



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

---

---



## **FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

**PROGRAMA DE TITULACIÓN POR ALTO PROMEDIO (TAP)**

ESTUDIO COMPARATIVO DE LA FUERZA DE  
ADHESIÓN A DENTINA EN SISTEMAS DE 5<sup>a</sup> Y 7<sup>a</sup>  
GENERACIÓN (VIGENTES Y CADUCOS)

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**CIRUJANA DENTISTA**

P R E S E N T A:

ILSE NAIR ANAYA GUTIÉRREZ

TUTOR: Mtro. JORGE GUERRERO IBARRA



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.

*Dedico este trabajo a mis sobrinos Alex y Leo,  
pues me inspiré en su perseverancia y esfuerzo para poder  
realizar este trabajo, los amo.*



## Agradecimientos

Agradezco primeramente a mis padres, sin ellos no hubiera logrado este maravilloso sueño de poder convertirme en odontóloga. Papá, gracias por tu inmenso apoyo (en todos los aspectos), por tus palabras que nunca sobraron y por servirme de ejemplo de esa fortaleza que te caracteriza. Mamá, gracias por estar siempre a mi cuidado, por soportar mi inestabilidad a lo largo de este proceso y por impulsarme a levantarme todos los días.

A mis queridas hermanas, Ingrid y Susana, sin su ejemplo quizá no hubiera ni comenzado la carrera. Gracias por hacer mi vida tan divertida y por darme el maravilloso regalo de ser tía.

\* \* \*

A mi tutor, el maestro Jorge Guerrero, por su tiempo durante la elaboración de la investigación, sus conocimientos y su apoyo. A Grace por sus comentarios a este trabajo. Muchas gracias!!

Gracias al Lic. Roberto Muñiz, por su ayuda desde el inicio de mi carrera; a la Lic. Renatta Arrazola porque sin su apoyo no hubiera podido terminar tan a tiempo y con reconocimiento mi carrera.

A mis cuñados, Adrián y Anuar, por brindarme su ayuda. A mis abuelitas Elena y Coco, a mi abuelo Miguel Ángel, a Lilina, Rosi, Carlos, Chabe y al resto de mi familia, quienes estuvieron pendientes de mí y de mis estudios, gracias por su apoyo moral para no caer o, en su defecto, poder levantarme.

Gracias a Erbey Solís, Ricardo Colin, Yanin, Pamish, Janine, Gis, Luis Mario, Édgar Abarca, Sykeim, Viri Chávez, Elena, Gaby Soler, Karen, Alberto Panto, Andy, Manuel, Norberto, Frank, entre otros, que además de ser mis amigos,

confiaron en mí y fueron mis pacientes, o quizá solo me brindaron su apoyo, por más pequeño que fuera, en verdad se los agradezco.

A mis amigas Fer, Iray y Monse por hacer mi carrera más divertida y convertir años críticos en experiencias inolvidables, de verdad las quiero. A Marianita, Pabs, Ño, Pam Peña, Sophie Corona, Karla Jaqueline, Lau Ferreira, Topetin, Lau Espinosa, Hugo Frias, Javier, Dieter, Antonio, Santi, Adrian, Berumen, Daniela, Sandy González, entre muchos más sin mencionar, por su amistad, compañerismo y ayuda en diversos momentos de mi carrera.

A todos mis maestros que aportaron algo a mi formación académica, conocimiento y ética profesional. A aquellos que me brindaron su tiempo más allá de las aulas, gracias al Dr. Carlos Espinoza, Dr. Rafael Valentín, Dra. Maribel, Dr. Rodrigo Hernández, Dra. Santa Ponce, Dr. Arturo Saracho, Dr. Francisco Marichi, Dra. Isabel Martínez, Dr. Filiberto Enríquez, Dra. Fabi Venegas, Dra. Ana Elizabeth Guadalajara, Dra. Alinne Hernández, Dr. Juan Kuri, Dra. Susy Saldívar. A las doctoras Alicia Montes de Oca, Jacky Padrón, Zugey Cisneros, Nancy Arzate, por cambiar mi perspectiva de la odontopediatría; al Dr. Gustavo Argüello, Dr. Julián Jardón y, en especial, al Dr. Mario Palma por su ayuda incondicional desde el primer año de mis estudios; al Dr. Juan Arau (q.e.p.d.), por sus enseñanzas y apoyo, a mi familia y a mí; al Dr. Jacobo Rivera, por sus consejos y facilitarme herramientas para la elaboración de mi tesis; al Dr. Raúl Aranda por permitirme aprender fuera de mis horarios, al Dr. Juan Carlos Flores por compartir su experiencia y al Dr. Roberto Correa por su confianza, ejemplo y transmitirme mejor que nadie el verdadero valor de un odontólogo.

Y, por supuesto, gracias a Dios y a Santa Ángela de Merici por permitirme alcanzar un logro más en mi vida.

## Índice

1. Introducción	11
2. Antecedentes	15
Estructura dental	15
Materiales de restauración estética	18
Adhesión	25
Sistemas adhesivos	28
Sistemas de autograbado	46
3. Planteamiento del problema	55
4. Justificación	57
5. Hipótesis	59
Verdadera	59
Nula	59
6. Objetivos	61
General	61
Específicos	61
7. Metodología	63
Criterios	63
Variables	64
8. Muestreo o universo de trabajo	65
9. Método	67

10. Resultados	73
11. Discusión	75
12. Conclusión	81
13. Referencias bibliográficas	83



## 1. Introducción

La resina compuesta o *composite* es un material combinado, cuyo origen se remonta al año 1962, cuando se desarrolló el monómero bisfenol glicidil metacrilato (Bis-GMA) para buscar una alternativa a las resinas acrílicas que presentaban propiedades físicas y mecánicas deficientes; es la base de las resinas compuestas que conocemos en la actualidad. Una resina compuesta se define como “una combinación tridimensional de al menos dos materiales químicamente diferentes con una interfase distinta que une los componentes”.<sup>[1]</sup> El *composite* tiene una fase orgánica formada por moléculas de diacrilatos, que son moléculas con dos dobles ligaduras que polimerizan por una reacción de poliadición de tipo radicalica, y otra fase con partículas cerámicas que permiten lograr una rigidez elevada y disminuir el coeficiente de variación dimensional térmico.<sup>[1]</sup>

A pesar de su evolución, estas resinas aún presentan ciertos defectos: la falta de adhesión específica que no poseen por sí solas a la estructura dentaria, el grado de contracción que experimentan durante la polimerización y el coeficiente de variación dimensional térmico. Estas deficiencias permiten el desarrollo de una interfase entre el diente y la restauración debido a un sellado marginal deficiente y, en consecuencia, producen el fenómeno de *filtración marginal*, el cual se define como el pasaje a través de fisuras indetectables en la interfase diente-restauración de fluidos, bacterias, moléculas o iones que podrían llevar al fracaso de la restauración.<sup>[1]</sup>

La adhesión es resultado de un proceso que puede ser afectado por una multiplicidad de factores; por esta razón, se ha analizado lo que sucede después de la preparación mecánica de la cavidad con instrumentos

rotatorios, que conlleva a la formación de estructuras que pueden modificar la adhesión a dentina, perjudicándola e incluso anulándola. Así, posterior a la remoción del tejido dentario afectado, sobre la superficie dentinaria se forma una capa amorfa de detritus orgánico e inorgánico, descrita como dentina aplastada o barro dentinario (barrillo dentinario, capa de desechos), cuyo espesor varía entre 0.5 y 5.0 micrones.<sup>[2]</sup>

Con la introducción del grabado ácido se crean microporosidades en el esmalte, eliminan el barrillo dentinario y se abren los túbulos de la dentina. Esto permite que las microporosidades del esmalte, el colágeno expuesto y la porción más externa de los túbulos dentinarios sirvan de retención a la resina adhesiva; de esta forma se asegura el sellado de los túbulos y los márgenes de la obturación. Este procedimiento obliga a usar diferentes componentes y a seguir un proceso de varias etapas para preparar esmalte y dentina con la finalidad de lograr una adhesión eficaz.<sup>[3, 4]</sup>

En el esmalte, la adhesión se logra preparando la superficie seca mediante la aplicación de ácido fosfórico por 15 segundos. El ácido logra disolver y penetrar las zonas inter o intraprismáticas de manera que crea un área socavada y origina patrones de desmineralización característicos en el esmalte. Después, estos sitios se impregnan con la resina adhesiva, que al polimerizar producen una unión íntima con el esmalte que asegura la unión a la resina compuesta y el sellado de los márgenes de la restauración.<sup>[5, 6, 7]</sup>

En la dentina, en cambio, los resultados son más variables y el proceso es más complejo. La desmineralización deja una red de colágeno expuesta y abre parcialmente la porción más externa de los túbulos dentinarios, los cuales se impregnan con la resina adhesiva, que al polimerizar origina la capa híbrida y las interdigitaciones (*tags*), responsables de la adhesión, dando una retención de alta calidad en condiciones ideales. Sin embargo, esta adhesión dentinaria puede verse afectada por la profundidad de

desmineralización y la mayor o menor difusión e impregnación de los monómeros, entre otros factores.

Los adhesivos de autograbado se aplican directamente sobre la cavidad tallada y seca. Su acidez produce la disolución del barrillo dentario, la descalcificación de la capa más superficial de la dentina y la imprimación del adhesivo sobre las fibras de colágeno en un solo paso. Por tal motivo, resulta teóricamente imposible que quede alguna zona de dentina descalcificada y no impregnada de resina, lo cual constituye un punto débil en la adhesión de los anteriores sistemas de grabado total.

Las restauraciones adhesivas tienen varias ventajas sobre los métodos tradicionales no adhesivos que pueden perjudicar el éxito clínico de las restauraciones.<sup>[8]</sup> Entre sus ventajas, destacan:

- Reducir la microfiltración en la interfase diente-restauración.
- Evitar la microfiltración en el ingreso de fluidos orales y bacterias a lo largo de la cavidad.
- Reducir los problemas clínicos como la sensibilidad posoperatoria, pigmentación marginal y caries recurrente.

Los adhesivos de autograbado poseen un pH más elevado en relación al ácido fosfórico utilizado por los sistemas adhesivos de grabado total. Por ello, la resistencia adhesiva en los sistemas de autograbado podría ser afectada por diferencias en la cantidad y calidad del barro dentinario, debido a la débil acidez del autograbado. Asimismo, al no lavarse estos materiales incorporan el barro dentinario o sus componentes dentro de sus capas de adhesión, lo cual disminuye el grado de penetración de los agentes imprimantes al interior de la dentina, siendo más notoria su penetración en la dentina intertubular.



## 2. Antecedentes

### Estructura dental

Para comprender mejor el tema de esta investigación, es necesario recordar de manera rápida y sintética algunos conceptos básicos como las estructuras dentales sobre las cuales actúan los sistemas de adhesión.

#### *Esmalte*

El esmalte dental es un tejido de origen ectodermal altamente calcificado de extrema dureza. Es el tejido más mineralizado de todo el organismo con un elevado contenido de materia inorgánica (95%), de materia orgánica (3%) y de agua (2%). Está constituido por cristales de hidroxiapatita, fluoruro y formas carbonatadas; además de calcio y fosfato en altas concentraciones. La hidroxiapatita es un biocristal de estructura hexagonal, compuesto en su mayoría por átomos de calcio, fósforo e hidrógeno. El esmalte se constituye micro-morfológicamente de los llamados *prismas mineralizados del esmalte*, que poseen una zona central y una zona periférica compuesta por el material interprismático. Existen zonas del diente carentes de prismas: la capa superficial (no todos los prismas alcanzan esta zona), la región cervical de los dientes permanentes y las foseas y fisuras de los dientes temporales.<sup>[9]</sup>

El esmalte está formado por prismas o varillas resultado de la organización de cristales de hidroxiapatita, los cuales presentan un curso ondulado a lo largo del espesor del esmalte, manteniéndose en pila y localizados alrededor de la superficie de la dentina.<sup>[10, 11, 12]</sup>

Se caracteriza por ser acelular, avascular y aneuronal, que reacciona ante un estímulo nocivo o ataque químico, físico o biológico con pérdida de sustancia estructural, cuya magnitud está relacionada directamente con la intensidad del agente causal.<sup>[1]</sup>

El esmalte cubre la dentina, es rígido por su elevado módulo elástico y frágil debido a su poca deformación permanente. Es translúcido de color variable, entre amarillo claro y gris azulado; la tonalidad de los dientes está dada por la dentina que se trasluce a través del esmalte y está determinada genéticamente. En general, los dientes tienen un color amarillento, excepto en el borde incisal donde predomina el color gris azulado del esmalte.<sup>[5, 10, 11]</sup>

Dentro de las propiedades físicas del esmalte destaca su dureza relacionada con la deformación que varía entre 200-500 en la escala de Knoop; posee una fuerza a la tensión relativamente baja por lo que se considera un tejido duro-quebradizo, lo cual es compensado por la elevada resistencia a la compresión de la dentina subyacente.<sup>[9]</sup> Estas propiedades determinan que el esmalte no pueda regenerarse, aunque sí es capaz de remineralizarse.

El esmalte es de espesor variable en toda su extensión: menor en el segmento cervical y aumenta gradualmente hacia el segmento incisal y oclusal; presenta mayor espesor en vestibular que en lingual, y en mesial más que en distal. Su mínimo espesor se encuentra a nivel de la unión amelocementaria donde termina en borde afilado; también es muy delgado en los surcos intercuspídeos y fosas, incluso a veces puede faltar, por ello son zonas con mucha probabilidad de formación de caries. Su espesor máximo (2-3 mm) se localiza en las cúspides de los dientes posteriores y en el borde incisal de los anteriores, zonas de gran impacto al masticar.<sup>[5, 10, 11]</sup>

## *Dentina*

La dentina está delimitada en su exterior por el esmalte y en su interior por el tejido pulpar. Es un tejido mineralizado avascular y acelular, presenta un color blanco-amarillento. Está constituida de materia inorgánica (70%), de materia orgánica (20%) y de agua (10%). La materia inorgánica consiste principalmente de cristales de hidroxapatita y, en menor proporción, de fosfatos amorfos y carbonatos. A diferencia del esmalte, contiene una proporción mayor de carbonato y magnesio y sus cristales son más pequeños (diez veces menores). Guardan similitud con los del hueso y cemento; están distribuidos dentro de las fibras colágenas de la matriz orgánica, otorgándole propiedades elásticas y flexibilidad que evitan la fractura del esmalte.

En la dentina se encuentran los túbulos o canalículos dentinarios, al interior de los cuales están las prolongaciones citoplasmáticas de los odontoblastos, además de una terminación nerviosa y un fluido líquido; los odontoblastos, a su vez, están en la capa más externa de la pulpa dentaria y su función es elaborar microfibrillas de colágeno.<sup>[2]</sup>

De acuerdo al periodo y tipo de formación, la dentina se clasifica en *dentina primaria*, que se forma hasta que se alcanza la longitud total del diente, según algunos autores, o hasta que el diente entra en oclusión, a decir de otros investigadores; *dentina secundaria*, que se forma durante toda la vida dentaria y *dentina terciaria*, que se forma como respuesta a estímulos patológicos.<sup>[13]</sup> La dentina está en íntimo contacto con la pulpa a través de unas células que se localizan en el límite pulpo dentinario, denominadas odontoblastos.<sup>[10, 14, 15]</sup>

La pulpa dentaria forma parte del complejo dentino pulpar y tiene su origen embriológico en el ectomesénquima conocido como papila dental. Es un tejido altamente diferenciado y con definida capacidad de reparación. La

capa exterior de la pulpa, que contacta con la capa interior de la dentina, está formada por los cuerpos celulares de los odontoblastos.<sup>[16]</sup> Es un tejido conjuntivo laxo especializado que contiene vasos sanguíneos y fibras nerviosas de mayor diámetro. Aunque no es considerado como un tejido externo, está expuesta a estímulos externos constantes, por lo tanto es muy sensible. Una variedad de estímulos externos han demostrado tener un efecto directo sobre la pulpa. La reacción varía y depende de la característica y duración del estímulo: desde un grado de inflamación que progrese clínicamente de reversible a irreversible hasta necrosis pulpar.

### **Materiales de restauración estética**

Los órganos dentarios, a lo largo de su vida útil, están sujetos a la posibilidad de sufrir pérdida en su estructura. Algunas de las causas que lo provocan son traumatismos, malformaciones congénitas y lesiones cariosas. Esta última es la causa más común de la pérdida completa de órganos dentarios en todas las poblaciones del mundo; en consecuencia, la restauración es frecuente y muy necesaria en el sector odontológico.<sup>[17, 18]</sup>

Una de las finalidades de la odontología restauradora es rehabilitar los órganos dentales con destrucciones severas, para devolverles su anatomía y restablecer su función. La restauración se ajusta, mantiene íntegros los tejidos remanentes, sella correctamente (para prevenir la recidiva de caries) y protege los órganos dentales restaurados de la filtración de humedad y fluidos bucales. El objetivo de todo odontólogo es lograr una restauración durable que ejerza una correcta función.

La rehabilitación de los órganos dentarios dañados requiere de un biomaterial de restauración que reemplace la estructura faltante, intentando recuperar la forma y funciones perdidas del órgano dentario.<sup>[17]</sup> La evolución



y desarrollo de los biomateriales en años recientes ha alcanzado un alto nivel debido a la velocidad de los avances y los resultados obtenidos en diversas investigaciones especializadas en varias universidades del mundo.

La alta demanda de tratamientos estéticos de los pacientes durante los últimos años también ha acelerado la aparición de nuevos materiales; esto ha dado lugar a eliminar las restauraciones antiguas y a sustituirlas por restauraciones estéticas que conserven por más tiempo la estructura dental y sean lo más biocompatibles posible.<sup>[8]</sup> En este sentido, la amalgama ya no ofrece esta característica y es una desventaja, sumado a la controversia asociada a la presencia de mercurio, por tal motivo su uso está limitado en Suecia, Noruega y Dinamarca desde 2008. En consecuencia se han desarrollado y perfeccionado las resinas compuestas.<sup>[1, 8]</sup>

A lo largo del progreso de la odontología restauradora, han surgido diversos biomateriales para rehabilitar el órgano dental. En la actualidad es muy importante la obtención de restauraciones que imiten el comportamiento óptico natural de los dientes lo más eficazmente posible. Los materiales más utilizados, que cumplen estas condiciones, son los cementos de ionómero de vidrio y las resinas compuestas, las cuales logran simular las estructuras dentarias de forma aceptable.<sup>[5, 19]</sup>

Existe una amplia variedad de materiales empleados en la odontología restauradora, incluyendo materiales de restauración directa e indirecta. Los segundos se prefieren cuando se restauran grandes pérdidas de estructura dental porque tiene mejor resistencia a la abrasión, aumentada resistencia a la fractura y, en el caso de materiales poliméricos reforzados, mayor control de contracción en la polimerización. Asimismo puede obtenerse una mejor anatomía, contornos y puntos de contacto porque se trabajan fuera de la cavidad bucal.<sup>[20]</sup>

Las restauraciones directas con resinas compuestas, sin embargo, ofrecen una alternativa de tratamiento estética y funcional frente a otras restauraciones convencionales, como incrustaciones o coronas cerámicas, por la mayor cantidad de estructura dentaria preservada, la reducción del número de citas clínicas y costos para el paciente.<sup>[21]</sup>

A pesar de las ventajas de las restauraciones indirectas, la unión a la estructura dentaria es todavía un desafío porque su procedimiento duplica la interfase de adhesión, una hacia la superficie del diente y otra hacia la superficie de la restauración. Los cementos permiten sellar la interfase, fijando la restauración a través de adhesión química, mecánica o una combinación de ambas. No obstante, siempre se obtiene microfiltración en cualquier restauración, ya que hoy en día todas las restauraciones estéticas son cementadas con materiales a base de resinas compuestas, las cuales presentan propiedades inherentes a ellas, como la contracción por la polimerización, diferencias con el coeficiente de expansión lineal térmico de la estructura dental, la calidad de la capa híbrida, técnica de inserción y el factor C de la cavidad (lo ideal es que este sea mínimo).<sup>[20]</sup>

La *microfiltración* es el paso de bacterias, fluidos, moléculas o iones entre la cavidad y el material de restauración aplicado que no puede detectarse clínicamente. Es considerada un factor importante en la longevidad de las restauraciones y puede llevar a una degradación marginal, caries recidivante, sensibilidad posoperatoria, hipersensibilidad e incluso patologías pulpares.<sup>[20]</sup>

Si se mantiene la integración en el sellado de la restauración, se evita que en la interfase se depositen sustancias de saliva, como microorganismos, iones, etcétera; de esta manera se consigue un sellado marginal. La microfiltración marginal lleva al fracaso de la obturación porque produce dolor, pigmentación periférica de la restauración o del diente y recidiva de caries iatrogénica. La integridad por tanto, permite en conjunto, funcionar como un diente sano.

## *Resinas compuestas*

La resina compuesta dental es un material restaurador con gran densidad de entrecruzamientos poliméricos, reforzados por una dispersión de sílice amorfo, vidrio, partículas de relleno cristalinas u orgánicas, unidas a la matriz gracias a un agente de unión.<sup>[22]</sup> Están constituidas por tres fases de diferente naturaleza química:

- 1) Matriz o fase orgánica.
- 2) Fase inorgánica o material de relleno. Aumenta significativamente las propiedades físicas de las resinas compuestas, en comparación a los materiales estéticos usados anteriormente, reforzando el material y reduciendo el coeficiente de expansión lineal térmico.
- 3) Agente de unión o silano entre la resina orgánica y el relleno, que genera una mejor interacción entre las fases.<sup>[23]</sup>

Las resinas compuestas tienen un coeficiente de expansión lineal térmico que equivale aproximadamente a un tercio del valor típico de las resinas acrílicas sin relleno y, por lo tanto, se aproxima más a la estructura dental.<sup>[2]</sup>

Desde su descubrimiento, la resina compuesta ha sido materia constante de investigaciones, por el mejoramiento de las propiedades físico-mecánicas para tornar este material como sustituto de la amalgama, lo que las coloca en un nivel muy particular dentro de la odontología.<sup>[24]</sup>

La historia asociada al desarrollo de las resinas compuestas inició durante la primera mitad del siglo XX. En ese entonces, los únicos materiales que tenían el color del diente y que podían emplearse como restauración estética eran los silicatos, pero tuvieron varias desventajas, como el desgaste que sufrían al poco tiempo de ser colocados. A finales de los años cuarenta, las resinas acrílicas de polimetilmetacrilato (PMMA) reemplazaron a los silicatos. Estas resinas tenían un color parecido al de los dientes, eran insolubles a los

fluidos bucales, fáciles de manipular y tenían bajo costo; su desventaja, su baja resistencia al desgaste y contracción de polimerización muy elevada, generando mucha filtración marginal.<sup>[11, 24]</sup>

La era de las resinas modernas comienza en 1962, cuando el Dr. Ray. L. Bowen desarrolló una nueva resina compuesta. La principal innovación fue la matriz de resina de bisfenol glicidil metacrilato (Bis-GMA) y un agente de acoplamiento o silano entre la matriz de resina y las partículas de relleno. Desde entonces, las resinas compuestas han sido testigo de numerosos avances y su futuro es aún más prometedor. Se están investigando prototipos que superarían sus deficiencias, sobre todo para resolver la contracción de polimerización y el estrés asociado a esta.<sup>[11, 24]</sup>

En los años sesenta, inició la comercialización de las primeras resinas compuestas, así como la introducción de la técnica del acondicionamiento ácido en la práctica clínica. A partir de ese momento, hay un proceso continuo de desenvolvimiento de las resinas restauradoras más diversificado y refinado, en asociación a la producción de sistemas que presentan adhesión estable a la estructura dental.<sup>[25]</sup>

Las técnicas restauradoras con resina compuesta permiten preparar la superficie de la estructura dentaria involucrada para que moléculas con líquido orgánico (adhesivo) penetren en algunas zonas y al polimerizar generen adhesión mecánica microscópica. Al colocar sobre dicho adhesivo una resina compuesta, las moléculas que la constituyen se unen a la capa adherida y se alcanza el objetivo buscado.<sup>[13]</sup>

La matriz orgánica de las resinas compuestas ha sido modificada desde su origen para mejorar su estabilidad y propiedades mecánicas. La ventaja de la resina compuesta en el sector posterior es el potencial de simular la estructura dental. Actualmente muchos materiales intentan copiar el color y la translucidez natural del esmalte, además de presentar un nivel aceptable de

desgaste funcional a lo largo del tiempo. De forma general, estos avances han proporcionado un ahorro de tiempo y de estructura dental en el trabajo del odontólogo, además de gran satisfacción por parte de los pacientes.<sup>[5]</sup>

Las resinas compuestas, por sí solas, no poseen unión específica a las estructuras dentarias. Es necesario recurrir a un procedimiento clínico que involucra el acondicionamiento de esas estructuras haciéndolas más receptivas al material restaurador, junto con el uso de adhesivos adecuados para tal fin.<sup>[23]</sup>

Algunos autores observaron que la tensión generada por la contracción en ciertas resinas compuestas estaba relacionada con la proporción entre el área adherida del material y las paredes cavitarias; con respecto al área libre o sin adhesión a ellas. Esto se denominó *factor de configuración cavitaria* o *factor C* (factor C = superficie adherida/ superficie libre).<sup>[1]</sup> El factor C es un concepto que analiza el riesgo de las preparaciones o cavidades de sufrir desadaptación marginal por contracción de polimerización.<sup>[26]</sup>

La cantidad de área libre o sin adhesión es directamente proporcional a la deformación elástica del material, disminuyendo, en parte, el estrés generado por la contracción volumétrica. Por esta razón, deben configurarse las restauraciones de resina compuesta, disminuyendo el factor C lo máximo posible. Se realiza una técnica incremental que deje el menor número de superficies adheridas, ya que se ha demostrado que así se logra disminuir el efecto de la contracción por polimerización.<sup>[1]</sup> Es decir, al existir mayor superficie de material adherido a la superficie cavitaria durante el proceso de fotocurado, mayor será el estrés de polimerización.<sup>[26]</sup>

Con el grabado ácido del esmalte, se destacan factores que contribuyeron al perfeccionamiento de la resina, como la capacidad de retención, disminución de la infiltración marginal; asociado con sistemas adhesivos de última generación y la posibilidad de poder reparar estas restauraciones en caso de

fractura. Estas ventajas proporcionan al odontólogo una variedad de recursos funcionales, estéticos, importantes en el contexto social.<sup>[11, 18]</sup>

A principios del siglo XIX, los órganos dentales se obturaban con cemento de fosfato de zinc, pero fue sustituido periódicamente por su incapacidad de adherirse al diente. Esto indica que hasta finales de ese siglo la odontología restauradora se desarrollaba a expensas de nuevos materiales para obturar las cavidades dentarias, pero no se había conseguido una interacción entre estos y la estructura dental. A partir de esta interrelación entre el diente y el material restaurador es cuando puede hablarse de la “era adhesiva” en la odontología.<sup>[27]</sup> No obstante, su inicio real tuvo lugar en 1955, cuando Michael Buonocore descubrió el efecto sobre el esmalte en la aplicación de una solución ácida, la que después de ser lavada y secada se obtenía un patrón de grabado con ácido de la superficie adamantina. Al hallazgo de Buonocore se sumó la investigación de Ray. L. Bowen con la obtención de una resina capaz de adherirse al diente grabado con ácido. Esa “resina de Bowen” es el bisfenol glicidil metacrilato (Bis-GMA), cuya formulación contempla dentro de la molécula tres zonas, una central que le confiere la rigidez a la resina, dos áreas a lo largo de la cadena, que le proporcionan la viscosidad y unos extremos que le permiten establecer una reacción de polimerización para conseguir la reticulación de ese polímero.<sup>[27]</sup>

Para que las resinas compuestas se unan de manera eficaz y duradera a la estructura dentaria es fundamental el uso de una resina de baja viscosidad, también llamada *adhesivo*, que pueda penetrar en las microporosidades originadas por el acondicionamiento ácido y luego polimerizar *in situ*.<sup>[28]</sup>

Los sistemas adhesivos en general constan de un agente imprimador, un vehículo o solvente y una resina hidrófoba o adhesivo propiamente. El agente imprimante corresponde a polímeros hidrofílicos bifuncionales y tiene la

función de unirse por su extremo hidrofílico al colágeno de la dentina y en el extremo hidrofóbico al adhesivo.<sup>[1]</sup>

Hasta ahora, en odontología se ha utilizado la adhesión mecánica en la mayoría de las preparaciones dentarias para ser obturadas; la unión se logra a través de una buena adaptación del material restaurador a las cavidades o gracias a la interposición de una sustancia cementante o adhesivo. Cuando se logre una real adhesión química de los materiales restauradores al diente, podremos hablar de una verdadera odontología adhesiva, creándose una unión que conformará un solo cuerpo sin defectos en la interfase y, por consiguiente, no permitirá la percolación o la infiltración marginal, no existirá la posibilidad de irritación pulpar causada por fluidos o por microorganismos que ingresen por los espacios creados entre la restauración y el tejido dentario, y no existirá la posibilidad de formación de caries recidivante.<sup>[29]</sup>

## **Adhesión**

Adhesión es cualquier mecanismo que permite que dos superficies diferentes se mantengan en contacto. A diferencia de cohesión, que es la unión íntima entre dos superficies iguales.<sup>[18]</sup> Otra definición de adhesión: “Cuando dos sustancias se ponen en contacto, las moléculas de una se atraen por las de la otra; esta fuerza se denomina adhesión cuando se atraen diferentes moléculas y cohesión cuando se atraen moléculas del mismo tipo. El material empleado para la adhesión se denomina adhesivo y la superficie a la que se aplica se denomina adherente”.<sup>[30]</sup> La Sociedad Americana de Materiales define la adhesión como fenómeno y como material. Como fenómeno, se trata del estado en que dos superficies se mantienen unidas por fuerzas interfaciales; como material, es una sustancia capaz de mantener materiales juntos mediante la unión superficial.<sup>[31]</sup>

La palabra *adhesión* deriva del latín *adhaerere*, compuesto de *ad* y *haerere* que significan “pegarse”. La adhesión se usa cotidianamente para referirse al hecho de unir dos superficies mediante algún elemento adhesivo. El concepto científico de adhesión es la atracción que se produce entre las moléculas de diferentes materiales en su interfase. Se define *adhesión dentinaria* como el proceso de unión de una resina con dentina grabada, *adhesivo dentinario* como una fina capa de resina que se encuentra entre la dentina grabada y la matriz de la resina compuesta. Otros autores, afirman que no es concisa la definición de adhesión en odontología, consideran que todos los materiales dentales deben funcionar en humedad y en condiciones ambientales hostiles por un largo periodo de tiempo para ser útiles.<sup>[32]</sup>

A partir de las definiciones de adhesión y entendiéndola como cualquier mecanismo empleado para mantener dos superficies en contacto, es posible clasificar los tipos de adhesión según el mecanismo que se utilice para conseguirla: adhesión química o específica y mecánica o física.<sup>[33]</sup>

*Adhesión mecánica*: También conocida como traba mecánica, cuyo objetivo se logra a través de los efectos geométricos y estructurales entre los sustratos adherentes. Las superficies a unir se mantienen en contacto con base en la penetración de una de ellas, o de un adhesivo en las irregularidades que presenta la superficie de la otra, impidiendo su separación al quedar ambas superficies trabadas.<sup>[33]</sup>

La adhesión mecánica se subdivide en dos clases según la magnitud del fenómeno que genera la retención; es decir, si las irregularidades de la superficie son o no visibles. Así, se habla de una adhesión mecánica macroscópica y una microscópica, por ejemplo, las micro-irregularidades que se realizan con el grabado ácido en el esmalte para la adhesión de las resinas compuestas al diente.<sup>[33]</sup>



*Adhesión química:* Se refiere a las reacciones que se producen al entrar en contacto dos superficies, generando fuerzas entre ambas e interactuando a nivel atómico o molecular; produciendo así uniones químicas. Las superficies se mantienen unidas por la presencia de enlaces químicos, pudiendo ser iónicos y covalentes, o enlaces de tipo secundarios como son las fuerzas de Van der Waals, fuerzas polares, puentes de hidrógeno, quelación y fuerzas de dispersión.<sup>[33]</sup>

La necesidad de adaptación para llegar a la adhesión es lo que impide lograr la adhesión entre dos superficies sólidas, ya que es casi imposible conseguir el contacto íntimo, produciendo interacción entre ambas superficies en condiciones normales. Por tal motivo, en odontología se unen dos superficies sólidas interponiendo un líquido (adhesivo) entre ellas, que se endurece mediante una reacción, física o química.

Los adhesivos deben cumplir varios requisitos: baja tensión superficial, poca viscosidad, estabilidad dimensional, compatibilidad biológica y propiedades mecánicas adecuadas para resistir las fuerzas de masticación. Asimismo, pueden ser multicomponente, bicomponente o monocomponente; deben tener uno o más de estos componentes: TEGDMA (dimetacrilato de trietilenglicol), HEMA (metacrilato de 2-hidroxietilo), 4 META (metacrilato de hidroxietil dihidrógeno trimelitato), MMA-TBB (metacrilato de metilo-iniciado con tri-n-butyl borano), PENTA (metacrilato de etil-oxi).<sup>[34, 35]</sup>

En odontología si el adhesivo se adapta adecuadamente (gran mojado) se logra un buen sellado. Por lo contrario, si la superficie involucrada no tiene buen mojado del adhesivo, no se adaptará a la superficie y la adhesión no será adecuada.<sup>[5]</sup> El adhesivo no debe ser del todo duro, pues podría fracturarse; debe tener cierta elasticidad, lo que le permite compensar la contracción del *composite* al endurecer e impedir que se desprenda.

Para obtener una alta adhesión, deben cumplirse algunos requisitos: lograr una adaptación íntima entre las superficies a unir; el adhesivo debe primero “mojar” o impregnar bien la superficie de los sustratos. La forma de evaluar si esto se produce adecuadamente es determinando el ángulo que forma una gota del adhesivo líquido sobre la superficie del sólido, este se llama *ángulo de contacto* o *humectancia*, que se forma entre la tangente a la periferia de la gota del adhesivo y la superficie del sólido. La mejor adhesión se obtendrá con aquellos adhesivos capaces de formar un ángulo de contacto lo más cercano a cero grados al aplicarse sobre la superficie del sólido.

El adhesivo debe ser fluido, es decir, tener baja viscosidad y baja tensión superficial para poder mojar fácilmente la superficie del sustrato para desarrollar fuertes uniones adhesivas. Para ello se necesita una superficie limpia, seca y no contaminada, esto para que se manifieste la energía superficial de la superficie, la cual deseablemente debe ser alta, de manera que atraiga hacia ella el líquido. También debe existir compatibilidad química entre el adhesivo y el adherente, de tal modo que las moléculas de las dos sustancias lleguen a un íntimo contacto. El adhesivo debe cambiar de la fase líquida a la sólida con mínimos cambios dimensionales al endurecer, y es importante que su variación dimensional térmica sea similar a la de las estructuras a unir.<sup>[33]</sup>

### **Sistemas adhesivos**

Hoy en día los sistemas de adhesión son fundamentales en el éxito de las restauraciones estéticas, cuyo fin es conservar la estructura dental en su mayor proporción, por lo que es esencial que las restauraciones se vean reflejadas en excelentes condiciones por el mayor tiempo posible.<sup>[36]</sup>

Una de las metas de la odontología contemporánea ha sido encontrar un sistema de retención de los materiales de restauración a las estructuras dentales. Buonocore en 1955 descubrió la forma de acondicionar el esmalte, con la aplicación de ácido fosfórico sobre la superficie del mismo, y lograr micro porosidades que actúan como retención microscópica.<sup>[37]</sup> La función primordial del ácido es generar la exposición del colágeno mediante la remoción de la hidroxiapatita. La profundidad de esta descalcificación, depende mucho del tipo, concentración y tiempo de aplicación del agente acondicionador.<sup>[32]</sup>

Hacia 1960, se sugiere que la formación de las interdigitaciones de resina (*resin tags*) eran la causa principal de la adhesión de la resina al esmalte grabado. El grabado ácido remueve cerca de 10 micrones de la superficie del esmalte y crea poros en un rango de 5 a 50 micrones de profundidad. Cuando la resina adhesiva se aplica, fluye dentro de las microporosidades y polimeriza en ellas, creando una adhesión micromecánica al esmalte.

El grabado ácido aumenta la humectancia y duplica la energía superficial libre del esmalte. Esta acción junto con la aplicación del biomaterial adhesivo de baja viscosidad que moja esta superficie de alta energía permite que penetre en las irregularidades por humectancia y capilaridad y que produzcan el *efecto geométrico*; el cual se logra al polimerizar la resina formando los *tags* (extensión de la resina dentro de las microporosidades), logrando una fuerte traba micromecánica con el esmalte. También se produce un *efecto reológico*, producto del cambio dimensional (contracción de polimerización) que sufre el adhesivo al endurecer.<sup>[2]</sup>

En consecuencia, el diámetro de los túbulos es ampliado, la permeabilidad de la dentina y la presión intra-pulpar producen descalcificación en la dentina peri e intertubular, exponiendo un tejido conjuntivo débil rico en fibras de colágeno. Remueve los cristales de hidroxiapatita dejando una malla de

colágeno que podría colapsarse por pérdida de soporte inorgánico.<sup>[33]</sup> Estas modificaciones resultan una estructura menos mineralizada, más porosa, húmeda y rugosa. El sustrato presenta baja energía libre de superficie, es decir, menor capacidad de interacción con monómeros resinosos hidrofóbicos.<sup>[34]</sup>

Se denomina *permeabilidad dentinaria* al movimiento del fluido dentinario, a través de los túbulos. Desde la pulpa dentaria hacia la unión amelodentinaria y viceversa. Este movimiento constante hace que el complejo dentino pulpar, se comporte como una bomba aspirante y es el responsable del estímulo hidrodinámico.<sup>[38]</sup>

El grado de permeabilidad y difusión dentinaria varía según la profundidad de las lesiones, la dirección de las paredes y la edad del paciente. De ello resulta que el sustrato dentinario ofrezca características diferentes para los mecanismos de adhesión, siendo la pared pulpar la que presenta mayores dificultades para lograr adhesión. Además del riesgo que significa la posibilidad de difusión de sustancias, iones, bacterias y toxinas, al estar en estrecha relación con el tejido pulpar.<sup>[15, 16]</sup>

El grabado ácido en dentina removió el barrillo dentinario y acondicionó la misma, removiendo contenido inorgánico, a fin de exponer la malla de colágeno y aumentar la permeabilidad de los túbulos dentinarios, los cuales son infiltrados con el adhesivo, formando la capa híbrida; mecanismo fundamental en el proceso de adhesión.<sup>[4]</sup>

Dourado y Reis en su artículo, mencionan que el *smear layer*, barrillo dentinario o la capa de detritus, es una capa amorfa de detritus orgánico e inorgánico resultante del procedimiento del corte que, junto con remanentes del sustrato seccionado (sangre, saliva, bacterias, fragmentos del abrasivo, y aceite, producido por un tallado o preparación cavitaria de la dentina), se unan a la dentina intertubular y penetren en los túbulos dentinarios formando

los *smear plugs* a los que se adhiere mecánica y químicamente.<sup>[16, 34]</sup> Se caracteriza por ser poroso y ser atravesado por canales submicrónicos que permiten el paso del fluido dentinario por ellos. Contiene hidroxiapatita pulverizada y colágeno alterado, mezclado con saliva, bacterias y otros desechos de la superficie abrasionada.<sup>[26]</sup>

El espesor del barrillo dentinario puede variar entre 1 y 5 micrones, y puede ser de mayor espesor cuando el procedimiento de corte y/o abrasión se realiza sin refrigeración o cuando se utilizan puntas de diamante, al contrario de instrumentos rotatorios de acero o carburo de tungsteno. Esta capa funciona como un tapón biológico, ya que oblitera los túbulos dentarios; al actuar como una barrera de difusión, reduce la permeabilidad dentinaria hasta en un 86%, la humedad superficial y cumple así con una función, en la unión entre los adhesivos y la dentina.<sup>[15]</sup> Protege la pulpa, disminuye el flujo de fluido dentinario<sup>[34]</sup> reduciendo la sensibilidad posoperatoria, lo que en un principio fue considerado como una ventaja, a la vez puede ser considerado como un impedimento en la adhesión, ya que podría evitar la infiltración de monómeros hacia la dentina, por lo que debe ser removido. Además, las bacterias que quedan atrapadas en el barrillo dentinario pueden sobrevivir y multiplicarse bajo las restauraciones.<sup>[33]</sup>

Con el paso de los años, en el uso de sistemas adhesivos, se notó un fracaso en cuanto a la retención de las restauraciones por la poca fuerza retentiva que presentaban al contacto con la estructura dental. Y fue teniendo modificaciones en su técnica, para poder lograr restauraciones exitosas.

Después de varios estudios, Rangel, Pellegrini y Orellana demostraron en 2013 que la técnica de acondicionamiento ácido proporciona una unión micromecánica entre la resina compuesta y el esmalte, que permite el desarrollo de varias técnicas adhesivas aplicadas en odontología, por ejemplo fijación de braquets ortodóncicos, selladuras de fosetas y fisuras,

restauraciones directas con resina compuesta, carillas, restauraciones indirectas en porcelana y prótesis adhesivas.<sup>[8]</sup>

El  *acondicionamiento*  consiste en el grabado simultáneo de dentina y esmalte con ácido fosfórico. Conocida como  *técnica de grabado total* , desarrollada en 1979 por Fusayama y sus colaboradores, se convirtió en un técnica ampliamente utilizada en Japón. Sin embargo, el concepto de grabado total fue aceptado en Estados Unidos hasta los años noventa. Se postulaba que la difusión del ácido dentro de los túbulos dentinarios causaba sensibilidad posoperatoria, pero actualmente se sabe que un incorrecto sellado marginal de la restauración es la principal causa de inflamación pulpar.

Bravo (2011), menciona que la técnica de grabado total consiste en realizar el acondicionamiento de las estructuras dentarias con ácido fosfórico, para después aplicar el sistema adhesivo compuesto por un agente imprimante y un adhesivo propiamente, los cuales se unen micromecánicamente a las microporosidades, generadas en el esmalte y a las fibras colágenas de la dentina que quedan sin sustento mineral, trabándose y dando origen a la capa híbrida. Generando así una mayor eficacia en la desmineralización de la estructura dental y proyectando mayor penetración del adhesivo para poder lograr mejor adhesión y una menor probabilidad de fracaso en la restauración.<sup>[39]</sup>

El concepto de  *capa híbrida* , descubierto por Nakabayashi en 1982 justifica la infiltración de la resina del adhesivo entre la dentina, de forma que la resina se sitúa entre las redes de colágeno, infiltrándose entre ellas y capaz de introducirse en los túbulos dentinarios parcialmente desmineralizados, para crear auténticos  *tags*  entre los mismos.<sup>[27]</sup>

Morfológicamente la capa híbrida se divide en tres zonas. El cuerpo principal; área más extensa y superficial de la capa híbrida, la cual está limitada periféricamente por el tejido dental (esmalte, dentina, cemento). La zona

tubular o de penetración transdentinal; *tag*, que mide entre 3 y 11 micrones, encargada de sellar los túbulos dentinarios e impedir la posterior contaminación de la superficie dentinaria. Y la zona tubular-lateral o de penetración intradentinal, que se refiere a los *microtags* de *composite* que se forman lateralmente a los *tags* principales (pequeñas ramificaciones de las interdigitaciones de resina compuesta de mayor diámetro).<sup>[33]</sup>

En la actualidad existen dos sistemas de adhesión: los adhesivos convencionales, que utilizan la técnica de grabado total de la estructura dental, como previo acondicionador y los adhesivos de autograbado, que presentan autoacondicionamiento, eliminando el lavado y el secado de la estructura dental.<sup>[31, 36]</sup>

#### *Sistemas adhesivos convencionales*

Los sistemas de adhesión convencionales utilizan el ácido fosfórico, en un porcentaje entre 30 al 40%, lo que permite un adecuado acondicionamiento de la estructura dental, es decir la formación de microretenciones y expansión de túbulos dentinarios para recibir el adhesivo y poder crear excelente retención, evitando así la microfiltración.<sup>[40]</sup>

La concentración de 37.5% es la más utilizada en la actualidad, ya que en concentraciones mayores logran una menor formación de microporos, así como una menor profundidad de grabado. Y concentraciones menores, aumentan la velocidad de formación de éstos (efecto inverso).<sup>[33]</sup>

Respecto al tiempo de aplicación del ácido, no debe ser muy largo porque la reacción es autolimitante y se produce una precipitación de fosfato de calcio sobre el esmalte, obliterando los poros, con lo que disminuye la capacidad de unión. Además, retirar esta capa de sales precipitadas es muy difícil, creando problemas en la adhesión del material restaurador. La presencia de restos de

ácido y sales de fosfato contaminan la superficie y fracasando así la adhesión entre la resina compuesta y el esmalte.<sup>[33]</sup>

Por otro lado, al aplicar el ácido sobre la estructura dental, este genera la salida de iones calcio desde la estructura adamantina, lo que va sellando el ácido a medida que transcurre el tiempo. Esto implica que va perdiendo su capacidad de grabado. Asimismo, conforme transcurre el tiempo, la salida de iones calcio, sobresaatura la solución ácida, lo que genera la re precipitación de sales de fosfato de calcio sobre el esmalte que se desea grabar, revirtiendo el proceso. Ambos factores podrían influir en el grabado final y por lo mismo en el grado de adhesión generado, lo que afectaría el sellado marginal de la restauración.<sup>[1]</sup>

También se asegura que los sistemas adhesivos de grabado total presentan aceptable capacidad de sellado y unión a la estructura dental, obteniendo una fuerza de adhesión aprobada, aunque es importante considerar, que el mantener la humedad dentinaria apropiada en este tipo de sistemas adhesivos, hace que la técnica sea sensible; lo que promueve la elección de adhesivos de autograbado, que brindan menor sensibilidad por su desmineralización menos agresiva, y la eliminación parcial del barrillo dentinario que sella los túbulos dentinarios evitando el colapso de la colágena en dentina. Sin embargo, siguiendo los criterios de diversas publicaciones se comprueba que los adhesivos de autograbado presentan menor fuerza de adhesión y mayor filtración marginal.<sup>[8]</sup>

La fuerza de adhesión (o tensión de adhesión), equivale a la carga mecánica inicial necesaria para la fractura, dividida por la superficie simple de unión. En la mayoría de los casos, la zona de contacto verdadero entre los materiales puede ser mucho mayor, debido a la rugosidad de la interfaz mecánica. No obstante, en este cálculo no se considera la rugosidad.<sup>[41]</sup>



Actualmente el grabado ácido se realiza en esmalte por un tiempo aproximado de 20 segundos. Este procedimiento provoca una superficie irregular y se obtiene un sustrato apto para la adhesión. Se produce la limpieza mecánica de la superficie, se elimina el material orgánico adherido a ella y se genera una superficie rugosa. Al descalcificar el esmalte, aumenta el área disponible para la adhesión al sustrato aproximadamente 2,000 veces y se libera toda la energía superficial contenida en el tejido adamantino.<sup>[1]</sup>

El ácido actúa de manera selectiva sobre la estructura prismática del esmalte, produciendo una disolución preferencial del centro de los prismas o de la periferia y proporciona un aumento en su reactividad. El producto de la disolución del esmalte por el ácido es una sal soluble en agua que deberá retirarse con agua y aire a presión para que una resina de baja viscosidad (adhesivo) penetre en las micro porosidades.<sup>[42]</sup>

El grabado ácido en el esmalte produce tres patrones según el lugar del prisma adamantino que desmineralice:<sup>[1]</sup>

Grabado Tipo I: El ácido disuelve el centro de los prismas del esmalte.

Grabado Tipo II: El ácido disuelve la periferia de los prismas del esmalte.

Grabado Tipo III: Caracterizado por una erosión indiscriminadamente de centros y periferias de los prismas. No es posible observar la estructura prismática.

Basándose en estos patrones, los investigadores Galil y Wright diferenciaron cinco patrones, que aumentaron el conocimiento actual sobre el tema:<sup>[1]</sup>

Tipo I: El centro del prisma aparece erosionado, mientras que la periferia insoluble.

Tipo II: La periferia del prisma aparece erosionada y el centro insoluble.

Tipo III: Se produce erosión generalizada y se configuran imágenes que, asemejan la morfología prismática de escamas de pescado.

Tipo IV: Se observa una superficie con socavados y marcas irregulares. Caracterizada por una zona de depresiones distribuidas aleatoriamente, en la superficie del esmalte sin que exista una destrucción, preferentemente de la periferia o del centro de los prismas.

Tipo V: No existe evidencia de prismas. El esmalte presenta una superficie lisa que carece de micro-irregularidades.<sup>[1]</sup>

El acondicionamiento de la dentina profunda determina una mayor permeabilidad, la que es exacerbada por la característica hipertónica del ácido. La salida del fluido dentinario, en dirección al piso cavitario, puede causar desorganización de las capas superficiales de la pulpa, e incluso la aspiración de odontoblastos hacia el interior de los túbulos dentinarios. Esto crea un ambiente en la región que puede afectar la polimerización del adhesivo, manteniendo monómeros libres en la zona y pudiéndose difundir hacia el tejido pulpar.<sup>[15, 16, 34, 38]</sup>

El adhesivo se debe colocar con delicadeza en el esmalte pues los prismas están descalcificados y podrían desprenderse. En cambio en la dentina es necesario realizar movimientos de frotamiento para permitir la difusión del adhesivo. Es importante colocar una capa uniforme y de cierto espesor, para que amortigüe las tensiones provocadas por el material de restauración y por la masticación.<sup>[32]</sup>

La adhesión dentinaria requiere de un adhesivo adecuado, excelentes condiciones para el manejo del mismo, entre otras, para mantener la fuerza

de adhesión estable y evitar el desalajo de las restauraciones, la recidiva de caries y pigmentación de la restauración, etc.<sup>[40]</sup>

Si se deja exceso de agua, se formarán vesículas acuosas entre el adhesivo y la dentina o entre el *primer* y la resina hidrofóbica y esto proporciona fracaso a este nivel. También los *tags* podrían ser un mecanismo de protección pulpar, ya que al sellar la entrada de los túbulos evitan la invasión bacteriana y el dolor posoperatoria, impidiendo el movimiento del fluido dentinario.<sup>[32]</sup>

Puede resumirse que algunos de los factores que afectan la impregnación de colágeno son:

- El grosor de la capa desmineralizada.
- El colapso de las fibras de colágeno.
- La capacidad de difusión intrínseca de los adhesivos, que depender de su composición química.
- La naturaleza húmeda del sustrato dentinario, siendo un gran inconveniente para el desarrollo de las nuevas técnicas adhesivas.
- El tiempo para conseguir una adhesión adecuada. Debe existir un tiempo pertinente entre la colocación del adhesivo, su evaporación parcial con aire y la posterior fotopolimerización.<sup>[32]</sup>

En 2014 Bader señala que hay diferencias microestructurales en la superficie de la estructura dental, si se utiliza el grabado total convencional y el grabado total aplicado en dos tiempos operatorios. Esto lo llevo a cabo con la finalidad de observar si existe la posibilidad de lograr mejor adhesión dentinaria, para evitar o reducir la microfiltración, la principal causa de fracasos en las restauraciones estéticas.<sup>[43, 44]</sup>

Al realizar el grabado total convencional, aplicando el ácido fosfórico al 37% en la estructura dental durante 15-20 segundos y al lavar el doble de tiempo,

permite que el ácido en este tiempo transcurrido, elimine el barrillo dentinario y desmineralice la estructura dental, para acondicionar la misma a recibir el adhesivo. El pH del ácido grabador es de 0.6, cuando comienza la acción de grabado, los cationes de calcio que salen del esmalte removidos por la acción de los protones que ingresan a él, por su carga eléctrica se unen a los aniones fosfatos del ácido de la superficie externa, entrando en solución con ellos y formando fosfato de calcio. A medida que el proceso avanza, esta solución podría sobresaturarse y reprecipitar estas sales en la superficie adamantina ocluyendo en parte el patrón de grabado generado; este fenómeno (efecto autolimitante), restringe la efectividad del grabado del ácido.<sup>[43, 44]</sup>

Bader al realizar el grabado en dos tiempos operatorios nota que se elimina este efecto autolimitante al reducir el tiempo del grabado, sin embargo no altera el efecto que debe proporcionar el ácido, porque al colocarlo nuevamente en un segundo tiempo, el ácido comienza desde cero su proceso, con la diferencia de que la estructura dental ya está pregrabada y esto hace más fácil la penetración del ácido en los túbulos dentinarios, produciéndose un mejor acondicionamiento para lograr una mejor adhesión.<sup>[43, 44]</sup>

### *Sistemas adhesivos de autograbado*

Los sistemas de autograbado utilizan una solución de un polímero ácido, penetrando a través del agua que rodea las partículas del barrillo dentinario. Este último, a su vez, dificulta y restringe el grado de penetración dentro de la dentina subyacente y se ha notado que el medio adhesivo, invade más la dentina sobre los túbulos, que en la zona intertubular. Pese a esta limitante en la introducción del adhesivo, en un estudio *in vivo* en 1996 se concluye que estos sistemas son igualmente capaces de formar una capa híbrida, pero

de menor grosor, incluyendo la formación de *tags* laterales, en las paredes dentinarias cercanas a la pulpa. Los componentes reactivos de los *primers* de autograbado son, ésteres de alcoholes bivalentes con ácido metacrílico o fosfórico o sus derivados.<sup>[29]</sup> La acidez de los compuestos de autograbado es menor, por lo tanto menos agresiva que el ácido fosfórico. El pH de los agentes auto-grabantes oscila entre 2.0 y 2.8.<sup>[13]</sup>

Si bien es cierto, que los adhesivos de autograbado prometen mejor calidad de la formación de la capa híbrida entre el adhesivo y la red de colágena acondicionada adecuadamente; también es verdad que el acondicionamiento de la estructura dental se forma con mayor calidad y éxito en el sistema de grabado total.<sup>[36]</sup> Sin embargo, hoy en día, se sabe que el éxito de una restauración mediante un sistema de adhesión, no se crea al 100% por el adhesivo, sino que influye también la humedad del huésped, el sustrato, entre otras más.<sup>[36]</sup>

### *Clasificación de sistemas adhesivos*

Durante las últimas dos décadas, la evolución de las técnicas de adhesión ha transformado el panorama de la práctica de la odontología. En la actualidad, la mayor parte de las restauraciones directas e indirectas se adhieren a la estructura dental, en lugar de cementarlas o retenerlas mecánicamente. La gran demanda y uso de adhesivos dentales ha impulsado el desarrollo en rápida sucesión de mejores adhesivos y más fáciles de usar.<sup>[3, 5, 30]</sup> Varios factores caracterizan el cambio en los sistemas adhesivos desde su inicio hasta la fecha como el grabado ácido, el acondicionamiento ácido en dentina, el tratamiento del barrillo dentinario y las propiedades de manejo.<sup>[26]</sup>

Se conocen varias clasificaciones de los sistemas de adhesión: por el acondicionamiento ácido, por el sistema de activación, por su técnica de

utilización, por su orden de aparición a través de los años, entre otras tantas. Algunos investigadores clasifican los sistemas adhesivos en generaciones, basada en la aparición cronológica de los sistemas adhesivos en el mercado odontológico, donde se presentan de acuerdo a la forma como interactúan con el barrillo dentinario. Esta clasificación es confusa, difiere mucho entre autores y transmite erróneamente la idea de que mientras más actual es la generación, mejores son las propiedades del adhesivo, lo que no siempre es una verdad.<sup>[13]</sup> Además muchos de estos sistemas no son comercializados recientemente.

Por esa razón, se optó por clasificar los sistemas adhesivos en dos grandes grupos: 1) sistemas convencionales, donde el grabado previo es con ácido fosfórico, y 2) los adhesivos autocondicionantes o de autograbado. Se ha agregado un tercer grupo de adhesivos a base de ionómero de vidrio. Estos son los únicos realmente adhesivos a la estructura dentaria, sin que haya necesidad previa de crearse retenciones adicionales. Su presentación comercial es en polvo y líquido, y deben mezclarse antes de su aplicación. El polvo contiene un vidrio de aluminio-flúor-silicato y el líquido es una solución de ácido polialquinoico.

La dentina debe estar seca, pero no deshidratada; la aplicación promueve la limpieza de la superficie y desmineraliza parcialmente la capa de detritus. El mecanismo de unión de los adhesivos de ionómeros de vidrio al sustrato dentario se da básicamente debido a 1) Traba mecánica, alcanzado por una hibridización suave con fibras de colágeno cubiertas por hidroxiapatita, 2) Adhesión química, que ocurre por la unión entre los grupos carboxílicos del ácido polialquinoico y el calcio de la hidroxiapatita, que permanece alrededor de las fibras de colágeno (igual a la adhesión química alcanzada por los cementos de ionómero de vidrio).<sup>[34]</sup>

El ionómero de vidrio (adhesivo o cemento) tuvo el mejor desempeño, demostrando una pérdida de retención de 1.9% (variando de 0-7.6%). Esto debe atribuirse a la unión química de este material con la estructura dentaria. Pese a todo, se sabe que los cementos de ionómero de vidrio carecen de propiedades estéticas y mecánicas, por lo que siempre deben emplearse con una resina compuesta (técnica del sándwich).<sup>[34]</sup> Este sistema adhesivo es muy poco utilizado y mucho menos estudiado que los sistemas convencionales y de autograbado, pero se han obtenido excelentes resultados de retención en restauraciones de resina compuesta en cavidades clase V, después de tres años, en comparación con los sistemas previamente descritos.<sup>[34]</sup>

Parra Y Garzón, afirman que en 1998 Van Meerbeek y colaboradores propusieron otra clasificación basada en la interacción con el sustrato, contemplando el número de pasos clínicos requeridos para su aplicación:

1. Adhesivos de un solo paso, que modifican el barrillo dentinario.
2. Adhesivos de dos pasos, subdivididos en adhesivos que modifican el barrillo dentinario, adhesivos que disuelven el barrillo dentinario y adhesivos que eliminan el barrillo dentinario.
3. Adhesivos de tres pasos, que eliminan el barrillo dentinario.<sup>[4]</sup>

Pero en función de los pasos clínicos necesarios para su aplicación y la forma en que interactúan con el tejido dentario, también pueden clasificarse en cuatro técnicas.<sup>[3, 5, 30]</sup>

Técnica 1 (tres pasos). Se aplica ácido grabador (fosfórico al 35-37%) a la dentina y esmalte. Se lava con agua para eliminar desechos y barrillo dentinario. Se aplica el *primer* en la dentina y, por último, se cubre con el adhesivo, a la dentina y al esmalte.

Técnica 2 (dos pasos). Se aplica ácido grabador (fosfórico al 35-37%) a la dentina y esmalte. Se lava con agua para eliminar desechos y barrillo dentinario. Se aplican el *primer* y el adhesivo en forma conjunta.

Técnica 3 (dos pasos). Se aplica el *primer* “autoacondicionante” sin lavar; luego el adhesivo.

Técnica 4 (un paso). Se aplica el *primer* “autoacondicionante” y el adhesivo en forma conjunta para disolver y acondicionar el barrillo dentinario de manera simultánea.<sup>[3, 20]</sup>

Las técnicas 1 y 2 se denominan de grabado ácido total y las técnicas 3 y 4 de autograbado.

Aunque confusa y tal vez contradictoria, la clasificación de los sistemas adhesivos contemporáneos más utilizada es la propuesta por Kugel y colaboradores. Se basa en el tratamiento que se le da a la estructura dental separándolos en generaciones.<sup>[4]</sup>

En los años cincuenta, inició la tecnología en agentes adhesivos para mejorar la unión de la resina al esmalte. En 1956 Buonocore utilizó ácido fosfórico al 85% por 30 segundos para lograr la descalcificación ácida. La resistencia a la unión de esta técnica fue entre 2-3 MPa y al esmalte de 24-27 MPa, pero descendiendo considerablemente al contacto con humedad. Esta 1ª generación de sistemas adhesivos se basó en el uso de ácido glicerofosfórico dimetacrilato (GMDP). El primer producto comercializado fue a base de dimetacrilato de ácido glicerofosfórico, pero presentaba alta expansión y contracción.<sup>[5, 30, 45]</sup> Más tarde evolucionó la molécula bifuncional N-fenilglicil y glicidil metacrilato (NPG-GMA), pero la resistencia de unión era muy pobre.<sup>[4]</sup> Algunos otros intentos como la utilización de poliuretanos, con menor éxito, fueron considerados como posibles formas de obtener adhesión



a la dentina.<sup>[46]</sup> Los resultados sin éxito clínico propiciaron que estos mecanismos fueran descartados.

Al comienzo de los años setenta, se desarrolló una 2ª generación: los adhesivos demostraron un incremento en su resistencia de unión, tanto al esmalte como a la dentina.<sup>[45]</sup> La mayoría de los sistemas adhesivos de esta generación se basaba en la reacción fosfato-calcio (unión iónica) pero usaba una resina dimetacrilato en el adhesivo en lugar de las resinas Bis-GMA, empleadas en los sistemas previos. Este cambio significó un aumento en la resistencia de unión, pero también con muchos fracasos clínicos, producto de la hidrólisis, de la débil reacción fosfato-calcio. Los sistemas adhesivos utilizaban agentes hidrofóbicos, diseñados para promover una unión iónica a la hidroxiapatita, como principal componente de la capa de barrillo dentinario; limitado a la relativa retención de este con la dentina superficial. Los valores de unión de estos sistemas fueron de 4-6 Mpa.<sup>[34, 45]</sup>

A finales de los años setenta y principio de los ochenta, se introduce la 3ª generación con el grabado parcial para mejorar la permeabilidad dentinaria y modificar el barrillo dentinario. Aparecieron dos sistemas de doble componente: iniciador (*primer*) y adhesivo (*bonding*). El incremento significativo de la fuerza de adhesión a la dentina de 8-15 MPa disminuyó la necesidad de retención en las preparaciones cavitarias. La utilización de *primers* para la preparación de la superficie de la dentina generan una fuerza de unión semejante a la que existe entre esmalte y resina; tratándose de producir solamente una unión química, después se obtuvo una unión micromecánica mediante la formación de una capa de interdifusión que genera mayor adhesión (capa de hibridación). Los procedimientos en esta generación pretendían mejorar el acondicionamiento de la dentina, modificando o eliminando el barrillo dentinario, sin alterar el material.<sup>[15, 45]</sup>

Por lo general, los sistemas de adhesión a dentina de esta generación promueven la unión al colágeno de la dentina pretratada con la adición de retención intermecánica a las aperturas de los túbulos dentinarios. Los *primers*, compuestos de monómeros hidrofílicos, se utilizan después del acondicionamiento de la dentina con agentes ácidos débiles. Se encargan de remover o alterar la capa de barrillo dentinario y preparar el sustrato dentinario.<sup>[15, 46]</sup> Los agentes acondicionadores de esta generación son HEMA (hidroetilmecrilato), ácido maléico y ácido nítrico; en esta misma época se diseñó un sistema para reaccionar con el colágeno más que con la hidroxiapatita, empleando un acondicionador EDTA (ácido etilendiaminotetraacético) acuoso y un adhesivo de glutaraldehído al 35% en HEMA.<sup>[5, 32]</sup>

Hacia finales de los años ochenta y comienzo de los noventa, los agentes de unión de la 4ª generación transformaron la odontología, ya que previamente se asumía que el grabado dentinario estaba contraindicado; se pensaba que generaba sensibilidad, inflamación y posible necrosis pulpar. El uso de agentes acondicionadores con ácidos débiles para la preparación del sustrato dentinario o el acondicionamiento simultáneo del esmalte y la dentina, con los que se obtiene la remoción o la alteración de la capa de barrillo dentinario, se solidificó.<sup>[34, 45]</sup>

Los sistemas adhesivos de esta generación demostraron mayor similitud en su comportamiento con una técnica de menor sensibilidad, resultados más homogéneos y valores de 12 a 22 Mpa, ofreciendo una posibilidad mayor de éxito clínico. El desarrollo de la capa híbrida, obtenida del manejo adecuado en el sustrato dentinario, es el recurso más importante para obtener valores altos de adhesión y buen sellado en la interfase material restaurador-dentina. La presencia de la capa híbrida aumenta la habilidad de estos sistemas de unirse efectivamente al sustrato dentinario para sellar la superficie de la dentina. Eliminando casi por completo el flujo de fluidos en la interfase y

disminuir la sensibilidad posoperatoria, propia de estos procedimientos operatorios.<sup>[4, 5, 45]</sup> “En suma, las principales novedades de esta generación son la técnica de grabado total y el proceso de adhesión húmeda”.<sup>[30]</sup>

Los adhesivos de 4ª generación se presentan normalmente en tres pasos o frascos: en el primero (*grabador*) está el ácido fuerte (fosfórico al 37%); en el segundo (*primer*), las resinas hidrofílicas y el fotoactivador; en el tercero (*adhesivo*), las resinas hidrofóbicas y los fotoactivadores.<sup>[1]</sup>

En los años noventa se desarrolló la 5ª generación de adhesivos, cuando se notó que el éxito clínico se reflejaba en la disminución de pasos aplicados clínicamente en el uso de estos sistemas. Su objetivo fue consolidar la formación de la capa híbrida y la búsqueda de adhesión química, pero con la idea de simplificar la técnica, basándose en una combinación de retención micromecánica. La mayoría de los sistemas de esta generación utiliza el grabado o acondicionamiento simultáneo de la dentina y el esmalte (grabado total), usando el sistema de “un frasco”, que contiene el *primer* y la resina adhesiva juntos y aplicándose después del grabado en un solo paso. Algunos sistemas incorporaron pequeñas cantidades de partículas de relleno para dar más consistencia a la resina adhesiva. Al no haber mezclado en esta técnica, había menos posibilidades de error. La fuerza de retención a la dentina está en el rango de 20 -25 MPa.<sup>[15, 46]</sup>

En la 6ª generación de adhesivos se redujo el número de pasos, combinando el acondicionador con el *primer* o el *primer* y el adhesivo, que al mezclarse se aplican en un solo paso. No se requiere de grabado ácido, al menos en la superficie de la dentina. Si bien esta “generación” no está aceptada universalmente, hay un número de adhesivos dentales, presentados desde el año 2000 en adelante, que están diseñados específicamente para eliminar el paso de grabado. Introduciéndose como sistemas de autograbado, realizando el grabado simultáneo del sustrato dentario y su

acondicionamiento para recibir al adhesivo, generando retenciones micromecánicas en los tejidos dentales.

Los productos tienen un acondicionador de dentina entre sus componentes. El acondicionamiento ácido de la dentina se autolimita y los productos del proceso se incorporan permanentemente, a la interfase: restauración-diente. Algunos investigadores han planteado dudas sobre la calidad de la unión, con el paso del tiempo en boca. Lo interesante es que la adhesión a la dentina (18-23 MPa) se sostiene con el transcurso del tiempo, mientras que la adhesión al esmalte no grabado es la que está en duda.<sup>[4, 15, 30, 46]</sup>

En la 7ª generación, se simplifican los varios materiales de la 6ª, se reduce a un sistema de un solo componente y un solo frasco. Tanto los adhesivos de la 6ª generación como los de la 7ª, ofrecen el autograbado y el autoiniciado a los odontólogos que buscan procedimientos perfeccionados, con baja reacción a variaciones en la técnica y poca o ninguna sensibilidad posoperatoria. La técnica de todo en uno (*all in one*) mantiene en una solución los componentes de monómeros acídicos hidrofílicos, solventes orgánicos y agua, indispensables para la activación del proceso de desmineralización y el funcionamiento de los sistemas.<sup>[46, 47]</sup>

Podría hablarse de una octava generación, usada en grabado total, grabado selectivo en esmalte o como autograbante; en todas las superficies dentales sin la necesidad de usar un acondicionador adicional.<sup>[1]</sup> Sin embargo, este sistema aún está en duda si se adjudican las características a la generación anterior o si se puede hablar de una nueva.<sup>[1]</sup>

### **Sistemas de autograbado**

Hacia 1982 Nakabayashi y Watanabe, desarrollaron un sistema diferente al de grabado total, basado en *primers* acidofílicos, a base de una solución

acuosa de 20% fenil-P en 30% HEMA, para unirse al esmalte y dentina simultáneamente. La combinación de los pasos de grabado e imprimado reducen el tiempo de trabajo, eliminando el lavado del ácido y evitando el riesgo de la deshidratación de la dentina grabada y colapso del colágeno.<sup>[37]</sup> También exponen que, las retenciones creadas por los sistemas de autograbado, al ser de menor longitud en cuanto a su profundidad de penetración en la estructura dental, provocan menor cantidad de posibles daños al tejido pulpar, menor sensibilidad consecuentemente.<sup>[37]</sup>

Estos sistemas están compuestos de una mezcla acuosa de monómeros ácidos funcionales, generalmente esteres de ácido fosfórico, con un pH relativamente mayor que los geles de ácido fosfórico, que se utilizan para el grabado total.<sup>[33]</sup> Solo requieren de un frasco que cumple las tres funciones: del grabador por contener las resinas acídicas, del *primer* por la resina hidrofílica y del *bonding* por la resina hidrofóbica; además contiene activadores fotoquímicos y puede convertirse en dual, añadiéndole aminas.<sup>[32, 46]</sup>

El concepto “adhesivos de autograbado” está basado en el uso de monómeros acídicos polimerizables. Estos monómeros se clasifican en tres grupos de acuerdo a su función: monómeros adhesivos de autograbado, monómeros cruzados y co-monómeros monofuncionales adicionales. De ahí que diversas combinaciones de monómeros basan su composición en ácido carboxílico o en ácido fosfórico. Es precisamente esta composición química particular de cada producto, sumado a la concentración de sus componentes, la responsable del pH particular de cada adhesivo y, por consiguiente, de la diferencia de pH que presentan estos mismos.<sup>[28]</sup>

En estos sistemas adhesivos, el mecanismo de unión a dentina consiste en un adhesivo autograbante, cuya composición presenta un ácido débil, que es el encargado de producir la desmineralización parcial de la dentina,

permitiendo el contacto de esta con el acondicionador, que difunde y forma la capa híbrida requerida. Esta capa se diferencia, de la formada por la técnica de grabado total en que, a nivel microscópico la formación de *tags* es menos pronunciada, las fibras colágenas no es completamente desmineralizadas, o sea, la hidroxiapatita no sería totalmente eliminada.<sup>[2]</sup>

Los sistemas adhesivos de autograbado han mejorado los procedimientos clínicos, tanto en la evolución de los componentes y su funcionamiento, como en la disminución del tiempo operatorio de aplicación de cada uno de ellos. En la última década estos sistemas se han sometido a constantes pruebas clínicas y de laboratorio con el fin de valorar su desempeño. Sus ventajas contrastan con su baja efectividad en cuanto a resistencia de unión y su permeabilidad, que permite formar gotas de agua en la interfase adhesiva, favoreciendo la nanofiltración; proceso mediante el cual pasa un fluido a través de una membrana semipermeable, a determinada presión, de forma que se produce una separación según el tamaño de las moléculas que pueden atravesar esa membrana (entre 0.001 y 0.01 mm).<sup>[32, 47]</sup>

Como los sistemas adhesivos de autograbado presentan menor confiabilidad que los adhesivos de 4ª y 5ª generación en cuanto a la resistencia de unión y nanofiltración, estos últimos son los que se mantienen como “estándar de oro” para estudios comparativos, ya que continúan con el protocolo de grabado con ácido fosfórico al 35 o 37%.<sup>[47]</sup>

Otra diferencia entre los adhesivos de autograbado y los convencionales es la discrepancia entre profundidad de desmineralización y penetración del adhesivo, que no ocurre en los de autograbado, ya que ambos procesos se realizan en el mismo tiempo clínico, lo que estaría relacionado con la disminución en la nanofiltración.<sup>[33]</sup>

Los sistemas autocondicionantes tienen ventajas en cuanto a la humedad dentinaria. La técnica del acondicionamiento total es muy sensible y rigurosa.

En contacto con agua excesiva, proveniente de contaminación, sea de saliva o de sangre, hay una mayor dificultad de la penetración del adhesivo entre las fibras colágenas. En esmalte, el exceso de agua también dificulta la penetración del adhesivo en las microporosidades, afectando la adhesión.<sup>[25]</sup> Reduce los pasos requeridos previamente a un solo paso. La preocupación de que la dentina esté demasiado húmeda o demasiado seca, antes de la aplicación del adhesivo, no es un factor tan significativo. La eliminación de una técnica sensitiva reduce el riesgo de sensibilidad posoperatoria. Contribuye al control de infecciones, ya que algunos productos de autograbado presentan aplicación desechable.<sup>[42]</sup>

La ventaja inherente de los agentes de adhesión de autograbado es que desmineralizan y depositan el iniciador al mismo tiempo. Con este procedimiento es muy posible que se eviten vacíos en las zonas donde la sustancia inorgánica ha sido retirada mediante el grabado ácido. En consecuencia, se disminuye considerablemente la posibilidad de que haya una reducción, a largo plazo de la fuerza de unión. La segunda razón para la rápida aceptación de estos materiales, puede estar relacionada con la sensibilidad posoperatoria que se les atribuye, ya que es poca o nula. Esta última generación de adhesivos, convierte los procedimientos de adhesión dental en procesos más fáciles, mejores y de pronóstico más certero.<sup>[5, 46]</sup>

Los sistemas de autograbado presentan mejor desempeño en adhesión a dentina que a esmalte. Los cementos de resina de autocurado y duales son incompatibles con estos, debido a sus diferentes modos de polimerización y acidez del sistema de adhesivo.<sup>[47]</sup> Son menos confiables en cuanto a resistencia de unión y nanofiltración, comparados con los adhesivos de grabado y lavado de tres pasos (4ª generación). Entre los adhesivos de autograbado, la 6ª generación ha dado mejores resultados, por lo tanto los de autograbado de dos pasos tienen mejor desempeño clínico y de laboratorio que los de un paso, un frasco.

Por otro lado, los sistemas adhesivos de autograbado, pese a aparentemente producir una adhesión débil a esmalte, producen una adecuada adhesión a dentina, porque las fibras colágenas no son desnaturalizadas y no colapsan, por lo tanto, al omitirse el grabado ácido, se reducen los riesgos de producir un sobre secado o sobre grabado del sustrato.<sup>[26]</sup>

Los sistemas adhesivos autocondicionante agresivos son débiles mecánicamente, esto es, se fracturan internamente cuando se someten a tensiones en las pruebas o ensayos, aun presentando capas híbridas tan gruesas como los sistemas adhesivos convencionales. Los monómeros ácidos en los sistemas autocondicionantes pueden ser monómeros derivados del ácido carboxílico (4-META) o monómeros fosfonados.<sup>[34]</sup>

El desarrollo de un adhesivo de autograbado da la posibilidad de incorporar el barrillo dentario en la capa híbrida. La infiltración con un monómero ácido, incrementa la concentración a través del barrillo dentario en la matriz de la dentina inferior, creando una capa híbrida especial, la cual contiene una zona superior de barrillo dentario híbrido y una zona inferior de dentina desmineralizada, donde penetra el *primer*. Teóricamente es un sistema de adhesivo que simultáneamente desmineraliza e infiltra la dentina por el monómero, el cual luego se polimeriza *in situ*.

Sin embargo, otros resultados arrojados, señalan que el sistema de adhesión de autograbado, al no eliminar el barrillo dentinario en comparación al grabado total; se disminuye la penetración de los agentes imprimantes en la estructura dental, presentado escasa cantidad de *tags* en dentina y esmalte, lo que se traduce en una formación de una pequeña capa híbrida, los cuales son los principales mecanismos de adhesión.<sup>[48]</sup>

Los sistemas de autograbado son fáciles de manejar. No requieren de lavado ni secado de la dentina subyacente, solventando así, el problema del colapso de la red de colágeno; no se afectan por cambios dimensionales de



la dentina, a diferencia de los sistemas adhesivos convencionales de tres pasos, no se perturban por cambios de humedad del sustrato ni por la inexistencia de gaps entre la desmineralización y la infiltración.<sup>[7, 34]</sup> Estos sistemas han demostrado conseguir un excelente sellado marginal y una fuerza de unión a la dentina comparable, incluso superior a la obtenida con los anteriores sistemas adhesivos.<sup>[7, 47]</sup> Logran fuerzas de adhesión estables, que no se ven afectadas por la diferente orientación de los túbulos dentinarios, en las distintas superficies cavitarias.

Según varias investigaciones, puede afirmarse que el sistema de adhesión de grabado total, en todas las experimentaciones, ha arrojado mayor eficacia y probabilidad de éxito, que los sistemas de autograbado; aunque es necesario mencionar que la diferencia en las mismas, es poca y posiblemente sin suma relevancia.<sup>[7, 34]</sup>

Nogales, Terrazas y Leiva, utilizan los dos sistemas de adhesión con el fin de evaluar la filtración marginal. Y resulta existir en ambos sistemas, con una diferencia estadística significativa, siendo mayor la filtración marginal en los sistemas de adhesión de autograbado. Atribuida esta diferencia, a que el grabado de la superficie tratada producido por los monómeros acídicos, haya sido limitado, poco profundo o que el patrón de grabado no haya sido uniforme como para una penetración del adhesivo; en comparación al uso independiente del ácido ortofosfórico del grabado total convencional, lo que se traduciría, en definitiva una menor fuerza de adhesión por parte de la técnica autograbante y mayor filtración.<sup>[48]</sup>

En general, en los adhesivos de autograbado se hace evidente la degradación en el tiempo de la interfase de adhesión resina-dentina con monómeros bifuncionales altamente hidrofílicos, que permiten absorción rápida de agua, debilitando la red del polímero; sumando que la evaporación completa de solventes es difícil de lograr aun con colocación de aire. Lo cual

disminuye la rigidez de la capa adhesiva, debido a la disminución del grado de conversión de los monómeros; lo que reduce significativamente la resistencia de adhesión.

En un estudio realizado sobre los sistemas de autograbado, cuando la dentina se graba con ácido, se obtienen ángulos de contacto más bajos, que cuando se utilizan sistemas adhesivos de autograbado. Es decir, se obtiene una superficie con mayor mojado, un mayor contacto íntimo cuando se emplea un adhesivo con previa aplicación de ácido grabador.

Arias (2007) evaluó la fractura constante de las estructuras dentales, sometiendo a pruebas ambos sistemas. El sistema de grabado total mostró mejores valores de resistencia al cizallamiento diversas orientaciones prismáticas, mientras que el sistema de autograbado fue menos influenciado por la orientación prismática en su desempeño y experimentó cambios significativos en sus valores entre una u otra orientación prismática. De todas las fracturas que se produjeron en este experimento, la fractura de tipo adhesiva fue la más frecuentemente observada en todos los grupos, sin diferenciar los sistemas.<sup>[49]</sup>

De la misma manera, Sandoval (2005) demostró que existen diferencias significativas en la interfase entre la dentina de un diente temporal y el adhesivo. Cuando se utiliza un sistema de autograbado en comparación con un sistema de grabado total, el adhesivo de autograbado no se une íntimamente a la dentina, formando una brecha en la interfase, la que disminuye con la aplicación de dos capas de adhesivo pero sin ser eliminada. En cambio, el adhesivo con grabado total fue capaz de sellar perfectamente la interfase entre dentina y adhesivo, sin la formación de una brecha.<sup>[33]</sup>

En 2009 Otazu, después de analizar dos sistemas de adhesión (grabado total convencional y de autograbado), concluyó que efectivamente hay mayor adhesión del sellador al aplicarle previamente un sistema de adhesión de

grabado total convencional, así como valores más bajos de microfiltración. Sin embargo, los resultados arrojados pusieron en evidencia nuevamente a los sistemas de adhesión de autograbado, ya que en las diversas anatomías de las estructuras dentales, es decir fisuras en V o Y, fue en el uso de estos sistemas la mayor microfiltración que existió. No obstante, es importante señalar que también dieron resultados de mejor penetración con el uso de sistemas de autograbado, al ser más delgada la capa híbrida formada, pudo penetrar mejor las fisuras estrechas.<sup>[50]</sup>

Bustamente y Díaz concluyen que el grabado previo a la aplicación del sistema adhesivo de autograbado aumenta la fuerza de adhesión al esmalte, lo que se explica porque el aumento de porosidad del esmalte promueve un incremento de la interacción con el sustrato y mayor retención micromecánica.<sup>[29]</sup> Estos autores afirman la resistencia adhesiva de diversas marcas comerciales de sistemas de autograbado y presentan estos resultados: Single Bond Universal® con grabado ácido previo es mucho mayor que sin grabado ácido ( $p < 0.05$ ). La resistencia adhesiva *All in one*®, con grabado ácido previo es mayor que sin grabado ácido ( $p < 0.05$ ). Clearfil S3 Bond® no arroja resultados estadísticamente significativos, con y sin grabado ácido previo, siendo los dos igualmente efectivos ( $p > 0.05$ ).<sup>[29]</sup>

Por su parte, Lima (2012) realizó una experimentación en la que modificó ambos sistemas, generando una tercera opción de sistema de adhesión: mezclando ambos, con base en sus características y ventajas; es decir, acondicionar la estructura dental con el grabado total y después utilizar el adhesivo de autograbado. Los resultados arrojaron mayor porcentaje de éxito que al utilizar los dos sistemas por separado. Esto es una alternativa de método al colocar las restauraciones estéticas en pacientes, pero con la desventaja de un incremento de costo.<sup>[36]</sup>



### 3. Planteamiento del problema

Las restauraciones en donde se emplean métodos adhesivos, tienen varias ventajas sobre los métodos tradicionales donde no se emplean. La creación más reciente en la odontología adhesiva involucra la introducción de sistemas adhesivos de autograbado, lo que disminuye el tiempo de trabajo y reduce significativamente la sensibilidad posoperatoria y el riesgo de tener variantes en su aplicación.

Los sistemas adhesivos de grabado total tienen un buen sellado y una buena unión a la estructura dental, que permite obtener una fuerza de adhesión aceptable. Sin embargo, mantener la humedad dentinaria apropiada en este tipo de sistemas adhesivos hace que la técnica sea sensible, por ello se considera un procedimiento delicado y complejo. Abarca variables que pueden cambiar de manera significativa el éxito futuro de la restauración.

Una variante fundamental en cualquier sistema de adhesión es la fecha de caducidad del producto, ya que puede impactar o modificar el desempeño de la fuerza de adhesión a dentina. Aunque las casas fabricantes indican el rango de vida útil en el envase, es común que algunos odontólogos los utilicen en periodos cercanos a la fecha de expiración e incluso después de vencidos. Ante esta circunstancia, nos surge la interrogante: ¿La fecha de vencimiento de los sistemas adhesivos disminuye visiblemente su fuerza de adhesión a la dentina?



## 4. Justificación

En la actualidad es posible encontrar en el mercado de la industria de restauración estética gran variedad de adhesivos, cuya finalidad es lograr cada vez mejores resultados en cuanto a adhesión dentinaria. Diversas marcas comerciales producen los adhesivos de autograbado (6ª y 7ª generación), sin embargo el respaldo científico que avale su comportamiento, así como sus propiedades físicas y mecánicas, tanto *in vivo* como *in vitro*, es escaso y aún persisten varias preguntas sobre el tema. Por esta razón, la presente investigación busca comparar la fuerza de adhesión en cizallamiento de dos sistemas adhesivos: un sistema convencional de grabado y lavado denominado Excite® F (Ivoclar Vivadent) y un sistema de autograbado llamado Adper Prompt L Pop® (3M ESPE).

Se realizaron varias búsquedas en diferentes bases de datos de revistas científicas; sin embargo, se encontraron pocos artículos escritos en los últimos años en los cuales se evaluara el efecto que ejerce la cercanía a la fecha de expiración sobre la fuerza de adhesión de los sistemas adhesivos de autograbado a la dentina.<sup>[8]</sup> Por consiguiente, esta investigación tiene relevancia para la práctica odontológica al determinar cuál de los diferentes sistemas adhesivos (entre sistemas de autograbado y de grabado total) ejerce mayor fuerza adhesiva en la estructura dentaria, según su aplicación correspondiente a la fecha de vencimiento.

Por otro lado, podrá determinarse la importancia de la fecha de caducidad de los productos en cuanto a su eficacia en su fuerza de adhesión, además de conocer qué sistema de adhesión ofrece mejor adhesión dentaria, logrando restauraciones adhesivas con alto porcentaje de éxito y mayor resistencia a

la fractura; así como la facilidad de aplicación del sistema adhesivo y la simplificación de tiempo de trabajo.

Asimismo, esta investigación será benéfica para los odontólogos al brindarles más herramientas para su mejor desarrollo profesional, ya que podrán proporcionar tratamientos más eficaces en restauraciones adhesivas.



## 5. Hipótesis

### *Verdadera*

La fuerza de adhesión a 24 horas de los sistemas de autograbado y de grabado total se ve afectada según su fecha de vencimiento.

### *Nula*

La fuerza de adhesión a 24 horas de los sistemas de autograbado y de grabado total no se ve afectada según su fecha de vencimiento.



## 6. Objetivos

### *General*

Determinar si existen diferencias significativas en la fuerza de adhesión a 24 horas, comparando dos sistemas de adhesión (autograbado y grabado total), con base en su fecha de vencimiento.

### *Específicos*

- Valorar la fuerza de adhesión a dentina en MPa con un sistema adhesivo convencional o de grabado total (Excite® F) fecha de vencimiento pasada.
- Valorar la fuerza de adhesión a dentina en MPa con un sistema adhesivo convencional o de grabado total (Excite® F) con fecha de vencimiento futura.
- Valorar la fuerza de adhesión a dentina en MPa con un sistema adhesivo de autograbado (Adper Prompt L-Pop®) con fecha de vencimiento pasada.
- Valorar la fuerza de adhesión a dentina en MPa con un sistema adhesivo de autograbado (Adper Prompt L-Pop®) con fecha de vencimiento futura.
- Comparar los resultados de la fuerza de adhesión entre los dos sistemas adhesivos: convencional y de autograbado con fecha de vencimiento pasada.
- Comparar los resultados de la fuerza de adhesión entre los dos sistemas adhesivos: convencional y de autograbado con fecha de vencimiento futura.



## 7. Metodología

La presente investigación es un estudio comparativo porque se examinará y se comparará la fuerza de adhesión de dos sistemas adhesivos en diferentes condiciones de vida útil. Experimental y analítico porque se modificarán las variables independientes y se analizarán sus efectos. Es de corte transversal porque los datos se registrarán en un momento determinado, y con enfoque cuantitativo porque se manejarán las variables relacionadas con la vida útil y el tipo de sistema adhesivo.

### **Criteria**

#### *Inclusión*

Dientes posteriores (molares y premolares) sin alteraciones en su anatomía, libres de fracturas, restauraciones totales y/o caries avanzada. Con adhesivos de 5ª generación marca Excite® F (Ivoclar Vivadent) y de 7ª generación marca Adper Prompt L Pop® (3M ESPE).

#### *Exclusión*

Dientes que no cumplan con los criterios de inclusión.

#### *Eliminación*

Todas aquellas muestras que tengan un resultado diferente de más del 15%.

## **Variables**

### *Dependientes*

Fuerza de adhesión en megapascales (MPa).

### *Independientes*

Sistemas adhesivos empleados: de 5<sup>a</sup> generación marca Excite® F (Ivoclar Vivadent) y de 7<sup>a</sup> generación marca Adper Prompt L Pop® (3M ESPE).

Fecha de vencimiento de los sistemas adhesivos empleados.

## **8. Muestreo o universo de trabajo**

Para este estudio se seleccionaron 20 dientes humanos posteriores (molares y premolares), en los que se utilizaron las caras vestibular y palatino/lingual.

En total 40 caras divididas en:

- 10 caras con Adper Prompt L Pop® (3M ESPE) vigente.
- 10 caras con Adper Prompt L Pop® (3M ESPE) caduco.
- 10 caras con Excite® F (Ivoclar Vivadent) vigente.
- 10 caras con Excite® F (Ivoclar Vivadent) caduco.





## 9. Método

Se recolectaron dientes extraídos por diversos motivos en el Departamento de Exodoncia y Cirugía de la Facultad de Odontología de la UNAM, en un lapso de tiempo menor a seis meses. Se colocaron en agua para evita su deshidratación y se almacenaron a temperatura ambiente. Se limpiaron perfectamente liberando el tejido adherido que pudieran tener.

Se seleccionaron 20 dientes libres de restauraciones y de caries avanzada y con las condiciones anatómicas más óptimas para no tener variantes en los resultados.

Se realizaron las muestras de la siguiente manera; en una loseta de vidrio se fijaron con un poco de plastilina por su cara vestibular/palatina (fig. 1) para evitar su movimiento en la inclusión deacrílico de autocurado. Después se colocó un anillo de 25 mm de diámetro alrededor de ellos (fig. 2) y se vertió elacrílico de color morado en 10 dientes (fig. 3) y rosa en los 10 restantes, para diferenciar los grupos (adhesivo vigente y expirado, respectivamente).



Fig. 1

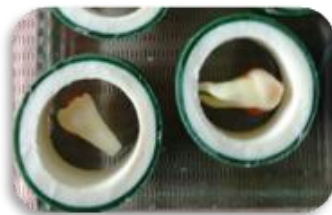
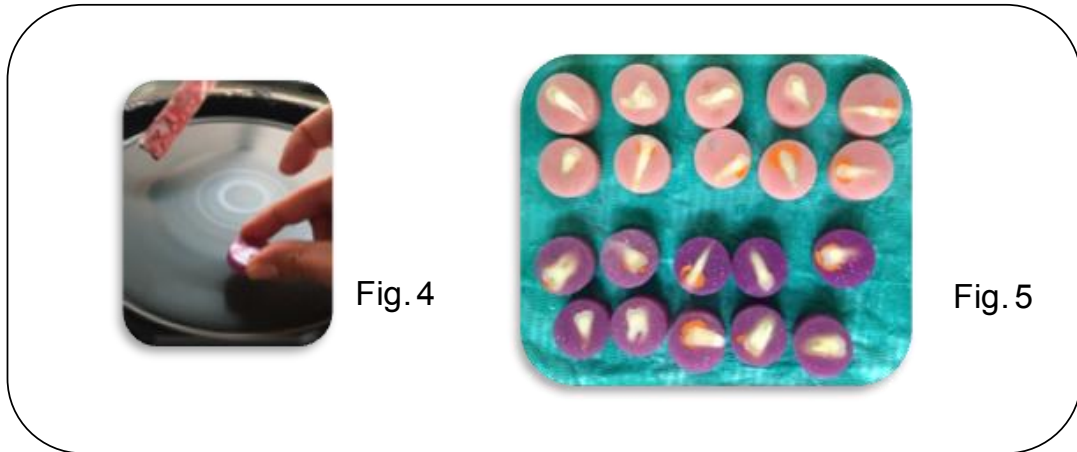


Fig. 2

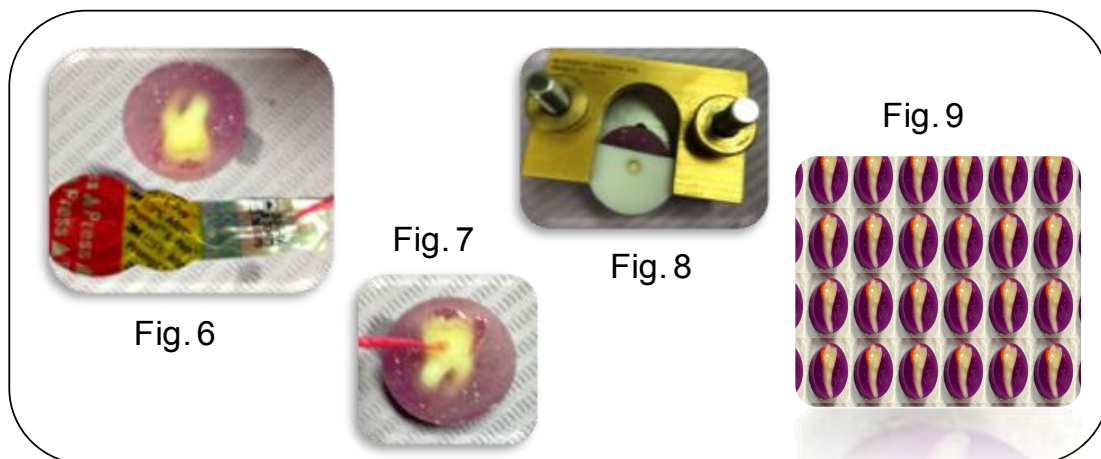


Fig. 3

Una vez polimerizadas las muestras de acrílico, se procedió a descubrir dentina con un pulidor metalográfico (fig. 4), montado papel abrasivo de grano 120 y después con uno de grano 600 para pulir las asperezas (fig. 5).



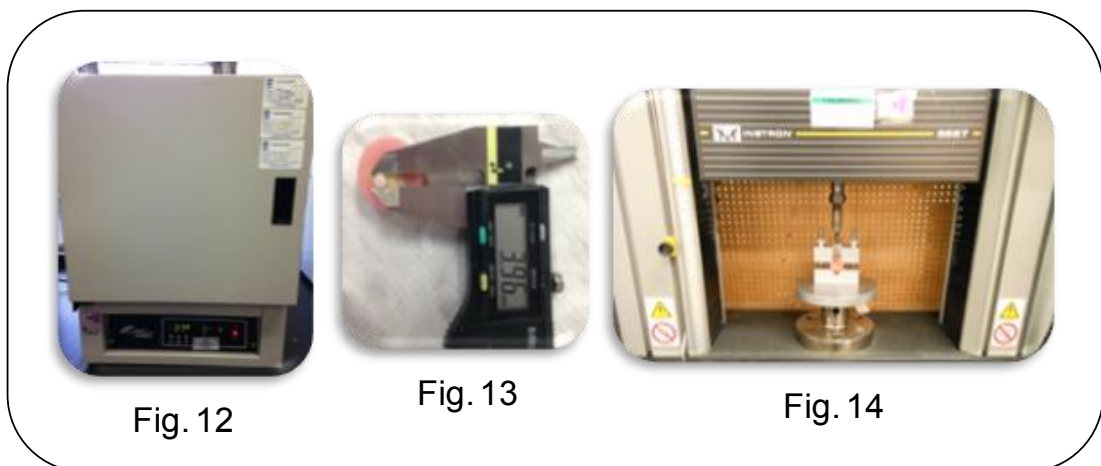
Para la preparación de las muestras para la prueba de fuerza de adhesión, primero se utilizó el sistema adhesivo de autograbado Adper Prompt L Pop® (3M ESPE). En 10 dientes en acrílico (morado) se colocó el adhesivo siguiendo las indicaciones del fabricante; se frotó durante 15 seg en dentina (figs. 6 y 7) y se colocó aire para evaporar el solvente durante 5 seg. Todo esto fue cronometrado. Después se polimerizó 10 seg con lámpara de fotopolimerizado en modo *hight* a  $600 \text{ mW/cm}^2$ .



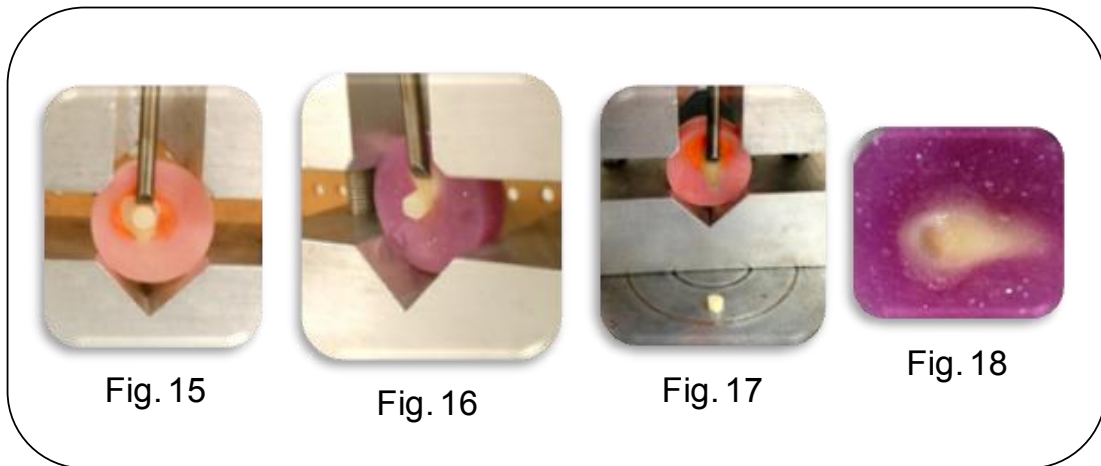
A continuación, se confeccionó un cilindro de resina de monodosis con un aditamento circular de teflón de 4 mm de diámetro y 3 mm de profundidad; se sujetó con un aditamento metálico para evitar el movimiento de la muestra (fig. 8). Se polimerizó la resina durante 20 seg y se sacó del aditamento; se colocó en un recipiente con agua para evitar su deshidratación (fig. 9). Se repitió el procedimiento con todas las muestras y se hizo lo mismo con el producto caduco en las muestras de color rosa (figs. 10 y 11).



Enseguida se llevaron a la estufa Felisa a 37° (fig. 12) para semejar el ambiente bucal. Después de 24 horas se midió con un vernier la distancia de mesial a distal del cilindro de resina y de oclusal a cervical (fig. 13) para determinar el área de contacto de la resina con el diente (con la fórmula de  $\pi \cdot r^2$ ).

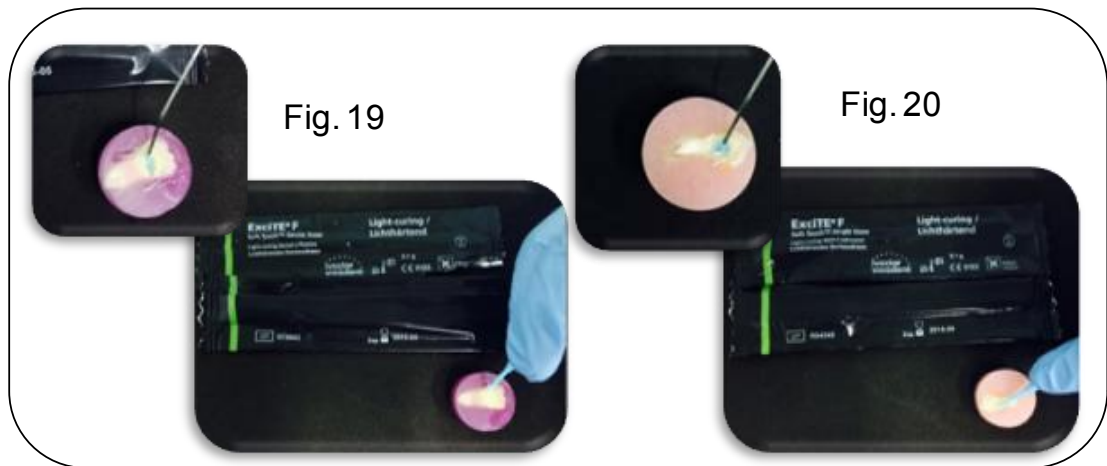


Se realizó la prueba de fuerza de adhesión en cizallamiento en la máquina universal de pruebas mecánicas INSTRON modelo 5567 (fig. 14) a una velocidad de 1 mm/min hasta el desprendimiento de la resina del diente (figs. 15, 16 y 17), obteniendo los valores máximos de carga en MPa, soportados por la interfase diente-resina. Y finalmente se evaluó si el desprendimiento fue de tipo cohesivo o adhesivo (fig. 18).



Se descubrió dentina del lado opuesto de las muestras, igualmente con un pulidor metalográfico, montado papel abrasivo de grano 120 y después con uno de grano 600 para pulir las asperezas y de nuevo se colocaron las muestras en agua.

Se repitió el procedimiento de preparación de muestras respetando los colores (moradas para producto vigente y rosas para producto caduco) pero esta vez con un adhesivo de 5<sup>a</sup> generación marca Excite® F (Ivoclar Vivadent) y siguiendo las instrucciones del fabricante, se colocó ácido ortofosfórico al 35% en dentina durante 15 seg se lavó con agua por el doble de tiempo y se colocó aire por 5 seg; posteriormente se frotó el adhesivo durante 10 seg (figs. 19 y 20) se eliminó el exceso de solvente, con aire y se polimerizó con lámpara de fotopolimerizado en modo *hight* a 600 mW/cm<sup>2</sup> durante 10 seg.



Se repitieron los pasos exactamente igual de confección de resina y realización de prueba de fuerza de adhesión y se obtuvieron los resultados (figs. 21 y 22).

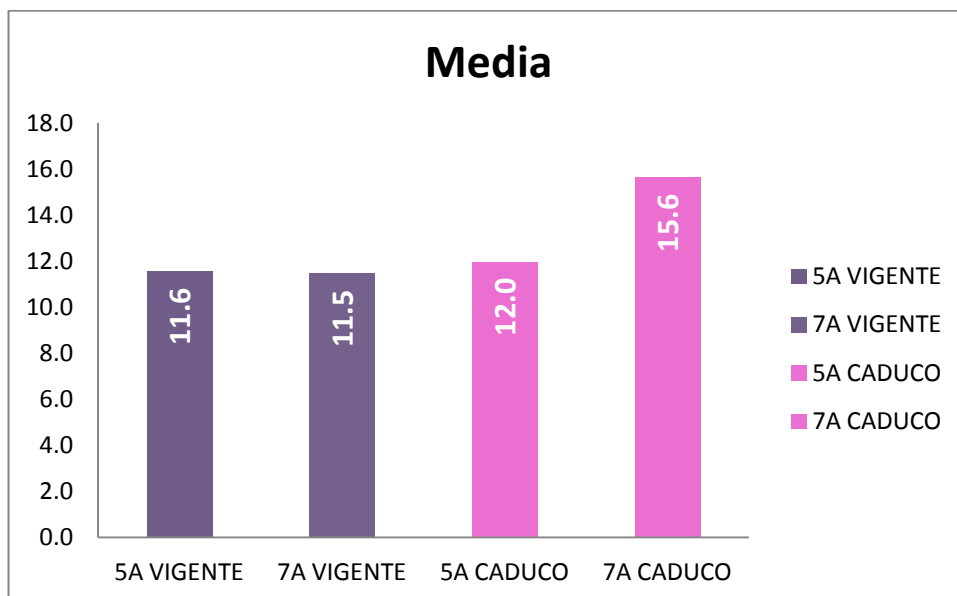




## 10. Resultados

Los resultados se examinaron mediante un análisis de varianza (ANOVA de una vía) y se compararon los grupos con un Post ho (TUKEY), arrojando un valor de media, uno de desviación estándar y uno de coeficiente de variación para cada grupo: adhesivos de 5<sup>a</sup> y 7<sup>a</sup> generación, vigente como caduco.

Los resultados de los valores de media de cada grupo se graficaron con los colores que se utilizaron en el desarrollo del trabajo, para facilitar su lectura y comprensión al interpretarlos. El color morado se utilizó para las muestras con adhesivos con fecha de expiración vigente; sus valores de media fueron 11.45 (7<sup>a</sup> generación) y 11.56 (5<sup>a</sup> generación) con una desviación estándar de 3.05 y 2.72, respectivamente. Y los de color rosa con fecha de expiración caduca, sus media fue de 15.61 (7<sup>a</sup> generación) y 11.97 (5<sup>a</sup> generación) con una desviación estándar de 5.30 y 4.65.



En esta gráfica se observa que no existen diferencias significativas entre ambos grupos, en cuanto a los valores de fuerza de adhesión; lo que indica que la hipótesis no se cumple, es decir directamente no hay una diferencia entre un producto caduco y uno vigente.

La resistencia al cizallamiento en los adhesivos caducos, en ambos sistemas, fue mayor. Y el grupo que arroja la media más alta es de 7<sup>a</sup> generación caduco. Este resultado puede explicarse, probablemente, porque hubo muestras con valores más altos que los obtenidos en los adhesivos vigentes, y eso conlleva a que el grupo con mayor fuerza de adhesión sea el grupo de adhesivo de 7<sup>a</sup> generación caduco. Pero también este grupo obtuvo los valores restantes más bajos, lo que arroja un coeficiente de variación más alto que todos los grupos. Esto explica que la desviación estándar por consecutivo es también mayor, lo que nos interpreta que no necesariamente es el grupo más efectivo.

Entre los adhesivos vigentes de 5<sup>a</sup> y 7<sup>a</sup> generación, la diferencia es mínima en cuanto a su media; es decir, arrojan los mismos resultados probablemente en la mayoría de sus muestras. Sin embargo, el adhesivo de 5<sup>a</sup> generación vigente obtuvo el coeficiente de variación más bajo que todos los grupos, lo que nos indica que a pesar de tener menor resistencia aparentemente, presenta mayor constancia en sus resultados, lo que lo hace un producto más confiable. Y se puede explicar quizá, las muestras cuyos valores son muy bajos, porque en esas muestras, el diente, no presentaba las mismas características que los demás.



## 11. Discusión

El objetivo de este estudio fue mostrar el comportamiento de dos sistemas de adhesión: grabado total y autograbado, además de verificar su eficacia con fecha de caducidad vigente y caduca. Las condiciones intraorales difieren bastante, ya que se agregan múltiples factores propios del paciente que deben considerarse, así como distintos tipos de fuerzas o cargas que afectan a las restauraciones dentarias. No obstante, los resultados obtenidos dan una idea del comportamiento que tendrá el material restaurador en boca.

Los valores obtenidos se tabularon y expresaron en megapascales; en la tabla 1 se aprecian las diferencias entre los productos caducos y vigentes. Sin embargo, estas diferencias no son estadísticamente significativas: el grupo de 7ª generación tiene valores de resistencia más altos que el de 5ª generación a nivel de la interfase diente-resina, donde se realizó la medición y se produjo fractura de tipo adhesiva en su mayoría.

TABLA REPRESENTATIVA DE LA TENSIÓN EN LA CARGA MÁXIMA (MPa)

Muestras	7V	7C	5V	5C
1	12.053	10.636	15.583	18.847
2	10.392	23.029	7.089	14.870
3	9.372	18.568	9.159	6.758
4	10.405	14.029	11.455	19.176
5	7.069	1.529	2.045	4.063
6	10.617	7.791	12.340	7.207
7	10.714	15.563	15.185	11.522
8	11.873	20.158	9.892	10.803
9	19.087	20.495	12.340	9.077
10	8.619	10.306	11.030	9.469

Tabla 1

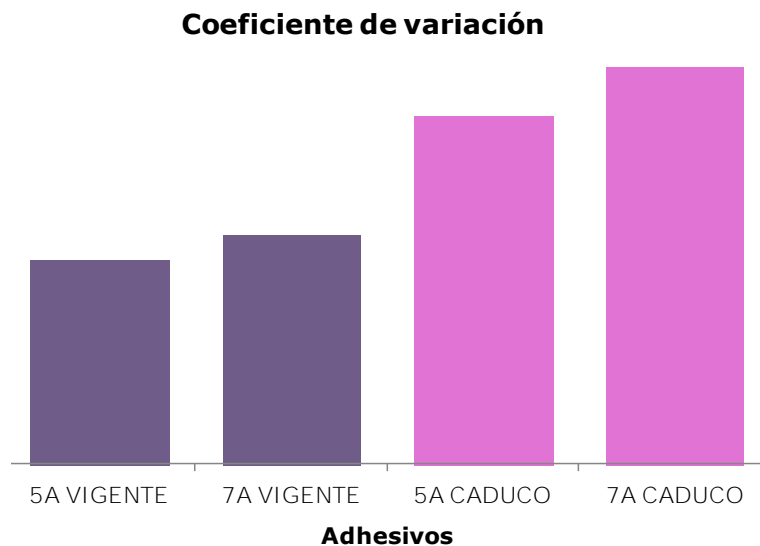
En la tabla 2, se ve reflejado que no hay diferencias estadísticamente significativas entre ninguno de los grupos, ni en comparación de tipos de adhesivos ni en las fechas de caducidad. Sin embargo, aunque la media del adhesivo de 7ª generación caduco es la más alta, también presenta la mayor desviación estándar y, por lo tanto, el mayor coeficiente de variación, lo que refleja que hay mayor probabilidad de desprendimiento de la resina al utilizarlo en comparación con los otros grupos.

TABLA REPRESENTATIVA DE ANÁLISIS DE VARIANZA

GRUPO	MEDIA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	COEFICIENTE DE VARIACIÓN
5A VIGENTE	11.564	2.724	0.908
7A VIGENTE	11.459	3.055	1.018
5A CADUCO	11.970	4.659	1.553
7A CADUCO	15.619	5.302	1.767

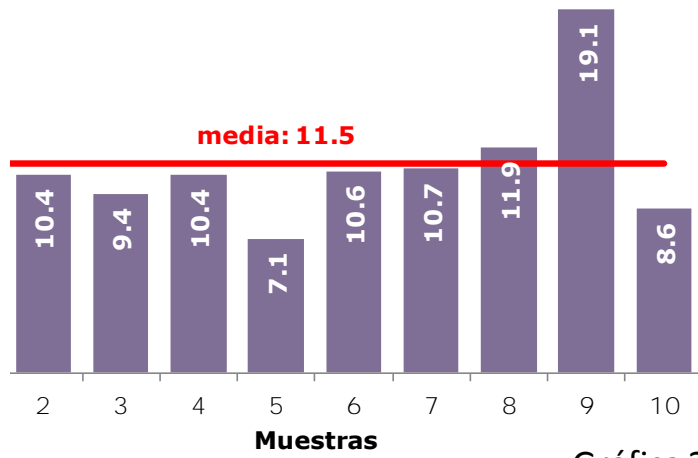
Tabla 2

De igual forma los resultados se graficaron por grupos para notar el comparativo entre cada muestra, así como su media y su desviación variable en cada grupo; siendo más representativa la diferencia y, por lo tanto, más factible el entendimiento de los resultados (gráficas 1-5).



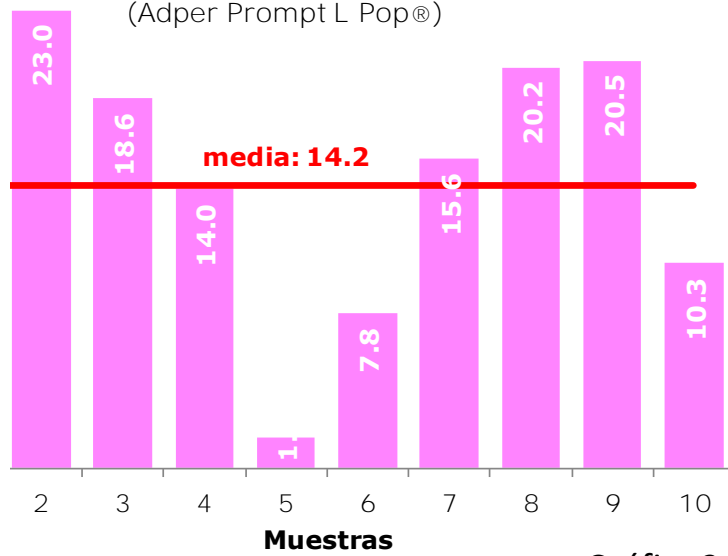
Gráfica 1

**7a vigente**  
(Adper Prompt L Pop®)



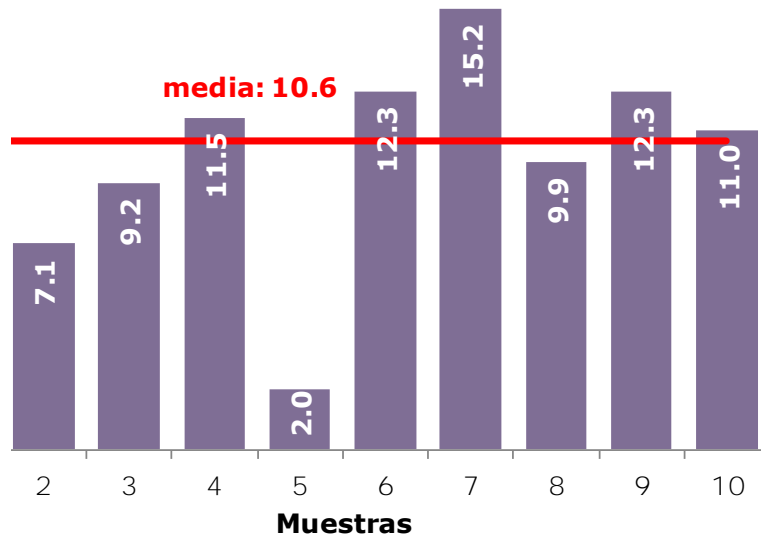
Gráfica 2

**7a caduco**  
(Adper Prompt L Pop®)



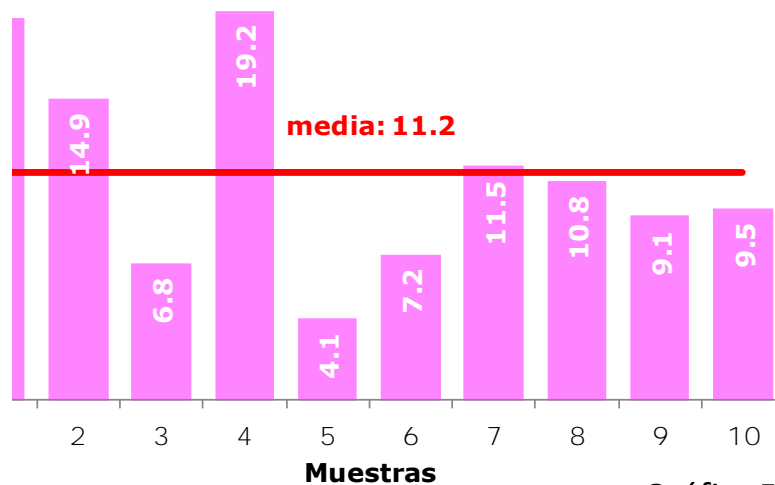
Gráfica 3

**5a vigente**  
(Excite® F)



Gráfica 4

**5a caduco**  
(Excite® F)



Gráfica 5

Al comparar los resultados de ambos sistemas adhesivos con la información proporcionada por el fabricante, se descubre que existen diferencias relevantes, esto se explica por el hecho de que los métodos empleados en

esta investigación son diferentes: aquí la prueba se realizó bajo fuerzas de cizallamiento y no de tracción; la prueba utilizada es mucho más exigente y por lo mismo los valores obtenidos son siempre menores que en tracción.

La fuerza de adhesión se determinó utilizando la resistencia de cizallamiento, esto resulta útil para probar materiales que fallan ante valores comprendidos entre 18-20 MPa o menos. Sin embargo, en valores que exceden la cifra anterior, a menudo no permiten diferenciar entre la fuerza del adhesivo y la fuerza cohesiva del *composite* o la dentina.

La durabilidad de la adhesión resina-dentina es de crucial importancia tanto para el clínico como para el investigador. Sin embargo, se sabe muy poco acerca de la estabilidad de la capa híbrida. La prueba de fuerzas de adhesión inmediata, no puede demostrar adecuadamente los efectos que pueden tener la durabilidad de la adhesión entre los poros y otros defectos internos producidos en la capa híbrida.

Es bastante difícil desarrollar condiciones de laboratorio que justifiquen la longevidad de la adhesión, debido a diversos factores envueltos en la degradación de la adhesión y a que el desarrollo oral es dinámico y biológicamente complejo.

Los estudios más recientes han demostrado que los valores de adhesión resina-dentina disminuyen tras el ciclado mecánico. Los adhesivos de autograbado de un solo paso muestran las fuerzas de adhesión más bajas y menos duraderas, mientras que los de dos pasos obtienen valores de adhesión más altos.

Es prácticamente imposible simular con exactitud la cicladora mecánica la fuerza oclusal debido a la variación en edad, sexo, tipo de diente y alimento. Por ende no puede evaluarse un resultado tan apegado a la realidad.



## 12. Conclusión

Se concluye que la resistencia de adhesión entre adhesivos de 5ª y 7ª generación no presenta diferencias estadísticamente significativas: tampoco entre los adhesivos con fecha de vencimiento vigente y caduca. Sin embargo, existe un mayor coeficiente de variación en ambas generaciones de adhesivos caducos, en comparación a los vigentes, lo que indica que hay mayor probabilidad de fracaso en la restauración o una menor calidad en el tratamiento al utilizar un adhesivo caduco. Asimismo, al comparar los productos caducos en ambas generaciones de adhesivos, existe un riesgo aún mayor en el adhesivo de 7ª generación.





### 13. Referencias bibliográficas

1. Parkes T. Estudio experimental *in vitro* de la resistencia adhesiva de restauraciones de resina compuesta realizadas con dos técnicas de grabado ácido distintas [tesis licenciatura]. Santiago: Universidad de Chile; 2013.
2. Saavedra P. Comparación *in vitro* del grado de resistencia adhesiva de los sistemas adhesivos single bond y adper single bond 2 [tesis licenciatura]. Santiago: Universidad de Chile; 2006.
3. Maldonado A. Sistemas adhesivos. En: Lanata E. et al. Atlas de operatoria dental. Buenos Aires: Alfaomega; 2008; 85-96.
4. Parra M, Garzón H. Sistemas adhesivos autograbadores, resistencia de unión y nanofiltración: una revisión. Rev Fac Odontol Univ Antioq. 2012; 24(1): 133-150.
5. Macchi R. Materiales dentales. 4<sup>a</sup> ed. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana; 2007.
6. Berasategui A. Sistemas adhesivos autograbantes. Araba, España Clin. Dent. Donney; 2011.
7. Aguilera A, Guachalla J, Urbina G, Marcial F, Vladimir A. Sistemas adhesivos de autograbado. Rev Dent Chile. 2001; 92(2): 23-28.
8. Rangel J, Pellegrini A, Orellana N. Efecto de la fecha de caducidad en la fuerza de adhesión de dos sistemas adhesivos autograbantes aplicados a dentina (estudio *in vitro*). Rev Venez Invest Odontol. 2013; 1(2): 74-85.

9. Rincón F, Camejo D. Efectividad de los adhesivos de autograbado sobre el esmalte dental. Estado actual. RAAO. 2008; 47(2): 30-36.
10. Reyes J. Estudio del esmalte dental humano por microscopia electrónica y técnicas afines. Rev LatinAm Metal Mat [online]. 2001; 21(2): 81-85.
11. Miyashita E, Salazar A. Odontología estética. El estado del arte. São Paulo: Artes Médicas Latinoamericana; 2005.
12. Guzmán H. Biomateriales odontológicos de uso clínico. 3ª ed. Bogotá: Ecoe Ediciones; 2003.
13. Galarza A. Estudio comparativo de los agentes adhesivos de 5ta y 7ma generación y su fuerza de adhesión [tesis licenciatura]. Guayaquil: Universidad de Guayaquil; 2014.
14. Vega del Barrio J. Materiales en odontología. Fundamentos biológicos, clínicos, biofísicos y fisicoquímicos. Madrid: Ediciones Avances Médico-Dentales; 1996.
15. Carrillo C. Dentina y adhesivos dentinarios. Conceptos actuales. Rev ADM. 2006; 63(2): 45-51.
16. Uribe-Echevarría J. Operatoria dental. Ciencia y práctica. Madrid: Ediciones Avances Médico-Dentales; 1990.
17. González P. Estudio comparativo del pH de 3 cementos dentales y su relación con la biocompatibilidad [tesis licenciatura]. Veracruz: Universidad Veracruzana; 2010.
18. Labra S. Evaluación del grado de adhesión obtenido en restauraciones indirectas de resina compuesta cementadas con y sin polimerizar el adhesivo en forma previa [tesis licenciatura]. Santiago: Universidad de Chile; 2012.

19. Craig R. Materiales de odontología restauradora. 10ª ed. España: Elsevier; 1998.
20. Corral C, Bader M, Astorga C. Estudio comparativo *in vitro* del grado de sellado marginal obtenido en restauraciones indirectas de resina compuesta cementadas con cemento autoadhesivo y cemento con sistema adhesivo de grabado y enjuague. Rev Clin Periodoncia Implantol Rehabil Oral. 2009; 2(1): 10-15.
21. Lamas C, Angulo de la Vega G, Alvarado-Menacho S. Aplicación de un adhesivo autograbante y uso de la técnica incremental oblicua para resinas compuestas en restauraciones directas en el sector posterior. Reporte de caso. Odontol Sanmarquina. 2014; 16(1): 40-3.
22. Astorga C, Bader M, Baeza R, Ehrmantraut M, Ribera C, Vergara J. Texto de biomateriales odontológicos. 1ª ed. Facultad de Odontología. Universidad de Chile; 1996.
23. Goldstein R. Sistemas adhesivos de los composites. En: Goldstein R. Odontología estética. Barcelona: STM Editores; 2002.
24. Alves R, Nogueira E. Estética odontológica. Nueva generación. São Paulo: Artes Médicas Latinoamericana; 2003.
25. Paradella T, Palo R. Sistemas adhesivos en la odontología restauradora moderna. Rev Odontol Dominic. 2004; (10): 7-10.
26. Romero W. Influencia del grabado ácido previo en la fuerza de adhesión al aplicar cuatro sistemas adhesivos autograbantes sobre esmalte bovino: estudio *in vitro* [tesis licenciatura]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos 2009.
27. Camps Alemany I. La evolución de la adhesión a dentina. Av Odontoestomatol. 2004; 20(1): 11-17.

28. Riquelme P. Estudio comparativo *in vitro* del pH de los sistemas adhesivos autograbantes presentes en el mercado nacional. Rev Dent Chile. 2012; 103(2): 14-22.
29. Bustamante D, Diaz C. Efecto del grabado ácido sobre la resistencia adhesiva *in vitro* de tres sistemas autograbantes comerciales en esmalte dentario [tesis licenciatura]. Chiclayo: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. 2014.
30. Anusavise K. La ciencia de los materiales dentales de Phillips. 11<sup>a</sup> ed. Madrid: Elsevier; 2004.
31. Camejo D, Rincón F. Adhesivos dentales en odontología. RAAO. 2005; 44(3): 26-31.
32. Jiménez J. Relación de la técnica de difusión de los sistemas adhesivos con la fuerza de adhesión [tesis licenciatura]. Guayaquil: Universidad de Guayaquil. 2014.
33. Sandoval M. Estudio comparativo *in vitro*, al microscopio electrónico de barrido, del efecto sobre la dentina de un sistema adhesivo con grabado ácido total y un sistema adhesivo autograbante [tesis licenciatura]. Santiago: Universidad de Chile; 2005.
34. Dourado A, Reis A. Sistemas adhesivos. Rev Oper Dent Biomat. 2006; 1(2): 12-28.
35. Henostroza G. Adhesión en odontología restauradora. Brasilia: Editorial Maior. 2003; 13-21,113-131.
36. Lima A, Silva V, Soares G, Marchi G, Aguiar F, Lovadino J. Influence of previous acid etching on interface morphology and bond strength of self-etching adhesive to cavosurface enamel. Eur J Dent. 2012; 6(1): 56-62.

37. Valencia J, Fernández R, Hitte R, Andrade I. Adaptación marginal e hibridación de los adhesivos de auto grabado. Estudio in vivo. Rev ADM. 2012; 69(2): 76-82.
38. Uribe-Echevarría J, Priotto E. Adhesión a esmalte y dentina con adhesivos poliméricos. En: Henostroza G. Adhesión en odontología restauradora. Brasilia: Editorial Maior. 2003; 71-112.
39. Bravo S. Evaluación del grado de adhesión a la dentina de dos tipos de adhesivos de uso clínico actual. Rev Dent Chile. 2011; 102(1): 4-12.
40. Cadete C, Alves D, Figueiredo I, Campos J, Marques B, Gondim A. Influence of different phosphoric acids in enamel adhesion. Stomatos. 2012; 18(35): 26-33.
41. Herrera G. Valoración *in vitro* de las fuerzas de adhesión de un sistema adhesivo convencional y otro autograbante en esmalte de dientes temporales y permanentes [tesis doctoral]. Madrid: Universidad Complutense de Madrid; 2012.
42. Quirós A. Comparación del sistema de grabado convencional y el sistema de autograbado [tesis licenciatura]. San José de Costa Rica: Universidad Latinoamericana de Ciencia y Tecnología; 2005.
43. Bader M, Ibáñez M. Evaluación de la interfase adhesiva obtenida en restauraciones de resina compuesta realizadas con un sistema adhesivo universal utilizado con y sin grabado ácido previo. Rev Clin Periodoncia Implantol Rehabil Oral. 2014; 7(3): 115-122.
44. Bader M, Retamal J, Retamal A. Análisis descriptivo morfoestructural mediante microscopía electrónica de barrido del efecto sobre el esmalte de la técnica de grabado ácido convencional y una nueva técnica de grabado ácido aplicada en 2 tiempos operatorios. Rev Clin Periodoncia Implantol Rehabil Oral. 2014; 7(2): 47-52.

45. Gutiérrez P, Monsalves B, Garrido G, Yévenes L, Bader M. Estudio comparativo *in vitro* del pH de los sistemas adhesivos autograbantes presentes en el mercado nacional. *Rev Dent Chile*. 2012; 103(2): 14-22.
46. Hernández M. Aspectos prácticos a la adhesión de dentina. *Av Odontoestomatol*. 2004; 20(1): 19-22.
47. Neyra C. Adhesivos dentales autograbantes. Más que un solo paso. *Rev D Tem*. 2008; 3: 39-41.
48. Nogales E, Terrazas P, Leiva M. Sellado marginal en restauraciones indirectas, cementadas con dos sistemas adhesivos diferentes. *Rev Clin Periodoncia Implantol Rehabil Oral*. 2011; 4(3): 106-109.
49. Arias R, Bahamondes V, Moncada G. Influencia de la orientación de los prismas del esmalte en la resistencia al cizallamiento de dos sistemas adhesivos. Estudio *in vitro*. *Rev Dent Chile*. 2007; 99(3): 3-7.
50. Otazú C, Castillo J. Nivel de penetración y microfiltración de sellantes con y sin adhesivo de quinta y sexta generación en premolares. Estudio *in vitro*. *Odontol Pediatr*. 2009; 8 (2): 9-16.