforación consistía en hacer una cavidad y colocar una incrustación comúnmente de jade. La destreza con que los antiguos habitantes colocaban y lograban un buen sellado en la cavidad ha sido un tema de debate entre los estudiosos ya que a pesar del tiempo transcurrido, dichas incrustaciones han permanecido en la cavidad. Se ha llegado a suponer que pudo haber sido por el tipo de pegamento que usaban y por los instrumentos que utilizaban para hacer la cavidad.

La necesidad actual de mejorar la efectividad de los procedimientos clínicos, así como la disminución de los riesgos que conllevan especialmente en el área de la ortodoncia, específicamente en la aparatología fija, ha tenido la exigencia de estar en una constante innovación.

El desarrollo de mancha blanca es un riesgo significativo a la hora de colocar brackets cuando la higiene oral es deficiente, ya que la placa dentobacteriana se va acumulando alrededor de la aparatología por tiempo prolongado, la gran prevalencia de este problema lo hace un reto para la prevención y tratamiento en la odontología moderna.

En la actualidad hay diversos materiales que buscan prevenir este tipo de problemas como lo son las resinas modificadas con ionómeros y adhesivos -que liberan fluoruros-, enjuagues; así como el uso de remineralizantes posterior al tratamiento ortodóncico.

2. Marco teórico

2.1 Prácticas dentales en la época prehispánica

El tratamiento restaurador de los dientes, en la actualidad se lleva a cabo gracias a la interacción entre el material restaurador y la estructura dentaria. La interacción se logra mediante el uso de un sistema adhesivo, lo que permite que tanto mecánica como biológica y funcionalmente, el diente y su material restaurador funcionen como una unidad. No obstante, esta unidad desde el punto de vista adhesivo, responde a una serie de técnicas y materiales que se han ido desarrollando de forma diferente a lo largo de la historia de la odontología.

Uno de los primeros hallazgos odontológicos de los que se tiene conocimiento se refiere a los antiguos mesoamericanos, que practicaban mutilaciones dentarias que consistían en incrustaciones y limado. En el caso de las incrustaciones, se usaban diferentes materiales como jade, hematita, pirita y serpentina. Aunque aún no se ha esclarecido por qué lo hacían, los investigadores han comprobado que en varios hallazgos, en el caso de las incrustaciones dentarias, la mayoría de éstas no se han caído de sus respectivas cavidades ni se han observado procesos cariosos.¹ En cuanto al limado, Romero ² menciona que esta práctica es más antigua que la incrustación. El limado aparece en el horizonte Preclásico Temprano (siglos XIV a X a.C.) y las incrustaciones en el Preclásico Medio (siglos X a VI a.C.), teniendo su auge durante el periodo Clásico. Hacia la época de la conquista, la costumbre de la mutilación dentaria estaba en vías de desaparecer.

Para hacer los trabajos de limado, utilizaban como herramienta una piedra tallada; existe la representación gráfica de esta actividad en un mural localizado en Tepantitla, Teotihuacán, Estado de México. Para la incrustación, puede suponerse que se empleaba un tipo de taladro de arco (cabe aclarar que no existe ninguna evidencia material -física o pictórica- de este instrumento), pudiendo usar como abrasivo polvo de cuarzo con agua. Al parecer, el trabajo de limado lo efectuaban las mujeres, según lo describe Landa en la *Relación de las cosas de Yucatán*, y como aún se hace en Brasil. ³

¿Cuál es el objeto del limado dentario? Se sabe que éste se practicaba en adultos vivos de ambos sexos: existen claras representaciones en figurillas. En las Antillas, durante la época colonial, el limado formaba parte de las ceremonias de iniciación a la pubertad. En la Mesoamérica prehispánica no se tienen evidencias concretas del porqué del limado dental.³

Por lo que refieren las crónicas históricas, así como por inferencias arqueológicas, se piensa que era una costumbre de embellecimiento (como lo fue también la práctica de la deformación intencional de la cabeza), sin ninguna relación con fines de tipo terapéutico; además, hasta el momento no se tiene conocimiento de que marcara diferencias de estatus sociales o económicos, aunque si bien el limado podía efectuarse en cualquier individuo, la incrustación requería de una técnica más compleja y de la posibilidad de adquirir las piedras que serían incrustadas.³



Figura 1 Prácticas dentales en Mesoamérica. Revista Arqueología Mexicana³Las incrustaciones no únicamente se ajustaban en sus cavidades, sino que se hizo uso de una especie de pegamento que las mantuvo fijas, en muchos casos hasta nuestros días.²

El diámetro de algunas piedras no parece haber coincidido con el de la cavidad; lo que hace pensar que, en estos casos, existiera la posibilidad de que los discos se hayan adherido con alguna materia apropiada con el doble objeto de mantenerlos en su sitio y obturar el espacio dejado, por pequeño que fuera, entre la pared de la horadación y la del disco, como prevención al desarrollo de la caries.²

Fastlicht citando una frase del arqueólogo Sigvald Linné: "...he escuchado a especialistas prominentes expresar su sorpresa cuando observan que este cemento ha mantenido su propósito después de 1,500 años, mientras que hoy a

pesar de nuestra avanzada tecnología, esto aún no dura la vida de un paciente". Existen también evidencias de reportes sobre modificaciones para propósitos terapéuticos en los dientes. En tales estudios se observaron manchas de color ámbar en las coronas dentales, tal vez debido al uso de una resina a base de copal.²

Los antiguos aztecas (más apropiadamente, los mexicas) y sus vecinos, fabricaron adhesivos esenciales a partir de una variedad de sustancias vegetales naturales. El copal, las resinas de pino, la cera de abeja, y las orquídeas, figuraban en forma prominente entre las gomas usadas con propósitos adhesivos.⁴

Desde la antigüedad, el copal se ha utilizado no sólo por sus cualidades aromáticas, sino también por sus propiedades curativas; ya fuera quemado en braseros o sahumeros, untado sobre la piel o como té. Francisco Hernández, en su *Historia natural de la Nueva España*⁵, señala que el humo de esta resina, tanto el de la madera (hoy llamada mirra por los indígenas) como el de la raíz, era eficaz para quitar el dolor de cabeza, curar la llamada estrangulación del útero y, en términos generales, aliviar todas las enfermedades originadas por el frío y la humedad. También servía como emplasto, que se aplicaba sobre fracturas.⁵

Fray Bernardino de Sahagún⁶, entre otras fuentes históricas, informa que entre los mexicas el humo también curaba las enfermedades y los tumorcillos supuestamente originados por amores ilícitos. En el diente adolorido se aplicaba una gota de copal ardiendo, en tanto que las inflamaciones cedían con un emplasto de copal derretido en agua.⁶

Uno de los aspectos de la odontología que más se ha desarrollado en los últimos años es la adhesión de materiales a las estructuras dentales. La aplicación de la adhesión dental en odontología, ha provocado un cambio favorable desde el punto de vista conservador, en la ejecución de un sinnúmero de tratamientos. Los métodos tradicionales de retención han sido sustituidos por procedimientos adhesivos que conservan y preservan la estructura dentaria. Los antiguos conceptos de Black de 1917, que consistían en grandes preparaciones y extensión

por prevención, han sido gradualmente reemplazados por preparaciones pequeñas y técnicas más conservadoras⁷. Si bien los adhesivos dentales han evolucionado excepcionalmente, en la actualidad no se disponen de sistemas adhesivos capaces de cumplir cabalmente con los tres objetivos de la adhesión dental propuestos por Norling en 2004, los cuales son: 1) conservar y preservar más estructura dentaria; 2) Conseguir una retención óptima y duradera y evitar microfiltraciones.⁸

2.2 Conceptos sobre adhesión

2.2.1 Adhesión

La American Society for Testing and Materials (ASTM) define a la adhesión como "El estado en el cual dos superficies se mantienen juntas por fuerzas interfaciales que consisten en fuerzas de valencia o acciones entrelazadas o ambas".⁹

2.2.2 Adhesivo

Se puede definir como un material que es aplicado a las superficies de otros sustratos para mantenerlos unidos. El que se mantenga esta unión depende del tipo de adhesión que se tenga, es decir si se trata de adhesión física o química.

Al seleccionar un adhesivo, se debe considerar la condición de la superficie a la cual será aplicado: rugosidad, suavidad, porosidad, recubierto, no revestido, limpieza, flexibilidad, tamaño de la zona a adherir y energía superficial de la misma.¹⁰

2.2.3 Mojamiento

Se dice que un líquido moja un cuerpo sólido cuando es susceptible de extenderse sobre el mismo y dejar sobre él una traza.¹¹ La mojabilidad o humectancia de un líquido está en función del ángulo de contacto, el cual depende de la tensión superficial y la naturaleza de la superficie a mojar. Una de las maneras de aumentar la mojabilidad es utilizando un humectante.¹²

2.2.4 Ángulo de contacto

Es el ángulo que forma la superficie de una gota líquido sobre un sólido.

2.3 La adhesión en brackets ortodóncicos

Son varios los factores que determinan la calidad de la adhesión lograda del bracket al esmalte, entre los cuales se puede citar -con relación al adhesivo-, su composición; el módulo elástico y la viscosidad del adhesivo; el diseño de la base del bracket; las características de la superficies sobre las que será fijado el bracket -si había sido grabado previamente y el número de veces-; la presión aplicada durante la adaptación del bracket; la ubicación del diente en el arco dentario; la posibilidad de control de la humedad bucal; las condiciones clínicas del paciente como respiración bucal; entre otras.¹³

Con los materiales para adherir brackets debe lograrse una resistencia adhesiva lo suficientemente alta para que el dispositivo no se desprenda accidentalmente durante el tratamiento. Al mismo tiempo, debe ser lo suficientemente baja, para poder desprender el bracket cuando sea necesario o al final del tratamiento sin ocasionar daños a la superficie sobre la que esta adherido, ya sea esmalte u otro tipo de sustrato. Valores de resistencia adhesiva de alrededor de 6 a 8 MPa se consideran aceptables en estudios *in vitro*.¹³

El ortodoncista requiere de un adhesivo que además de disminuir el tiempo de tratamiento en el sillón, sea de fácil manipulación; que le permita tiempo suficiente para colocar la aparatología y que el material cementante tenga la viscosidad necesaria para mantenerlo sobre la superficie del diente en lo que éste es polimerizado; que penetre en las retenciones creadas en el diente así como en las mallas de los brackets; además que cuente con mínima sorción acuosa y mínimo espesor de película para respetar la prescripción del sistema; que sea de fácil identificación y remoción de excedentes; que no se solubilice y por tanto evite la microfiltración para disminuir el riesgo a desarrollar lesiones debajo del bracket; que no sufra el desprendimiento prematuro de la aparatología; que tenga

estabilidad dimensional con la suficiente resistencia al desprendimiento para soportar la biomecánica ortodóncica y así prevenir la descementación involuntaria. Algunos autores hacen énfasis en que al final del tratamiento, en la descementación realizada por el profesional, se debe tener precaución para no ocasionar daño al esmalte.¹⁴

2.3.1 Sistemas adhesivos

La mayoría de las resinas son de diacrilato en la resina epoxi modificada con acrílico Bis-GMA. Una diferencia fundamental es que las resinas del primer tipo solo forman polímeros lineales, mientras que las del segundo tipo polimerizan y logran entrecruzamiento que permite formar una malla tridimensional.¹⁵

Según una serie de investigaciones independientes, las resinas con relleno de diacrilato del tipo Bis-GMA tienen las mejores propiedades físicas y son los adhesivos más resistentes para fijar los brackets de metal, y contienen relleno con partículas grandes lo que les permite alcanzar valores de resistencia más altos en las pruebas *in vitro* cuando se utilizan brackets metálicos.¹⁵ Los componentes de los sistemas adhesivos son ácido grabador, el *primer* y el *bond*.

Grabado: en la técnica de grabado total, el grabador utilizado es 35-37% de ácido fosfórico. Se prepara el esmalte y la dentina para recibir la imprimación. Se crean microporosidades, hasta de 7.5 micras; lo que ayuda a crear la formación de una unión micro mecánica. El grabador en los agentes de unión de autograbado es típicamente un monómero ácido que también sirve como cebador.

Primer: la imprimación está compuesta de monómeros hidrófilos generalmente transportados en un solvente soluble en agua (acetona, etanol, o solo agua) para promover un buen flujo y penetración en la dentina hidrofílica, lo que puede influir en la resistencia de la unión resultante. Los agentes de unión de autograbado utilizan *primers* que son monómeros ácidos.

Agente adhesivo de dentina (o adhesivo de dentina): se puede definir como una capa delgada de resina (normalmente sin relleno) aplicada entre la dentina

condicionada y la matriz de resina de un material compuesto. El adhesivo promueve la unión entre el esmalte o la dentina y el material restaurador compuesto de resina o cemento de resina. Los adhesivos actúan como un enlace entre el primer de resina hidrófila y el composite de resina hidrófoba. Se requiere de un curado adecuado para proporcionar una buena retención y sellado. Los agentes de unión de séptima generación utilizan adhesivos de imprimación que son monómeros ácidos.¹⁶

Los sistemas adhesivos se clasifican según como se indica en la figura 2.

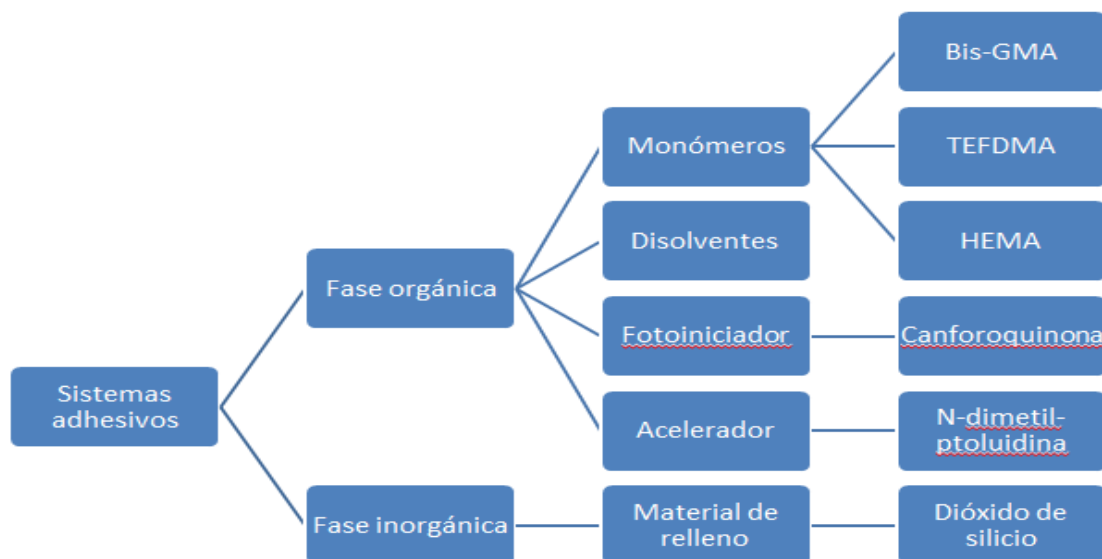


Figura 2 Clasificación de los sistemas adhesivos

Los sistemas adhesivos se clasifican por su acondicionamiento en:

Autograbables: Este usa un solo paso que contiene una formulación que combina el ácido, el *primer* y el *bond*.

Con Ácido grabador: que comprenden el ácido grabador, el *primer* y el *bond*.

Desde un punto de vista clínico la pérdida del esmalte que se produce con las técnicas rutinarias de adhesión y descementado, sin contar con las fracturas

profundas o surcos creados en el esmalte a consecuencia de un uso poco juicioso del instrumental de mano o las fresas, no es significativa para el grosor total del esmalte.

Se ha descubierto que se producen desprendimientos del esmalte al adherir y descementar los brackets de metal y cerámica. Los desprendimientos pueden estar relacionados, al menos en parte con el tipo de partículas de relleno.

Esta cantidad está relacionada con varios factores que incluyen el instrumental que se emplea para la profilaxis y descementado, así como el tipo de resina adhesiva empleada. Un profilaxis inicial realizada con un cepillo suave entre 10 y 15 segundos por diente pueden erosionar y eliminar hasta 10 μm de esmalte, sin embargo con una copa de goma para profilaxis solo se pierden 5 μm .^{17,7}

2.4 Tratamiento y lesión cariosa

2.4.1 Relación de *Streptococcus mutans* con la caries dental

Para el estudio del desarrollo de la caries dental, ha sido de fundamental importancia considerar la presencia de *S. mutans*, que posee adhesinas presentes en sus fimbrias y le permiten adherirse firmemente al esmalte dental, que es la estructura que recubre la superficie exterior de los dientes. Una vez que *S. mutans* coloniza la superficie dental es muy difícil de erradicar.¹⁸

El *S. mutans* posee dos propiedades que le convierten en un potente agente cariogénico (inductor de caries). En primer lugar, sintetiza glucanos, polímeros azucarados de elevado peso molecular, al desdoblar la sacarosa (azúcar común) en sus dos componentes monosacáridicos: glucosa y fructosa. Esta última se utiliza como sustrato para el crecimiento y la glucosa se polimeriza para formar una malla de glucano. Esta malla, junto con una gran población de *S. mutans*, otras bacterias y residuos orgánicos, forman la placa dental, que se adhiere tan firmemente a la superficie de los dientes que la solución limpiadora habitual, la saliva, no puede eliminarla. En segundo lugar, como producto final de la

fermentación de la glucosa, *S.mutans* produce ácido láctico que daña el esmalte dental. Cuando las bacterias agotan la sacarosa existente, se produce una reducción de la acidez debido a su neutralización por la saliva; los minerales presentes en la misma también pueden reparar las pequeñas lesiones del esmalte; pero si las condiciones de acidez persisten durante un largo periodo de tiempo o si estas suceden con relativa frecuencia, el daño no puede repararse de forma eficaz.¹⁸

Se ha encontrado además que los *Actinomyces gerencsiae* y otros *Actinomyces* están implicados en el inicio de caries y *Bifidobacterium* en lesiones avanzadas.¹⁹

La susceptibilidad individual a la caries depende en gran medida de la presencia de *S. mutans*, ésta bacteria se encuentra en la boca de casi todas las personas, aunque en algunas es más abundante y lo adquieren antes que otras. Otro factor que influye en la susceptibilidad individual a la caries es el consumo de sacarosa; excepto en el caso de la caña de azúcar.¹⁸

Un esquema clásico, vigente en la actualidad, para explicar cómo se instaura la enfermedad es la trilogía etiológica de Keyes, modificada por Newbrum.¹⁸ Según ésta, para que se desarrolle la caries son necesarios tres factores mantenidos en el tiempo: un hospedador susceptible, una microbiota cariógena o cariogénica localizada en la placa bacteriana y un sustrato adecuado, suministrado por la dieta y que sirva de fuente de energía a los microorganismos. La microbiota de la placa bacteriana metaboliza los azúcares de la dieta favoreciendo la producción de ácidos orgánicos, que son los responsables de iniciar el proceso de desmineralización del diente de un hospedador susceptible.¹⁸

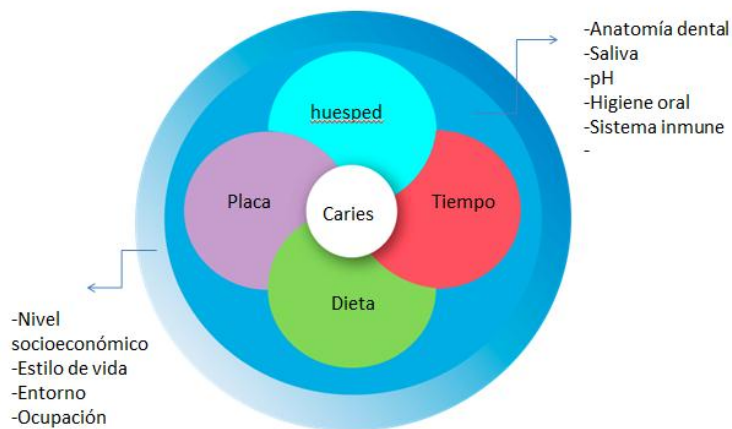


Figura 3 Diagrama de Keyes modificado.¹⁸

En un estudio se demuestra que la diversidad bacteriana estimada es más baja para las lesiones cariosas del esmalte, con un promedio de 177 filotipos a nivel de especie por muestra, y más alta para las cavidades de dentina 'abiertas' que estuvieron expuestas a la cavidad oral, con un promedio de 251 especies por muestra.²⁰ Esto sugiere que las cavidades de dentina abiertas tienen una entrada de microorganismos a partir de la saliva, incluso si la biopelícula formada en la parte superior de la lesión se elimina de la muestra, como fue el caso del reporte citado.²⁰ La observación de que múltiples especies son detectadas por su ARN en lesiones cariosas demuestra inequívocamente que están vivas y respalda el concepto de que los consorcios formados por múltiples microorganismos actúan colectivamente para iniciar y expandir la cavidad. Se ha demostrado que varias especies propias de la cavidad bucal pueden actuar sinérgicamente para aumentar su efecto patogénico. Por ejemplo, en un estudio de metabolización cruzada de alimentación, *Streptococcus gordonii* demostró que aumenta la virulencia de *Aggregatibacter actinomycetemcomitans* en un modelo de absceso animal.²⁰ También se encontró que los cultivos mixtos de *S. mutans* y *Veillonella alcalescens* producen niveles de ácido superiores a los biofilms que contienen solo una de estas especies. Además, *Veillonella* puede favorecer las bacterias

productoras de ácido en la caries a través de la reducción de nitratos, dado que bajas concentraciones de nitrito mataron varios organismos cariogénicos. Finalmente, debe recordarse que no solo las interacciones bacterianas sino también las asociaciones bacteriano-fúngicas pueden ser vitales para promover la virulencia en los consorcios asociados a la enfermedad. Por ejemplo, *S. gordonii* modula la formación de biopelículas en *Candida albicans* y la cantidad de *Candida* influyó en la diversidad bacteriana oral y la resistencia a los antibióticos. Además, los virus pueden desempeñar un papel vital en la formación de poblaciones microbianas, pero esto ha sido poco estudiado en entornos orales.²⁰

Además, los microorganismos de la caries del esmalte son extremadamente ricos en moléculas de adhesión, mientras que la comunidad microbiana en la caries dentinaria contiene un notable arsenal de proteasas para degradar el tejido dentinario, incluyendo colagenasas, dipeptidil peptidasas, serina proteasas, glucoproteasas, metalopeptidasas de matriz y aminopeptidasas. Los ambientes que habitan los dos consorcios microbianos cariogénicos también se reflejan en los genes de estrés más comunes: genes de estrés oxidativo en ambos tejidos, genes de estrés ácido en las lesiones del esmalte y genes de estrés osmótico en las cavidades de la dentina. Por lo tanto, los datos demuestran claramente que la microbiología de la caries depende de los tejidos y no tiene una etiología única, lo que tiene importantes consecuencias para la prevención de enfermedades.²⁰

2.4.2 *Lactobacillus spp*

En un principio se pensó que estaban implicados en el inicio de las caries, ya que además de ser acidógenas y acidúricas son muy acidófilas. Hoy día, la opinión general es que no lo están al comienzo aunque sí en la progresión de la lesión en la profundidad del esmalte y de la dentina.²¹

Lo más frecuente es que la invasión microbiana se deba a la profundización de una lesión de caries de esmalte o cemento. Sin embargo, la dentina también puede ser invadida por microorganismos como resultado de una fractura o traumatismo durante procedimientos operatorios o a través de una vía lateral o

conducto accesorio en una bolsa periodontal.²¹

Las superficies lisas bucales y linguales son fáciles de limpiar y sufren raramente caries. Las fisuras en las superficies oclusales son los sitios más propensos a la caries. La caries puede desarrollarse rápidamente en estas superficies y es en estos sitios que ha sido encontrada la asociación más fuerte entre los *S.mutans* y la caries dental.²²

Por otra parte, la dentina favorece el crecimiento de las bacterias proteolíticas, ya que en relación con el esmalte, el material orgánico es mayor. La evolución de la lesión está condicionada histológicamente por la invasión bacteriana de los túbulos dentinarios hacia la pulpa.²²

2.4.3 Lesión de mancha blanca asociada a tratamiento ortodóntico

Las lesiones de manchas blancas alrededor de los brackets son una gran complicación en pacientes con ortodoncia fija, especialmente aquellos con pobre higiene oral. Estas lesiones se deben a la desmineralización del esmalte por ácido orgánico producido por el biofilm que se forma alrededor de los brackets. Muchos métodos pueden disminuir o prevenir lesiones de mancha blanca como lo son mejorar la higiene oral, modificar la dieta (baja en carbohidratos), y la aplicación de fluoruro tópico. Sin embargo, estos métodos dependen del cumplimiento del paciente y, por lo tanto, no son confiables.²³

Los cementos de ionómero de vidrio modificados con resina (RMGIC) se han utilizado como adhesivos por sus capacidades de liberación de flúor y capacidad aceptable de resistencia al desprendimiento. Muchos estudios han demostrado que los RMGIC son más efectivos que las resinas compuestas para reducir desmineralización del esmalte alrededor de los brackets. Sin embargo, estudios previos han informado que los RMGIC tienden a acumular más estreptococos cariogénicos que las resinas compuestas debido a sus superficies rugosas, alta energía superficial y polaridad. Además, la mayoría de los autores en sus estudios han llegado a la conclusión de que la duración de la liberación de flúor es corta. En

consecuencia, es deseable incorporar agentes antimicrobianos en RMGIC para mejorar su efecto cariostático.²³

La literatura incluye varios intentos para mejorar las propiedades antibacterianas de los materiales usados para las restauraciones dentales. La mayoría de estos, especialmente las versiones anteriores, se centran en la liberación o liberación lenta de agentes antibacterianos de bajo peso molecular incorporados; por ejemplo iones de zinc, iones de plata, antibióticos, furarona, yodo y clorhexidina.

Existen otros métodos que se han adoptado que se basan en la inmovilización de componentes antibacterianos en el material], que a través de la inmovilización tienen la ventaja de poseer propiedades antimicrobianas durante un período de tiempo más largo. Éstos métodos incluyen el uso de polímeros que contienen sales cuaternarias de amonio o fosfonio, como metacrilato-loxdodecildipiridinio-bromuro como monómero, incorporación de nanopartículas de polietilimina de amonio cuaternario en materiales compuestos y el uso de 2-dimetilaminoetanol (DMAE-CB) en la unión de agentes antibacterianos.¹⁹

2.5. Resinas de copal

La resina de copal como la de otros árboles, se obtiene al hacer cortes al tronco o a las ramas. Es producida por el árbol como un mecanismo para repeler a los insectos, así como para ayudar a cicatrizar las heridas de los árboles y evitar que puedan sufrir alguna infección.²⁴

La especie *Bursera* agrupa a más de un centenar de especies de plantas leñosas, cuya distribución se restringe al continente americano; en particular a la mitad septentrional de la porción intertropical, pues se extiende desde los extremos suroeste y sureste de los Estados Unidos hasta el norte de Perú y de Brasil, incluyendo las Antillas y las Galápagos. Su centro de diversidad se localiza en México, de donde hasta la fecha se conocen unas 80 especies más o menos claramente definidas, aunque todavía queda un amplio contingente por descubrir, por estudiar y por describir, de suerte que el total real del grupo en nuestro país posiblemente sobrepasa las 100 entidades. Los representantes de *Bursera* son

mayormente árboles o algunas veces arbustos, de hoja decidua, que constituyen un elemento característico y no pocas veces dominante o codominante de los bosques tropicales caducifolios de México, donde habitan preferentemente en altitudes entre 0 y 1800 m.²⁵

Existen varias familias de plantas que producen resinas duras, gomas (resinas solubles en agua) y gomorresinas, entre ellas se pueden mencionar las *Abietaceae* (abeto u oyamel), *Anacardiaceae* (copalcocote), *Asteraceae* (copalillo), *Burseraceae* (copal grueso, copalillo, copal), *Euphorbiaceae* (copalillo, copalchi), *Hamamelidaceae* (estoraque o liquidámbar), *Leguminosae* (palo de bálsamo), *Meliaceae* (cedro rojo), *Miricaceae* (árbol de cera), *Pinaceae* (cedro, ciprés, enebro) y *Plumbaginaceae*, *Rubiaceae* (copalche), por citar algunas. A pesar de que en México se cuenta con muchas especies de árboles resiníferos, sólo son aprovechadas las resinas de ciertas coníferas (pinos y abetos, principalmente) y algunas especies de *Bursera* y *Protium*. Estos dos géneros están representados por varias plantas, las cuales responden a los nombres de copal, copalillo, copal chino, copal santo, copalquáhuatl, tecopal, copal de monte, copal blanco, cuajote, tecomahaca, tecomaca e incienso, entre otros.²⁶ Montufar hace referencia a lo señalado por Guízar y Sánchez en 1991 en relación con las especies de *Bursera* que con mayor frecuencia son intervenidas por el hombre para extraerles su copal y son: *Bursera bipinnata*, *B.copallifera* y *B.vejar-vazquezii*, explotadas en la Cuenca del Alto Balsas.²⁷

Las dos especies principales, desde el punto de vista productivo y de la calidad de su resina, son el copal ancho y el copal chino. Este último es apreciado por su resina de mayor densidad, mas blanca y brillante y que proporciona un mejor aroma.

2.5.1 Especies de copal *Bursera copallifera* y *Bursera bipinnata*

Bursera Bipinnata

También llamado copal chino, copal negro, copal santo. Proviene de un árbol (o a veces arbusto) dioico, de 6 a 10 m de alto, muy resinoso y con aroma agradable y penetrante, más o menos densamente pubérulo a subtomentoso y más o menos glabrescente en sus partes verdes; tronco hasta de 25 cm de diámetro.^{25,28}

Rzedowsky y cols mencionan que *Bursera bipinnata* es una de las especies más ampliamente distribuidas del género, pues su área conocida se extiende desde Durango hasta Honduras y El Salvador. En nuestro país se encuentra repartida principalmente en Oaxaca, Guerrero, Puebla y Morelos.²⁵

Bursera copallifera

Árbol de 7m de alto y un diámetro promedio de 30 a 84 cm desde el suelo. Conformación arbórea muy ramificada, caducifolio. Corteza extrema lisa a escamosa en los más adultos, con gran capacidad de regenerar heridas en troncos y ramas, de color rojiza a grisácea, con exudado resinoso aromático. La madera es de color blanco un poco dura.

2.5.2 Extracción

El copal que se conoce en la actualidad, es una resina sólida obtenida de varias especies del género botánico *Bursera*. De acuerdo con Guízar y Sánchez, sólo en el Alto Balsas -una de las principales áreas de extracción en nuestro país-, se explotan cerca de 15 especies de *Bursera*. Entre las más apreciadas están la conocida como copal chino o santo (*Bursera bipinnata*) y el copal ancho (*Bursera copallifera*).²⁷



Figura 4 Extracción del copal

2.5.3 Composición química

Se han realizado estudios realizados sobre el análisis de patrones de referencia mexicana para especies de resina *Bursera* por medio de cromatografía y espectrometría de masas para estudio de materiales arqueológicos.²⁹ Muestras de copal de dos objetos aztecas pertenecientes a una colección de las ofrendas que se encuentra en el sitio del Templo Mayor fueron analizados por cromatografía de gases y espectroscopia de masas (GC-MS). La primera muestra fue parte de un material adhesivo que se encuentra en la base de un cuchillo ceremonial; la segunda muestra provino de un artefacto amorfo probablemente ofrecido como material espiritual. Con el fin de determinar su origen botánico, se estudiaron muestras de resina de ocho especies botánicas certificadas de *Bursera*. El estudio cromatográfico de su composición triterpénica permitió establecer un origen botánico relacionado ya sea para *Bursera bipinnata* o especie *Bursera stenophylla* cuya composición triterpénica es idéntica.²⁹

Las resinas de Burseraceae contienen mono y sesquiterpenos en la fracción volátil y triterpenoides en la fracción no volátil. Particularmente, en la resina de *Protium spp.* y *Bursera spp.* los terpenoides están dominados por α - y β -amirina; y terpenoides que contienen compuestos de lupano (por ejemplo, lupeol) . A menudo la fracción no volátil de *Bursera spp.* contiene lignanos.³⁰

2.5.4 El barniz de copal como sellador en odontología

Un barniz cavitario es un material usado para sellar los túbulos dentinarios que son expuestos durante la preparación de cualquier tipo de cavidad, especialmente si es usado antes de restaurar una cavidad con amalgama. Los barnices cavitarios son soluciones a base de resina de diferentes composiciones.

El barniz de copal contiene disolventes orgánicos (éter, acetona o cloroformo) y es usado debajo de restauraciones metálicas únicamente, ya que el material utilizado como disolvente puede interferir en la reacción de polimerización de la resina compuesta, por lo que su uso con este material de restauración está contraindicado; también está contraindicado el uso del barniz de copal en la cavidad que será obturada con ionómero de vidrio, sin embargo se puede usar para proteger al ionómero ya colocado en la cavidad para aislarlo de la humedad mientras se completa su reacción de fraguado.³¹ Una vez aplicado se evapora el disolvente y se deja una delgada capa semi-permeable que protege las paredes dentinarias y a veces el fondo de la preparación cavitaria.

El barniz de copal actúa como aislante químico y eléctrico, pero no térmico. Su función principal es reducir la microfiltración marginal e impermeabilizar la dentina para evitar el paso de óxidos metálicos de la amalgama a los túbulos dentinarios. Cuando se usa antes de cementar restauraciones con cemento de fosfato de zinc, evita que la acidez llegue a la pulpa disminuyendo su potencial irritante.²⁹

2.5.5 Empleo de resinas de copal para adherir brackets ortodóncicos

Se ha reportado un estudio de propiedades adhesivas con la aplicación de adhesivos Transbond XT y Orthobond así como resina a base de copal en el esmalte después de pruebas de desprendimiento de brackets, además se analizó la condición de la superficie del esmalte después de cada prueba por microscopía

electrónica de bajo vacío (LVSEM), dando lugar a un estudio comparativo de los efectos del uso de las resinas considerando la fuerza medida experimentalmente con relación al área de la base del bracket. Los resultados promedio fueron 6.6, 11.7 y 1.2 MPa para resinas foto, autopolimerizables y resina de copal respectivamente.³²

En otro estudio con respecto a la adhesión de diferentes materiales, se realizaron pruebas con pares de cilindros adheridos entre sí mediante una capa delgada de resina de copal. Los cilindros utilizados para las pruebas fueron de acero y de hueso, en la cual hubo adhesión mecánica con esfuerzo máximo de tensión de 4 y 6 MPa respectivamente.³³

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la época prehispánica el copal era usado con fines terapéuticos, rituales y como pegamento, se cree que pudo haber sido usado para adherir piedras preciosas a los dientes o como aglutinante, ya que la mayoría han resistido el paso de los tiempos en boca sin desprenderse y la mayoría sin señales de caries.

En la actualidad uno de los problemas posteriores al tratamiento ortodóncico es el desarrollo de lesiones de mancha blanca en la superficie del esmalte debido a la presencia de brackets ya que éstos pueden facilitar la retención de placa dentobacteriana ocasionando la desmineralización del esmalte. Por otro lado, si la adhesión es excesiva, cuando ocurre la remoción del bracket se llega a desprender parte del tejido del esmalte que pueden generar subsecuentes fracturas. La adhesión debe ser lo suficiente y eficiente para mantener el bracket durante el tratamiento y soportar adecuadamente las fuerzas de masticación y no dañar el esmalte a la hora de retirarlo después del tratamiento.

Por lo que de este planteamiento se desprenden las siguientes preguntas:

¿La resina de copal tiene propiedades antibacterianas?

¿La adición de Resina de copal a la resina Transbond XT mejorará o la alterará su fuerza adhesiva?

4. JUSTIFICACIÓN

Estudiar la alternativa de usar adhesivos que ofrezcan suficiente adhesión al esmalte dental para soportar las fuerzas de masticación durante el tiempo que dure el tratamiento y sin dañarlo a la hora de retirar la aparatología fija y que además puedan aportar una acción antimicrobiana para evitar el desarrollo de mancha blanca y la probable formación de caries, es un reto en ortodoncia. La probable adición de resinas naturales usadas en la antigüedad por las culturas mesoamericanas para adherir incrustaciones a los dientes en los cuales no se ha encontrado desarrollo de caries, podría ser una opción para lograr este reto. En este estudio se adicionan 2 especies de resina de copal a una resina comercial para cementación de brackets y con los resultados de este estudio se podrá conocer su efectividad tanto en la retención de los brackets como en su potencial antimicrobiano.

5. HIPÓTESIS

La resina comercial Transbond XT adicionada con las resinas de copal de las especies *Bursera copallifera* y *Bursera bipinnata* aportan una resistencia al desprendimiento de brackets igual que una resina comercial indicada para adhesión de brackets.

Las resinas de copal de las especies *Bursera copallifera* y *Bursera bipinnata* tienen capacidad antibacteriana en contra de *Streptococcus mutans*.

6. Objetivos

6.1 Objetivo general

Comparar la adhesión de brackets a esmalte dental utilizando como agentes cementantes dos especies de resina *Bursera copallifera* y *Bursera bipinnata* combinada con la resina comercial Transbond XT contra una resina comercial, así como identificar su actividad antimicrobiana.

6.2 Objetivos específicos

- Determinar la fuerza de adhesión de brackets cementados con la resina Transbond XT en combinación con la resina de copal *Bursera copallifera* al 10 y 15%.
- Determinar la fuerza de adhesión de brackets cementados con la resina Transbond XT en combinación con la resina de copal *Bursera bipinnata* al 10 y 15 %.
- Determinar la fuerza de adhesión de brackets cementados con la resina comercial Transbond XT .
- Medir por medio de dilución en agar (placa de 24 pozos) La actividad antimicrobiana de las resinas *Bursera copallifera*, *Bursera bipinnata* y resina comercial Transbond XT.

7. Metodología

7.1 Tipo de Estudio

- Experimental, transversal.

7.2 Población de estudio

- Resina *Bursera copallifera*
- Resina *Bursera bipinnata*
- Adhesivo Transbond XT 3M Unitek
- Brackets MBT Ah Kim Pech 0.022"

7.3 Criterios de inclusión, exclusión y eliminación

Inclusión

- Premolares extraídos por motivos ortodóncicos, superiores e inferiores.
- Premolares conservados hidratados en agua desionizada
- Premolares libres de caries y fracturas

Exclusión

- Dientes con fracturas, procesos cariosos y que hayan tenido brackets adheridos.

Eliminación

- Brackets que se hayan desprendido durante su manejo o antes de la prueba o dientes que se hayan fracturado durante la experimentación

7.4 Definición de variables

Dependientes

- Resistencia al desprendimiento

Independientes

- Adhesivo Transbond XT
- Resina *Bursera Copallifera*
- Resina *Bursera Bippinata*

7.7 Población de estudio

50 piezas dentales preparadas y divididas en cinco grupos de tratamiento para la evaluación de las pruebas de desprendimiento de brackets. El último grupo es el grupo control.

- 10 premolares con brackets cementados con resina Transbond XT+Resina *B. copallifera* al 10 %.
- 10 premolares con brackets cementados con resina Transbond XT+Resina *B. bipinnata* al 10 %.
- 10 premolares con brackets cementados con resina Transbond XT+Resina *B. copallifera* al 15 %.
- 10 premolares con brackets cementados con resina Transbond XT+Resina *B. copallifera* al 15 %.
- 10 premolares con brackets cementados con resina Transbond XT+Resina.

Para las pruebas microbiológicas se utilizaron 15 muestras:

- 5 muestras circulares de resina comercial Transbond XT
- 5 muestras circulares de resina de copal *B. copallifera*
- 5 muestras circulares de resina de copal *B. bipinnata*

8. MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales para las pruebas de adhesión

- Brackets MBT Ah Kim Pech 0.022 "
- Pinzas de curación
- Posicionador para brackets
- Lámpara de fotopolimerización (BluephaseGermany)
- Pincel
- Portaobjetos
- Molde circular de silicona
- Molde circular de teflón
- Acido grabador (Ac. Fosfórico al 37% 3M USA)
- Cepillo de profilaxis
- Pieza de baja velocidad (Medidental USA)
- Pasta abrasiva
- Jeringa triple
- Agua desionizada
- Frasco
- Maquina Universal de pruebas Autógrafo Shimadzu AG-100kNG
- Adhesivo Transbond XT 3M USA

Equipos para las pruebas de adhesión

- Cámara de refrigeración

Materiales para las pruebas microbiológicas

- Mechero
- Molde de silicona
- 2 Portaobjetos
- Espátula de resinas
- Lámpara de fotopolimerización
- Circulo de teflón

- Cajas de Petri
- Gradilla de 24 pozos

Equipos para las pruebas microbiológicas

- Cámara de anaerobiosis
- Microscopio confocal (Olympus FV1000)

8.1 Preparación de las muestras

8.1.1 Preparación de las muestras para la prueba de resistencia al desprendimiento de brackets

Se realizó un protocolo para limpieza de las superficies del esmalte y almacenaje de los órganos dentarios antes de su uso, de esta forma:

- Los 45 dientes fueron distribuidos aleatoriamente en 5 grupos de 15 C/U: Resina Transbond XT+ Bursera Bipinnata al 10%(BB 10%), Resina Transbond XT+Bursera copallifera al 10%(BC 10%), Resina Transbond XT+Bursera bipinnata 15%(BB 15%), Resina Transbond XT+Bursera copallifera al 15%(BC 15%), Resina comercial Transbond XT (RC).
- Para preparar la resina con copal: se taró la balanza de precisión junto con el papel encerado que se utilizó para para poner las resinas.
- Se dispensó la resina comercial a usar sobre papel encerado, se pesa y se anota en la bitácora.
- Una vez obtenido el peso de la resina comercial se calcula el porcentaje de resina de copal que se usó haciendo una regla de tres:

Resina comercial es al 100% como X es igual al 10% que es el porcentaje que se desea de la resina de Copal.

Ejemplo: $0.210 \times 10\% / 100 = .021$

Se pesaron 0.210 mg de la resina comercial y .021 mg que es la resina de copal.

Ahora la resina al 10% está lista para colocarla en la base del bracket.

- Para bondear los brackets: se realizó profilaxis en cada uno de los dientes con un cepillo y pasta abrasiva.
- Se tomó el bracket con un portabacket para ponerle la resina con copal sobre la base del bracket quedando listo para ponerlo sobre el esmalte. Se colocó sobre el tercio medio del esmalte ácido grabador al 35% por 10 seg con un microbrush, después se lavó con agua por 20 segundos y se secó con aire por 3 segundos.
- Con un microbrush se colocó el adhesivo Transbond XT sobre la superficie del esmalte, se coloca el bracket sobre el esmalte, se toma el posicionador de brackets en el número 4 y se presiona el bracket en la ranura del centro, una vez en posición se quitó el excedente con un explorador y se procedió a fotopolimerizar.
- A continuación los dientes fueron colocados en acrílico para poder hacer las pruebas en la máquina de pruebas mecánicas.

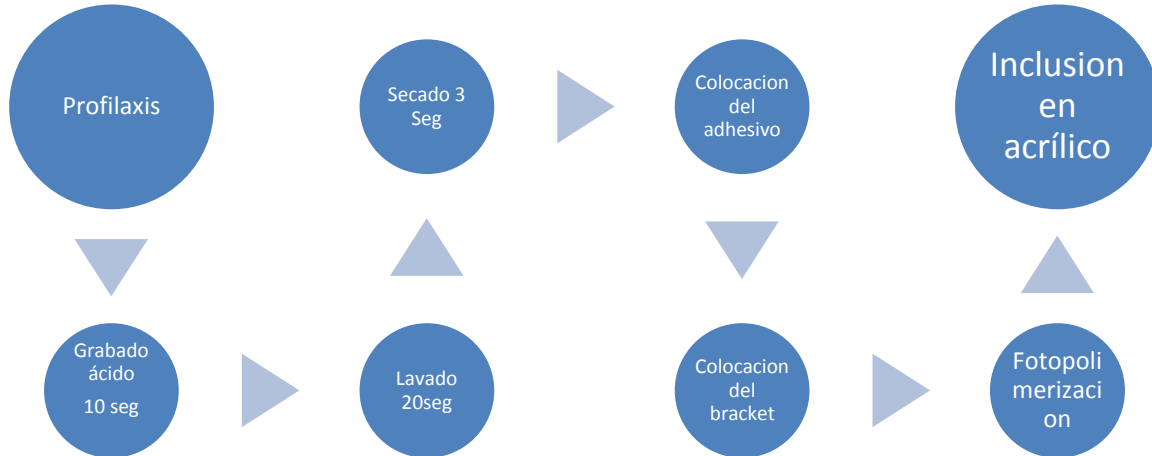


Figura 5 Pasos para realizar las muestras para la prueba de resistencia a la tracción

8.1.2 Preparación de las muestras para las pruebas microbiológicas

- Se realizaron 5 muestras circulares de copal *Bursera copallifera*, 5 muestras *Bursera bipinnata* y 5 muestras de resina comercial Transbond XT, de un diámetro de 5 mm y grosor de 2 mm.
- Para lo anterior, en el caso de las resinas de copal, se utilizó un molde de silicona, con el cual, se procedió a derretir un pedazo de copal, que quedara en una consistencia semisólida en una cuchara de metal sobre una parrilla, se retiró de la parrilla y se vació sobre el molde de silicona, inmediatamente se colocó un portaobjetos para dejar una superficie lisa sobre el copal, se dejó enfriar 40 segundos y se retiró el portaobjetos, y se desprendió la pastilla. A continuación se metió en una bolsa para esterilizar, marcando la bolsa con el nombre de la especie de copal para su identificación.
- Para asegurar que a la hora de someter la resina de copal al calor no perdiera sus componentes y se volatilizaran, se llevaron 4 muestras de resina de copal a un análisis de térmico (termograma), dos de ellas sin someterlas al calor (tomadas directamente de la resina natural en su estado sólido) y las demás sometidas al calor (con el procedimiento que se describió anteriormente).
- Al concluir las 15 muestras en total de las resinas, se guardaron las bolsas en una caja de cartón y se llevaron a esterilizar por rayos gamma en la unidad de irradiación del Instituto de Ciencias Nucleares de la UNAM.

8.1.3 Pruebas de resistencia al desprendimiento

Para mejor control de la pieza dental para las pruebas, los premolares fueron incluidos en acrílico en forma de barras de sección transversal rectangular, los cuales se almacenaron a 37°C en agua bidestilada durante 24 h para posteriormente realizar las pruebas.

Dichas muestras fueron sujetadas en el soporte de la maquina universal

Autógraph Shimadzu AG-100kNG, colocándose adecuadamente la pieza del cabezal sobre la parte superior del bracket, para luego aplicar una fuerza de cizallamiento sobre el bracket a una velocidad de 0.5 mm/min.

Para obtener el esfuerzo, a cada uno de los resultados se le aplicó la fórmula $P = \text{Carga} / \text{Área}$, los cuales fueron sometidos a la prueba ANOVA para determinar si existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos.

8.1.4 Evaluaciones microbiológicas. Método de dilución en agar por microtitulación

Se trasladaron las bacterias *Streptococcus mutans* de las cajas de Agar a un tubo con un medio de mycoplasma HK, el cual se colocó parte de él en un espectrofotómetro para sacar la densidad óptica de la especie bacteriana que se utilizó, se ajustó a 10^6 .

En la placa de 24 pozos se colocaron las 15 muestras de resina, en la primera fila de la columna A se colocaron 5 discos de resina de la especie *Bursera copallifera*, una en cada pozo, en la siguiente fila de la columna B se colocaron 5 discos de resina de la especie *Bursera bipinnata* y en la siguiente 5 discos de resina comercial Transbond XT. Posteriormente se colocó 100 microlitros de la dilución de *Streptococcus mutans* en cada pozo y al final se terminó de llenar el pozo con 900 microlitros de medio HK.

La placa se tapó y colocó en un agitador para reproducir el movimiento de fluido de la saliva en el medio bucal, a 320 revoluciones a una temperatura de 25 °C por 24 hrs.

Al pasar las 24 hrs se lavó tres veces con medio HK cada pozo, Se trasladaron las tres primeras resinas de cada grupo a una placa nueva, a las cuales se les agregó 200 microlitros de medio para sonicar por tres periodos de 5 segundos cada uno,

esto se hizo para desprender alguna bacteria que estuviera adherida a las muestras. Después se agregaron 100 microlitros de cada muestra en cajas de Agar y se dispersaron. Siendo 9 placas de 1×10^5 en una dilución de 10^{-3} para su posterior conteo de unidades formadoras de colonias.

8.1.5 Microscopia confocal

La última muestra de resina de cada grupo que estaba en la placa de pozos, se colocó en portaobjetos para añadir 15 microlitros del reactivo LIVE/DEAD que consistió en mezclar dos volúmenes iguales de SYTO® y Yoduro de propidio y verter tres microlitros de la suspensión en cada una de las tres muestras de resina. Posteriormente se mandaron a la facultad de química para observarlas con microscopía focal e identificar las bacterias vivas y muertas; considerando que las muertas se observarían de color rojo y las vivas de color verde.

El marcador SYTO13 (verde) tiñe la pared celular de las bacterias mientras están vivas. Cuando mueren este marcador es reemplazado por el Ioduro de Propidio y las bacterias aparecen en color rojo.

9. RESULTADOS

9.1 Pruebas de adhesión

A continuación se muestran los resultados (esfuerzo) en megapascales obtenidos por la maquina universal para cada grupo.

TbXT+BB10		TbXT +BC10		TbXT +BB15		TbXT +BC15		Resina Comercial TbXT	
Diente	MPa	Diente	MPa	Diente	MPa	Diente	MPa	Diente	MPa
1	15.875	11	0.35	21	7.75	31	9.075	41	5.45
2	7.9	12	11.1	22	15.55	32	13.025	42	6.375
3	5.375	13	9.35	23	5.1	33	0.325	43	11.525
4	10.25	14	7.975	24	10.275	34	1.9	44	7.525
5	6.175	15	10.2	25	8.2	35	3.125	45	9.125
6	16.95	16	13.175	26	12.475	36	14.05	46	16.975
7	23.225	17	7.9	27	12.7	37	16.875	47	6.85
8	2.8	18	6.2	28	1.825	38	9.375	48	11.475
9	11.15	19	9.025	29	2.225	39	14.2	49	10.6
10	24.525	20	22.05	30	5.475	40	5.45	50	12.85

Figura 6 Tabla de resultados por grupos

Resultados de la Prueba de Adhesión en MPa					
	TbX + 10%BB	TbX + 10%BC	TbX + 15%BB	TbX + 15%BC	TbXT
Valor Promedio	12.4	9.7	8.2	8.7	9.9
Desv. Est. ±	7.5	5.5	4.5	5.8	3.5

Figura 7 Tabla de resultados promedio en MPa.

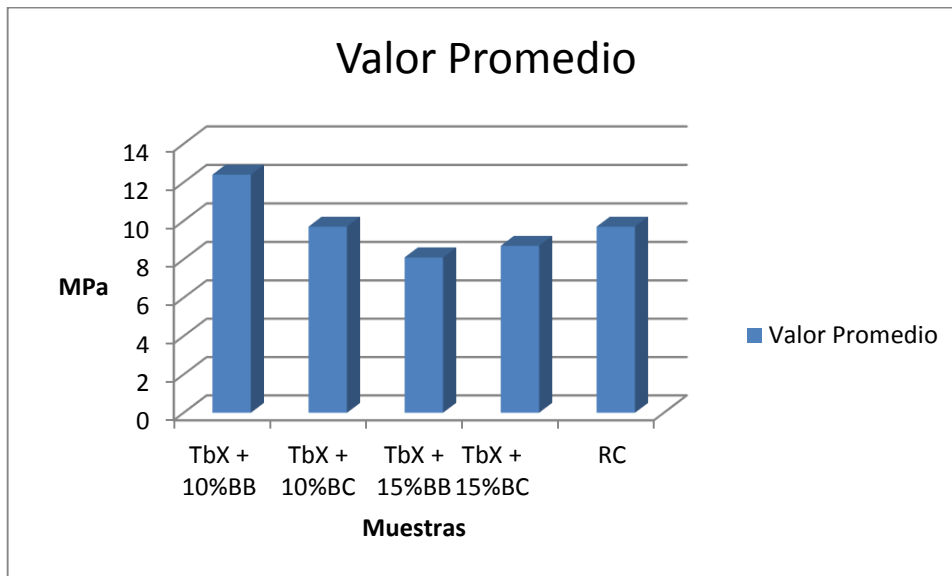


Figura 8. Valores promedio (MPa) de las pruebas de adhesión.

Tratamientos	TbX + 10%BB	TbX + 10%BC	TbX + 15%BB	TbX + 15%BC	TbXT	Total
observaciones	10	10	10	10	10	50
Suma $\sum x_i$	124.225	97.325	81.575	87.4	98.75	489.275
promedio \bar{x}	12.4	9.7	8.2	8.7	9.9	9.8
Suma de cuadrados $\sum x_i^2$	2,046.8506	1,220.4794	855.8631	1,066.8888	1,087.2912	6,277.3731
Varianza s^2	55.9628	30.3626	21.1572	33.6681	12.4594	30.3994
Desviación estándar s	7.4808	5.5102	4.5997	5.8024	3.5298	5.5136
Desviación estándar del promedio	2.3656	1.7425	1.4546	1.8349	1.1162	0.7797
Resultados						
Fuente	SS	df	MS			
Entre tratamientos	107.0804	4	26.7701	$F = 1.07152$		
Dentro de los tratamientos	1382.4922	45	30.722			

Figura 9. Estadística descriptiva para los cinco tratamientos independientes

Los valores promedio para la resistencia al desprendimiento fueron: TbX+BB10% ($\sigma = 12.4$ MPa); TbX+BB15% ($\sigma = 8.2$ MPa); TbX+BC10% ($\sigma = 9.7$ MPa); TbX+BC15% ($\sigma = 8.7$, MPa); y TbX ($\sigma = 9.9$ MPa). El valor p de la prueba ANOVA resultó 0.384, mayor que el nivel de significancia ($p < 0.05$), por lo que se concluyó no existen diferencias significativas entre los grupos evaluados.

9.2 Prueba de microscopía confocal (live and dead)

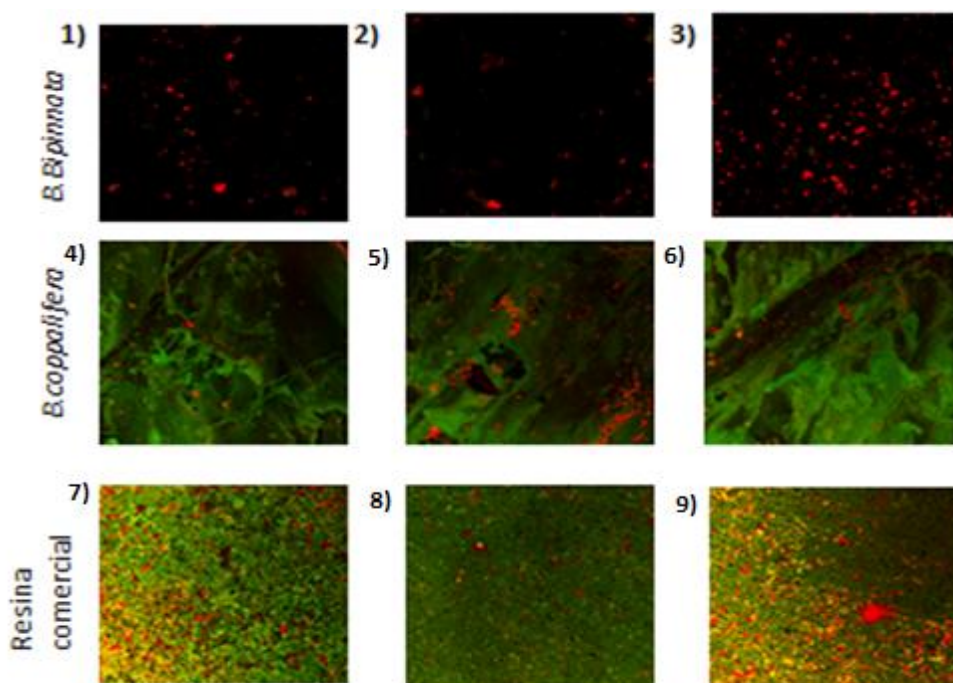


Figura 10. Imágenes de microscopía confocal

Los resultados obtenidos del canal de viabilidad en la especie *S. mutans* evaluados para las superficies de resina se muestran en la figura 8. A las 24 horas se observó mayor valor de canal rojo en la superficie *B. bipinnata*(1,2,3) , seguido de *B. copallifera* (4,5,6) mientras que los valores en la superficie de resina comercial se observó mayor cantidad de canal verde (7,8,9).

9.3 Prueba de inhibición de crecimiento bacteriano

Conteos de las Unidades Formadoras de Colonias (UFC's). Se realizó a través de los conteos de las UFC's para el ensayo de adhesión bacteriana a las 24 horas para *S.mutans* en las diferentes superficies. Fig 11

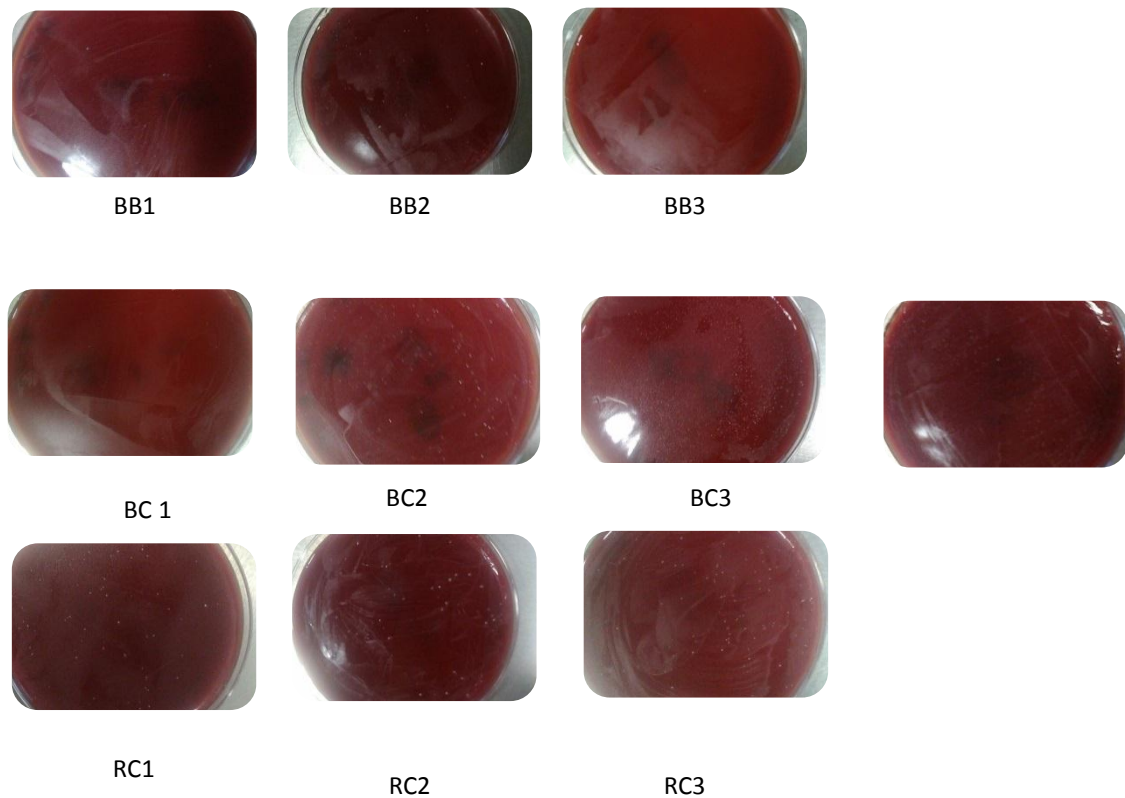


Figura 11 Cultivos de *S.mutans*

Se observó la mayor adhesión bacteriana en las superficies control de Resina comercial (fondo del pozo de la caja de cultivo) con conteos de 74.6×10^{-3} , en la superficie de *Bursera bipinnata* con conteos de UFC's de 24.3×10^{-3} y en la que se observó menor número de UFC's fue la superficie sustrato de *Bursera copallifera* con valores de 3.6×10^{-3} , seguido de *Bursera bipinnata* donde no se observó diferencias significativas entre las superficies experimentales ($p > 0.05$), como se muestran en la figura 11.

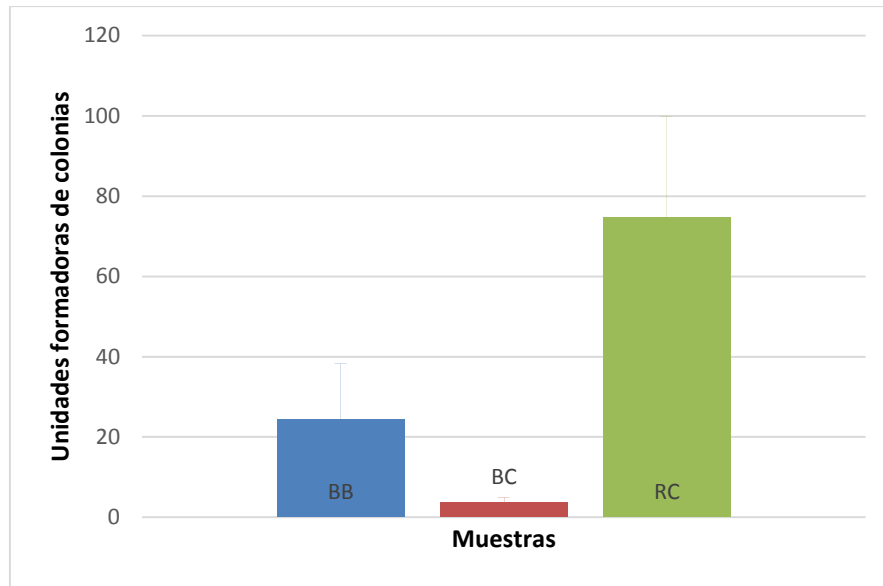


Figura 12. Gráfica de conteo de las unidades formadoras de colonias (UFC's) de la especie *S. mutans* a 24 horas sembradas en placas de agar, retomadas de las superficies control de resina (RC), *Bursera copallifera* (BC), *Bursera bipinnata* (BB) $p > 0.05$.

Unidades Formadoras Colonia					
Placas	Bacterias	Placas	Bacterias	Placas	Bacterias
BB1	23	BC1	5	RC1	33
BB2	49	BC2	1	RC2	71
BB3	1	BC3	5	RC3	120

Figura 13 Resultados del conteo de unidades formadoras de colonias de las placas de agar

10. Discusión

Los resultados que se obtuvieron para la prueba de resistencia al desprendimiento del grupo control TbX (9.9 MPa) fueron similares al grupo TbX+10%BC (9.7 MPa), los valores del grupo TbX+ 10%BB superaron incluso a los grupos mencionados, y se puede observar que a los grupos que se les adicionó 15% de BB y BC mostraron valores ligeramente inferiores al del grupo control (TbX+BB 15% 8.2 MPa y TbX+BC 15% 8.7 MPa respectivamente) a pesar de lo cual no hubo diferencias significativas entre los grupos. En este estudio se eligió el adhesivo transbond XT como grupo control ya que es el adhesivo que ha sido utilizado frecuentemente en otras investigaciones como parámetro de comparación;^{15,32,34} Belio y cols.³², compararon la resistencia al desprendimiento de brackets usando Transbond XT contra una resina de copal y una resina autopolimerizable. Para la resina comercial Transbond XP reportan una resistencia promedio de 11.7 MPa, que es un valor ligeramente mayor a los 9.9 MPa encontrado en la presente investigación, sin embargo es una diferencia no significativa, ya que ese valor queda dentro del intervalo abarcado por la desviación estándar. La resistencia promedio reportada resina de copal pura fue de 1.2 MPa³², que es muy baja con respecto a las muestras TbX adicionadas con copal BB y BC reportadas aquí. Para la resina autopolimerizable orthobond reportaron 6.6 MPa³², que es ligeramente bajo con respecto a las resinas TbX, TbX+BB y TbX+BC. Las desviaciones estándar indican una considerable dispersión en los valores medidos para la resistencia al desprendimiento de brackets. Un factor muy importante que puede estar influyendo es la homogeneidad de la película de resina adhesiva que sujeta el bracket a la pieza dental. Es necesario entonces, buscar controlar la homogeneidad de la capa de resina, y un óptimo procedimiento para la preparación de la resina, así como la adhesión del bracket a la pieza dental.

El espesor de la película que pueda lograrse con la resina preparada, juega un papel importante: Orta Amaro³³ realizó estudios de adhesión con la resina de copal, con la unión de dos cilindros de acero inoxidable, obteniendo esfuerzos

máximos de tensión entre 4 y 6 MPa; y en cilindros de hueso de entre 0.05 y 0.1 MPa (norma D 2095-92 de la American Society for Testing Materials). Si se usan dos placas de hueso unidas con el adhesivo (copal) el esfuerzo máximo de tensión encontrado varió entre 0.04 y 0.01 MPa³³. Esta evaluación se llevó a cabo utilizando la norma D 1344-54 de ASTM. De aquí se puede inferir, que los mayores valores de resistencia ocurren por el mejor contacto de la resina con la superficie de metal que con el tejido óseo, donde también interviene la rugosidad y el tipo de tratamiento con ácido grabador a la superficie de unión.

La inquietud de utilizar la resina de copal en la adhesión de los brackets, se debió a su comprobada eficacia antimicrobiana como se reporta en los estudios de Thneibat , Fontana y Cochra.³⁵ Ellos comprobaron la acción antimicrobiana sobre la superficie radicular de un cemento con cobre mezclado con barniz de copal; Orta Amaro³³ señala que el copal tiene propiedades bactericidas y esto se debe a sus componentes fenoles y aldeídos. Además que en los dientes prehispanicos con incrustaciones se ha encontrado una muy baja incidencia de lesiones cariosas.³³ Orta Amaro refiere a Faslicht que sostiene que una posibilidad de que la resina de copal podría ser la base del pegamento es que esta goma no es soluble en agua y tal vez mezclada con otra sustancia tuviese éxito en la fijación de las incrustaciones; otra posibilidad, es que se utilizara polvo de dientes junto con alguna resina como aglutinante.³ Estas hipótesis no se han podido comprobar ya que los métodos para realizar diversos estudios requieren fragmentar la pieza a estudiar, lo que ha limitado la comprobación, además que en los componentes del copal existe una fracción volátil.

Con relación a los resultados del análisis de crecimiento bacteriano, se observó que con la especie *B. bipinnata* hubo mínima cantidad de crecimiento bacteriano; mientras que en la muestra de la especie *B. copallifera* se observó un número considerable de colonias vivas sobre la pastilla de copal; a diferencia del crecimiento bacteriano abundante que hubo en la muestra control de Transbond XT. En cuanto a los resultados del conteo de unidades formadoras de colonias se

observó un menor número de colonias de *S.mutans* en la placa que contenía la especie *B.copallifera* seguida de la especie *B.bipinnata* y al final la Resina Transbond XT.

Existen reportes en la literatura acerca de la eficacia antimicrobiana de muchos productos naturales como la cúrcuma, en cuanto a resinas vegetales se ha reportado que la resina de pino, en especial la pasta clorofila caroteno y el concentrado de ácidos grasos de dicha resina presentan propiedades antimicrobianas frente a *S.aureus*³⁶.

Es conveniente hacer más estudios que permitan identificar un porcentaje óptimo de resina de copal para evitar la presencia bacteriana alrededor de los brackets, en este estudio se trituró la resina de copal para adherirla, es conveniente hacer otros estudios para homogenizar las partículas de resina de copal que no cause un espesor de película heterogénea sino que sea delgado y haya mayor cercanía al esmalte. Al igual sería apropiado mejorar las características físicas de la resina para mejorar la manipulación.

11. Conclusiones

1. En las pruebas de adhesión de brackets a piezas dentales, el grupo de muestras donde se usó como adhesivo resina Transbond XT con 10% de resina de *B. copallifera*, mostró en promedio 9.7 MPa para la resistencia al desprendimiento del bracket aplicando una fuerza de cizalladura. Este resultado es similar al obtenido para el grupo de muestras donde se usó como adhesivo la resina Transbond XT (grupo control), con 9.9 MPa como valor promedio para la resistencia al desprendimiento del bracket aplicando una fuerza de cizalladura. No se encontraron diferencias significativas entre los esfuerzos de adhesión observados en ambos grupos de muestras.
2. En las pruebas de adhesión de brackets a piezas dentales, el grupo de muestras donde se usó como adhesivo resina Transbond XT con 10% de resina de *B. bipinnata*, mostró en promedio 12.4 MPa para la resistencia al desprendimiento del bracket aplicando una fuerza de cizalladura. Este resultado es ligeramente mayor al obtenido para el grupo de muestras donde se usó como adhesivo la resina Transbond XT (grupo control), con 9.9 MPa como valor promedio para la resistencia al desprendimiento del bracket aplicando una fuerza de cizalladura. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre los esfuerzos de adhesión observados en ambos grupos de muestras.
3. Al aumentar las concentraciones de resina a 15 % usando *B. copallifera* o *B. bipinnata*, a la resina comercial Transbond XT; los esfuerzos promedio de adhesión bajan a 8.7 y 8.2 MPa respectivamente. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre los esfuerzos de adhesión observados de cada uno de estos grupos de muestras, con el grupo control.
4. La resina de copal *B. copallifera* tuvo menor conteo de unidades formadoras de colonias con respecto a la resina Transbond XT.
5. La resina de copal *B. bipinnata* tuvo menor conteo bacteriano de colonias de *S. mutans* con respecto a la resina Transbond XT.

12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Camps Alemany I. La evolución de la adhesión a dentina. *Avances en Odontoestomatología* 20 (2004) 11-17.
2. Romero Javier. *Mutilaciones dentarias*. 3a ed. Mexico: Instituto Nacional de Antropología e Historia; 1958.
3. Pompa y Padilla, José Antonio. El embellecimiento dentario en la época prehispánica. *Arqueología Mexicana* 14 (1995), 62-65.
4. Berdan Frances F. La Tecnología de los Antiguos Mosaicos Meso-americanos: Una Investigación Experimental de Super Pegamentos Alternativos. FAMSI, Universidad del Estado de California en San Bernardino (2007).
5. Hernández, Francisco. Historia de las plantas de Nueva España, publicada por el Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México y bajo la Dirección del Dr. Isaac Ochoterena, Director del mismo Instituto. México. Imprenta Universitaria. Vol. 1, 1942; Vol. 2, 1943; VQ1.3, 1946.
6. Sahagún, Bernardino. Historia General De Las Cosas De La Nueva España, Editorial Porrúa, colección "Sepan Cuantos", México 1979.
7. Rincón Zambrano Fernando R, Carnejo Aguilar Defrén G. Adhesivos Dentales en Odontología. Conceptos fundamentales, RAAO Vol. XLIV (2005) 26-29.
8. Mandri María Natalia, Aguirre Grabre de Prieto Alicia, Zamudio María Eugenia. Sistemas adhesivos en Odontología Restauradora. *Odontoestomatología* 17 (2015) 50-56.
9. Raymond F. Wegman, James Van Twisk. Surface Preparation Techniques for Adhesive Bonding. Elsevier, 2ª ed. (2003).
10. Substrates and Adhesion - 3M. https://www.3m.com/3M/en_US/bonding-and-assembly-us/resources/full-story/?storyid=1d2481ca-5c8c-455d-952d-5ed90e04e8a7
11. Levy Elie. Diccionario Akal de Física, Ed Akal (1992) España.
12. Orioli, Gustavo. Absorción foliar de azufre radioactivo en plantas de frijol. Tesis de Magister Agriculturae, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Turrialba, Costa Rica (1963).
13. Real Macchi R. Materiales dentales. 4ª ed. Buenos Aires, Arg.: Médica Panamericana (2007).

14. López Palacios Eira, Sáez Espínola Gabriel. Propiedades físicas de cuatro adhesivos para brackets. Estudio comparativo, *Revista Mexicana de Ortodoncia* 2 (2014) 32–37.
15. Henostroza Gilberto. Adhesión en Odontología Restauradora. 2ª edición Ed. Ripano (2009).
16. Sofan, E., Sofan, A., Palaia, G., Tenore, G., Romeo, U., Migliau, G. Classification review of dental adhesive systems: from the IV generation to the universal type. *Annali di Stomatologia* 8 (2017) 1-17.
17. Thompson RE, Way DC. Enamel loss due prophylaxis and multiple bonding/debonding of orthodontic brackets. *Am J Orthod.* 79 (1981) 282-295.
18. Ingraham J, Ingraham C, Prentiss H, Nieto J, Quesada E, Ventosa A. Introducción a la microbiología Vol 2. Barcelona, Reverté (1998).
19. Xiaoying Wang, Bianhong Wang, Yanhua Wang. Antibacterial orthodontic cement to combat biofilm and white spot lesions. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 148 (2015) 974-981.
20. Simón-Soro A, Mira A. Solving the etiology of dental caries. *Trends Microbiol.* 23 (2015) 76-82.
21. Liébana Ureña J. Microbiología oral (2a. ed.). McGraw-Hill España (2000).
22. Marsh Philip D. Microbiología Oral, 5ª ed, Amolca (2011).
23. Cher Farrugia, Josette Camilleri. Antimicrobial properties of conventional restorative filling materials and advances in antimicrobial properties of composite resins and glass ionomer cements—A literature review. *Dental Materials* 31 (2015) e89–e99.
24. García Martínez L.E. Aspectos socio-ecológicos para el manejo sustentable del copal en el Ejido de Acateyahualco, Gro. Tesis de Licenciatura en Ciencias Ambientales, Centro de Investigaciones en Ecosistemas, UNAM (2012).
25. Rzedowski Jerzy, Medina Lemus R. y Calderón de Rzedowski G. Las especies de *Bursera* (Burseraceae) en la cuenca superior del río Papaloapan (México). *Acta Botanica Mexicana* 66 (2004) 23-151.
26. Martínez Cortés, Fernando. Pegamentos, gomas y resinas en el México prehispánico,. S.E.P Setentas, México (1974).
27. Montufar López A. Identidad y simbolismo del copal prehispánico y reciente.

Arqueología 33 (2004) 60-71.

28. Montúfar López A.A. Ofrendas de copal: un estudio comparativo entre el Templo Mayor de Tenochtitlán y Temalacatzingo, Guerrero. Tesis de Doctorado en Biología, Facultad de Ciencias, UNAM (2012).
29. Lucero-Gómez P., Mathe C., Vieillescazes C., Bucio L., Belio I.A., Vega R. Analysis of Mexican reference standards for *Bursera* spp. resins by Gas Chromatography-Mass Spectrometry and application to archaeological objects. *Journal of Archaeological Science* 41 (2014) 679-690.
30. Case, R.J., Tucker, A.O., Maciarello, M.J., Wheeler, K.A. Chemistry and Ethnobotany of Commercial Incense Copals, Copal Blanco, Copal Oro, and Copal Negro, of North America. *Econ. Bot.* 57 (2003) 189- 202.
31. Barrancos Mooney, J., Barrancos, P.J. *Operatoria dental: integración clínica*. 4ta edición, Ed. Médica Panamericana, 2006.
32. Belio-Reyes, I.A., Bucio, L., Lopez-Angulo, S.S., Zamora, A.M., Peraza-Garay, F., Jimenez, J. Effect of the application of photopolymerized, autopolymerized and copal-based resins in dental enamel after shear strength testing on bonded brackets. 4th Kuala Lumpur International Conference on Biomedical Engineering 2008, BIOMED 2008. International Federation for Medical and Biological Engineering Proceedings, Vol. 21. p. 318-321.
33. Orta Amaro, M.N.. *Copal: Microestructura, Composición y Algunas Propiedades Relevantes*. Tesis de Licenciatura en Ingeniería Química Industrial, Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas, Instituto Politécnico Nacional, México, 2007.
34. Rix D, Foley TF, Mamandras A. Comparison of bond strength of three adhesives: composite resin, hybrid GIC, and glass-filled GIC. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 119 (2001) 36–42.
35. Thneibat A., Fontana M., Cochran M.A., Gonzalez-Cabezas C., Moore B.K., Matis B.A., Lund M.R. Anticariogenic and antibacterial properties of a copper varnish using an in vitro microbial caries model. *Operative Dentistry* 33-2 (2008) 142-148.
36. Mancebo Dorvigny, Betty, Regalado Veloz, Ada Ivis, Hernández, Edinelson Lorenzo, Díaz Aguirre, Susana, Cordero Machado, Elena, & Sánchez Perera, Luz María. (2016). Actividad citostática, citotóxica, antibacteriana y cicatrizante de extractos de *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* (pino macho). *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 21(2016) 96-107.