



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

DESCRIPCIÓN DE LA MOLÉCULA 10-MDP EN LOS
SISTEMAS ADHESIVOS DENTALES.

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

C I R U J A N A D E N T I S T A

P R E S E N T A:

CITLALPILLI HAIDE MATA DEGOLLADO.

TUTORA: Esp. MÓNICA PEÑA CHÁVEZ.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

Dedicatorias

A mi familia, que siempre me ha apoyado y creído en mí.

A mi mamá que siempre me dijo que fuera dentista y así fue y ahora estoy cumpliendo mi sueño.

Le agradezco a mi papá, que siempre confió en mí y me apoyó.

A mi hermana, que me enseñó que siempre se pueden lograr las metas y siempre ha sido mi ejemplo para seguir.

A Emilia, que es mi inspiración para luchar en la vida desde que estaba en el vientre de mi hermana.

Al maestro César Giles que se ha convertido en mi familia y me ha apoyado incondicionalmente para poder llegar hasta este lugar.

Le agradezco a Miguel Moreno, por ser una de las personas más importantes en mi vida y que ha estado en los mejores y peores momentos de ella.

ÍNDICE

| | |
|--|-----------|
| INTRODUCCIÓN. | 1 |
| CAPÍTULO I. ADHESIÓN. | 2 |
| 1.1. Concepto. | 2 |
| 1.2. Tipos. | 3 |
| 1.3. Tensión superficial. | 5 |
| 1.4. Energía superficial. | 6 |
| 1.5. Humectancia. | 7 |
| 1.6. Capilaridad. | 8 |
| 1.7. Viscosidad. | 9 |
| CAPÍTULO II SISTEMAS DE ADHESIÓN. | 10 |
| 2.1. Descripción. | 10 |
| 2.2. Resistencia micromecánica de la capa híbrida. | 11 |
| 2.3. Composición de sistemas de adhesión dental. | 12 |
| 2.4. Reacción química. | 15 |
| 2.5. Propiedades. | 15 |
| 2.6. Pruebas de medición. | 16 |
| 2.7. Clasificación. | 16 |
| 2.8. Técnica de grabado total. | 18 |

| | | |
|--|---|-----------|
| 2.9. | Grabado en dentina. | 20 |
| 2.10. | Grabado selectivo. | 21 |
| 2.11. | Por generaciones comerciales. | 22 |
| 2.12. | Solubilidad e hidrólisis de los sistemas adhesivos. | 29 |
| CAPÍTULO III SISTEMAS DE ADHESIÓN CON LA MOLÉCULA 10-MDP. | | 30 |
| 3.1. | Descripción. | 30 |
| 3.2. | Ventajas. | 32 |
| 3.3. | Revisión de artículos. | 33 |
| 3.4. | Comparación de Solubilidad e hidrólisis. | 35 |
| 3.5. | Cuadro comparativo de fuerza de adhesión. | 36 |
| 3.6. | Marcas comerciales de adhesivos con la molécula 10-MDP en México. | 37 |
| 3.7. | En Cerámica. | 38 |
| IV. CONCLUSIONES. | | 38 |
| V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS. | | 39 |

INTRODUCCIÓN.

Desde los primeros antecedentes de la odontología, el problema de la adhesión hacia los órganos dentales ha sido una de las principales preocupaciones para asegurar la durabilidad de los tratamientos. Uno de los antecedentes de la adhesión, son las incrustaciones de jade realizadas por la civilización Maya en los dientes anteriores con fines religiosos y estéticos (imagen 1).

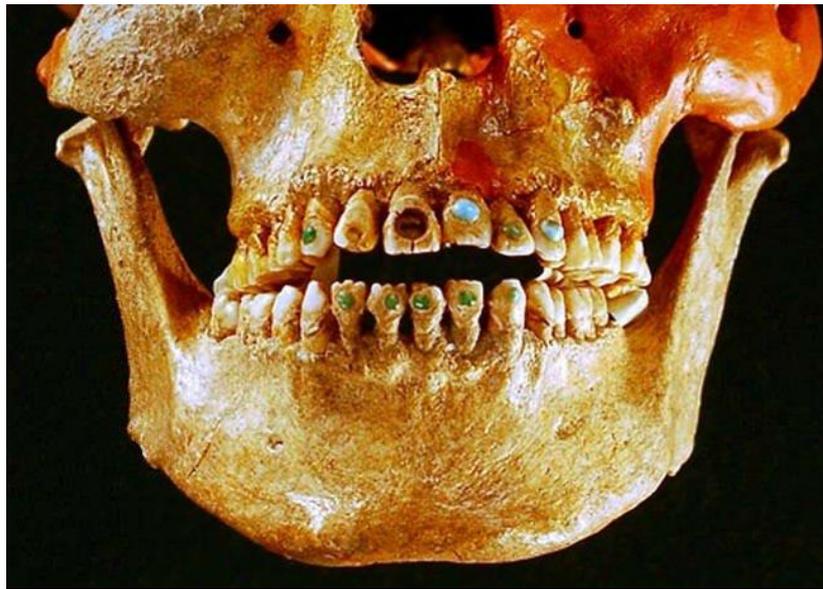


Imagen no. 1. Incrustaciones de jade de los mayas. Representación de la adhesión por la civilización Maya (1).

En 1955, Michael Bounocore, desarrolló el primer adhesivo dental hacia la estructura del esmalte. A partir de ese momento, comenzó propiamente la evolución de dichos biomateriales. Desde entonces hasta la fecha han pasado más de seis décadas en las que se han desarrollado ocho generaciones de adhesivos (tomando en cuenta los universales).

Los sistemas de adhesión dental se han convertido en biomateriales importantes para el ejercicio de la odontología. Los avances de los nuevos biomateriales dentales, los hacen indispensables para la consulta odontológica.

En años más recientes se ha desarrollado la molécula 10 metacriloxidelfosfato dihidrogenada (10-MDP), integrada a la más reciente generación de adhesivos, por lo que su conocimiento resulta de gran relevancia para la Odontología.

El presente trabajo tiene como propósito describir las características de la molécula 10-MDP, sus principales aplicaciones, conocer sus ventajas y desventajas frente a otros adhesivos que no la contienen. Para tal efecto, se desarrollan tres capítulos. En el primero se aborda el concepto de adhesión, así como los factores y condiciones relacionados con esta propiedad de la materia. En el segundo capítulo, se tratan los sistemas de adhesión y su evolución a lo largo del tiempo. Finalmente, en el tercero se describen propiamente los sistemas de adhesión con la molécula 10-MDP señalando sus características, así como sus beneficios, entre otros elementos.

CONTENIDO TEMÁTICO.

CAPITULO I. ADHESIÓN.

1.1. Concepto.

Adherir significa unir dos superficies de diferente naturaleza, ya sea de forma temporal o permanente. De acuerdo con la Real Academia Española, el término adhesión proviene del latín *adhaesio*, *-ōnis*, se define en términos físicos como la “fuerza de atracción que mantiene unidas moléculas de distinta especie química” (2). La adhesión también se puede entender como el “conjunto de interacciones físicas y químicas que tienen lugar en la interfase adhesivo/adherente dando como resultado la unión resistente a la separación de superficies o materiales de distinta naturaleza” (3). La superficie es llamada “adherente”, mientras que la sustancia que une a las superficies se denomina “adhesivo”, el cual, funciona como conector y transmite las fuerzas a través de la unión (4).

En la práctica odontológica la adhesión debe ser duradera y conseguir siempre el sellado de la interfase diente-restauración. A partir de esta premisa se han desarrollado los sistemas adhesivos buscando, además de generar uniones perdurables, ser más sencillos de manipular y ocasionar menor sensibilidad posoperatoria.



Imagen no. 2. Adhesión de una restauración dental que está siendo adherida al esmalte (5).

1.2. Tipos.

Las diferentes formas de adhesión dependerán de los materiales, las superficies y sus respectivas características físicas y químicas, además de las condiciones del medio ambiente. Existen cinco tipos de adhesión (mecánica, química, dispersiva, electrostática y difusiva) (6). Para los fines de este trabajo, solo se describirán dos de ellas, las cuales se enuncian a continuación:

a) Mecánica.

La adhesión mecánica consiste en la unión que se origina al trabar dos o más partes, valiéndose de su propia forma, como si se tratara de piezas de rompecabezas (7). En el caso de los dientes, esta forma de adhesión se da gracias a las superficies de los sustratos que presentan irregularidades, huecos o poros, los cuales sirven para unir las superficies a manera retentiva por enclavamiento.

Por otro lado, cuando hay un adherente líquido entre las superficies, entra en los espacios irregulares de estas y se solidifica en ellas, justo como lo explica la teoría de la adsorción (penetración de un líquido sólo en las primeras capas de la superficie de un sólido).

b) Química.

La adhesión química, también llamada específica, ocurre cuando ambos sustratos forman un compuesto al unirse de manera química, por enlaces entre átomos y/o moléculas. Es el mecanismo de adhesión más fuerte y duradero por la cantidad de variables que intervienen para llevar a cabo la unión (8).

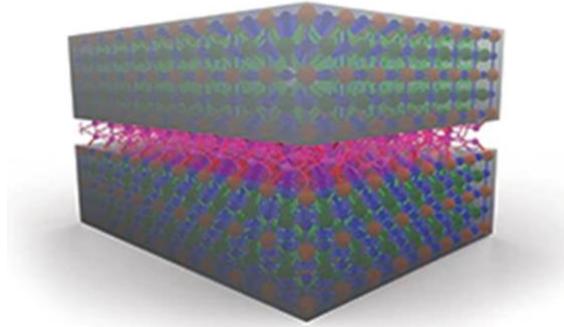


Imagen no. 3. Adhesión química producida a través del contacto molecular en la superficie del sustrato (8).

Existen dos tipos de uniones, las cuales se dividen en primaria y secundaria.

1. **Uniones de valencia primaria o “uniones fuertes”**. Como su nombre lo indica, se trata de uniones muy resistentes. En este tipo de uniones se encuentran los enlaces iónicos, se da entre átomos que ceden y ganan electrones; los enlaces metálicos, que se dan entre elementos metálicos que se ionizan positivamente; y el enlace covalente, en el cual se obtiene una configuración electrónica estable al compartir electrones (9). La unión covalente es la base de los materiales plásticos, los enlaces iónicos son la base para los materiales cerámicos (7).
2. **Uniones de valencia secundaria**. Denominadas también como Fuerzas de Van der Waals, constituyen las fuerzas de unión entre moléculas y son de la mayor relevancia en el funcionamiento de los sistemas adhesivos por la cohesión que logran aportar a las estructuras. Este tipo de uniones incluyen a las fuerzas débiles de enlace que actúan entre los átomos y las moléculas (9).

Las fuerzas de Van der Waals, a su vez, se clasifican en tres subcategorías, según el tipo de dipolo: Fuerzas de Keesom y de Debye, Fuerzas de Dispersión de London y Puente de Hidrógeno.

1.3. Tensión superficial.

La tensión superficial (TS) se puede definir como la atracción que existe entre las moléculas de los líquidos hacia su interior. Esta propiedad permite que el líquido en su superficie pueda mantener una fuerza externa como si se tratara de una membrana elástica (10). Este fenómeno lo podemos observar cuando los insectos se posan sobre la superficie del agua sin hundirse en ella, la TS funciona como una especie de piso para las delgadas patas de los insectos.

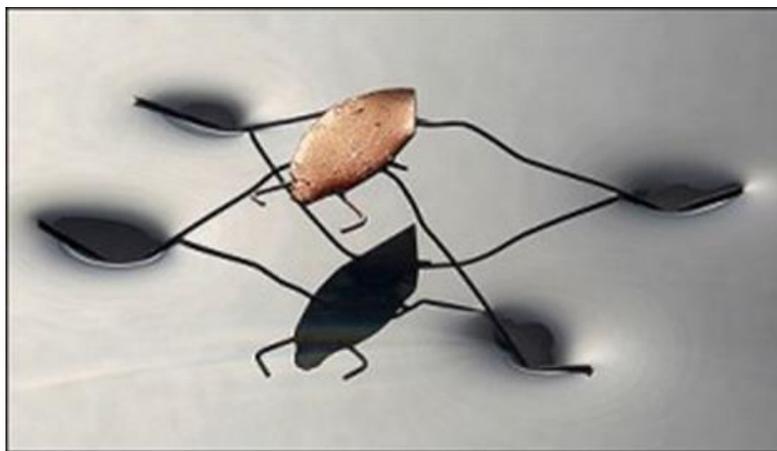


Imagen no. 4. Insecto parado sobre el agua gracias a la TS (11).

Una de las primeras personas en entender y explicar el fenómeno de la TS fue la alemana Agnes Luise Wilhelmine Pockels quién, al lavar los platos de su casa, identificó las reacciones del agua con las grasas y el jabón. De esta manera, inventó un dispositivo para medir la TS de las grasas, los jabones y el tamaño de las moléculas. Esto también le permitió describir el comportamiento de la TS con distintos niveles de aceite y cuantificar las cantidades de líquido jabonoso que eran necesarias para generar una monocapa de superficie conocida (12).

La TS supone la existencia de una fuerza de atracción entre las moléculas en líquidos, lo que refleja que estos pueden fluir hasta que adquieren la forma que maximiza esta fuerza de atracción. Debajo de la superficie del líquido, la fuerza de la cohesión entre las moléculas es igual en todas las direcciones.

Adicionalmente, la TS depende de factores como la temperatura, la presencia de sustancias extrañas y la forma y espesor de la superficie del líquido (13).

La importancia de la TS para los sistemas de adhesión dental radica en que el adhesivo debe tener una buena capacidad de penetrancia hacia los sustratos, ya sea el tejido dental o la restauración. La adhesión será mayor cuando la TS del adhesivo sea baja (14).

1.4. Energía superficial.

La energía superficial (ES) es la capacidad de atracción entre las moléculas de un sólido hacia su interior, generando tensión en las moléculas más externas (15).

Dicha propiedad permite predecir el comportamiento de un líquido, en este caso un adhesivo dental sobre la superficie. Entre mayor ES tenga un sólido, mayor será su capacidad de recibir a un líquido con baja TS. El líquido, mojará mayor área de superficie, obteniendo altos valores de adhesión entre sustrato y sustrato.

La unidad de medida de la ES son dinas-centímetro (Dyn/cm^2) y se puede clasificar en baja, media y alta. Mientras menor sea la ES, menor efecto adhesivo. Debajo de las $36 \text{ Dyn}/\text{cm}^2$, se considera que es baja y por lo tanto es más difícil que los materiales se mantengan unidos. Materiales como los plásticos de poliolefina (plásticos de recubrimiento como papel film) y el politetrafluoroetileno (teflón) se ubican en este rango.



Imagen no. 5. Ejemplos de la TS relacionada con la ES (16).

Entre 36 y 300 Dyn/cm², se considera que la ES es media, y dentro de esta categoría se encuentran materiales como la madera y la piedra. La ES alta se cuantifica por cientos o miles de dinas/cm y en este rango se encuentran el vidrio y algunos metales (17).

Por todo lo anterior, se entiende que en los tratamientos dentales se requiere de una superficie con alta ES y, por otro lado, baja TS del adhesivo. Esta combinación produce uniones más sólidas y duraderas (18).

1.5. Humectancia.

La humectancia, también conocida como mojamiento, es la capacidad que tienen los líquidos para mojar una superficie sólida. En la práctica Odontológica, la humectancia es la condición que favorece a las fuerzas de adhesión, en la medida en que prepara la superficie para la unión química (7). En ese sentido, la humectabilidad es considerada como un requisito esencial para la adhesión, de tanto, que a mayor humectancia o mojamiento mayor extensión del líquido hacia la superficie y mejor adhesión (19).

El ángulo de contacto es la forma de medir la humectancia de un líquido, mediante aparatos específicos como el goniómetro o tensómetro, además de softwares sofisticados. La prueba consiste en colocar una gota de líquido sobre un sólido. El ángulo medido es el generado entre la superficie horizontal del sólido y la gota de agua.

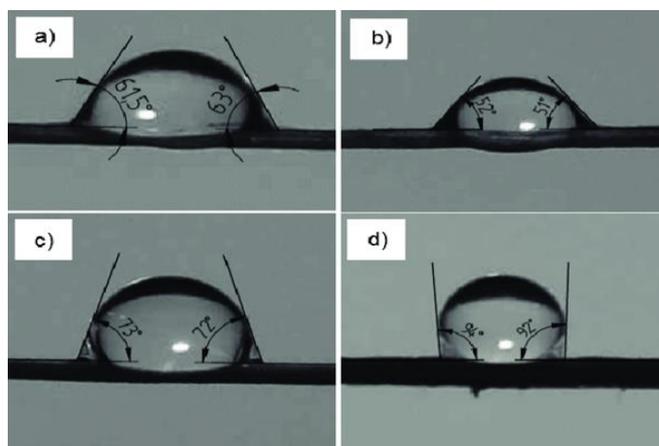


Imagen no. 6. Ángulo de contacto entre el agua y la superficie de las diferentes fibras evaluadas (20).

Si el ángulo de contacto es menor de 90° la capacidad de mojamiento es alta, y viceversa. Cuando el agua tiene menor ángulo de contacto (mayor atracción) se le denomina superficie hidrófila. Cuando el agua tiene mayor ángulo (menor atracción) se le llama superficie hidrófoba (21).

1.6. Capilaridad.

El término de capilaridad proviene de las raíces griegas *capilus* (cabello) y *aris* (relativo a) y el sufijo *dad* (cualidad). De acuerdo con la Real Academia Española, la capilaridad es el “fenómeno por el cual la superficie de un líquido en contacto con un sólido se eleva o desciende según aquel moje o no a este” (22).

Este efecto es muy importante para la aplicación de los adhesivos porque permite la penetración o ascenso del líquido en el sustrato sólido, aprovechando la interacción de fuerzas adhesivas y cohesivas y la tensión superficial que logran contrarrestar el efecto de la gravedad. Este ascenso es posible porque “existe una presión capilar positiva en la que las fuerzas que actúan entre moléculas del líquido próximas a la pared del tubo, se dirigen hacia arriba” (19).

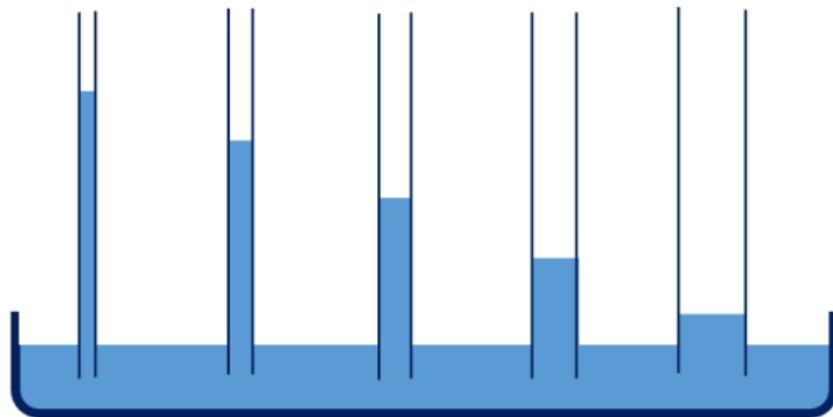


Imagen no. 7. Ascenso de los líquidos por el efecto de la capilaridad en diferentes calibres, a menor calibre mayor capilaridad (23).

Existen factores que pueden intervenir en la capilaridad como la densidad del fluido, el ángulo, la temperatura, la mojabilidad del sólido, la radio del tubo y la gravedad. Todos ellos deben ser considerados por el personal de la salud dental para asegurar la efectividad de los procedimientos.

1.7. Viscosidad.

La viscosidad es una propiedad específica de los líquidos que describe la resistencia del líquido a fluir. “Un fluido espeso y viscoso posee alta viscosidad mientras que uno que fluye libremente como por ejemplo el agua tiene baja viscosidad” (7). Entre mayor TS mayor viscosidad (24).

A simple vista, la viscosidad puede ser medida, observando la velocidad a la que fluye un líquido al ser vaciado. Esta cualidad surge del choque entre las partículas del fluido que se mueven a diferentes velocidades, provocando una resistencia a su movimiento, según la Teoría Cinética (25).



Imagen 8. Viscosidad de los líquidos (26).

De acuerdo con Mario Madrid, “la viscosidad del adhesivo debe ser adecuada a la estructura geométrica fina y al estado energético de la superficie” (3), pues de esta forma se facilita la unión entre el adhesivo y el material de restauración.

CAPÍTULO II. SISTEMAS DE ADHESIÓN.

2.1. Descripción.

Dentro del protocolo clínico de restauración estética, los sistemas de adhesión dental conforman uno de los biomateriales más importantes y útiles para los tratamientos odontológicos (27). Son el resultado de numerosas investigaciones para su mejora, así como de las técnicas de colocación. Se han buscado tres importantes objetivos (28):

1. Conservar y proteger la estructura dental.
2. Obtener retención eficaz y estable.
3. Prevenir microfiltraciones.

Los sistemas adhesivos dentales se componen de varios componentes necesarios para formar la correcta unión entre el esmalte o la dentina y el material de restauración.



Imagen 9. Sistemas adhesivos (29).

2.2. Resistencia micromecánica de la capa híbrida.

El término de capa híbrida fue postulado por primera vez en 1982 por Nakabayashi, para referirse a la creación de la capa que se forma cuando la dentina es reforzada por la infiltración de resina. De esta manera, la formación de una capa híbrida que es durable, insoluble y resistente a los ácidos. Esto nos da un efecto deseable y esperado en el proceso de adhesión a la estructura dental. (30).

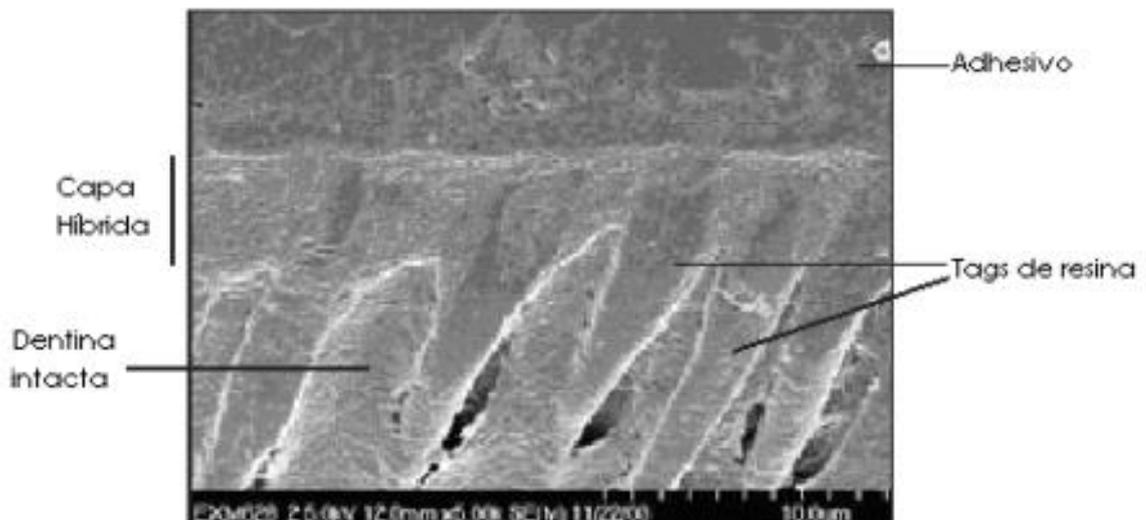


Imagen 10. Capa híbrida (31).

Existen cinco mecanismos para la formación de la capa híbrida (30):

1. La remoción de la capa de detritus dentinario por medio de la aplicación de ácidos o agentes quelantes.
2. La descalcificación de la dentina intertubular.
3. La efectiva aplicación de *primers* que contienen monómeros hidrofílicos.
4. La aplicación de monómeros, ensancha los espacios interfibrilares de la colágena.
5. Los monómeros hidrofílicos actúan como receptores para la polimerización de la resina adhesiva que será aplicada después y que resulta en una interunión entre la colágena de la dentina, el material de resina adhesivo y material restaurador, formando la capa híbrida (zona de interdifusión resinadentina).

El desarrollo de sistemas adhesivos que infiltran la superficie de la dentina desmineralizada por monómeros de resina y que se combina con la colágena para formar una capa que es una mezcla de diente y resina, este es un efecto deseado en la odontología restauradora que puede sellar la interfase dentina-material restaurador, y así se previene la presencia de hipersensibilidad y caries secundaria (44).

2.3. Composición de los sistemas de adhesión dental.

Los componentes varían dependiendo de la técnica y del tipo de generación a la que pertenezcan. Sin embargo, a grandes rasgos, podemos encontrar cinco principales componentes:

1. **Adhesivo.** Es propiamente el agente de unión, es decir, el elemento pegajoso que mantendrá unidos a los dos elementos a través del contacto de sus superficies. Está compuesto por moléculas orgánicas como el bisfenol A glicidil metacrilato (Bis-GMA), pyrometílico ácido dimetacrilato (PDMDM), bisfenil dimetacrilato (BPDM), fenil glicidina (NPGN) y N- tolil glicidina (NTG), (32).
2. **Imprimante.** Los imprimadores son ácidos a baja concentración que tienen la capacidad de remover y de modificar la capa detritus dentinaria que se encuentra en la superficie de la dentina. La composición química de los agentes imprimantes, también conocidos como *primers*, contiene monómeros hidrófilos disueltos en solventes orgánicos que preparan la superficie de la dentina para una mejor humectación del adhesivo. De acuerdo con Gabriel Nima, “el objetivo de la imprimación es transformar la superficie dentinaria hidrófila en un sustrato hidrofóbico y esponjoso que permita que la resina adhesiva humecte y penetre la red de colágeno expuesta” (33). Cabe, apunta que este avance fue uno de los más importantes de la tercera generación. (32)

Los monómeros utilizados en los sistemas de adhesión, desmineralizan y sirven para la unión a la superficie dental, estos son principalmente monómeros de metacrilato, como hidroxietil metacrilato (HEMA), 4-metacriloxi etil trimelitato anhidro (4-META), bifenil dimetacrilato (BPDM) o grupos de ácido fosfórico como 2-metacriloxietil hidrofénil fosfato (FENIL-p) y 10-metacriloxidecil dihidrógeno fosfato (10-MDP) (46). También conocidos como molécula de unión órgano funcional (SILANO).

El SILANO es un compuesto químico cuya fórmula es SiH (34). Su función principal consiste en unir a las partes hidrófilas con las hidrofóbicas. También es conocida por ser una molécula bifuncional ya que tiene un extremo que es capaz de reaccionar con superficies inorgánicas y el otro extremo con sustancias orgánicas.

La literatura nos indica que el silano en los adhesivos dentales mejora la humectación de la superficie y la unión química con cargas en la superficie. También se utiliza como agente de acoplamiento en la resina para unir la matriz orgánica y el relleno inorgánico el más utilizado es γ -metacriloxipropiltrimetoxisilano (γ -MPS) con el que se logra una modificación superficial de los rellenos. También en estudios se ha comprobado que la utilización de ellos como diluyente, favorece las características de fotocurado de los adhesivos, comparadas con otros materiales. (35)

Los adhesivos que son solubles en agua, por su parte, tienen en su composición HEMA y ácido polialquenoico, en este caso el mecanismo de acción se basa en que después de la aplicación y de secar con aire indirecto se evapora el agua y se incrementa la concentración HEMA. Esta diferencia en la volatilidad del solvente frente al soluto es muy importante ya que el agua tiene una presión de vapor mucho más alta que el HEMA, así que se retiene porque el solvente se evapora mediante el secado (36).

3. **Vehículo.** En los adhesivos dentales es uno de los componentes más importantes ya que es vital para conseguir la formación de una adecuada capa híbrida. Sirve como medio de transporte de los químicos de la composición. Estos son agua, acetona, etanol y/o alcohol. El agua sirve rehidratando el colágeno expuesto de la dentina, pero es difícil de evaporar. Por otro lado, la acetona sirve desplazando el fluido dentinario, pero puede crear que se deseeque el tejido por su evaporación tan rápida. La acetona y el etanol son muy volátiles y por ello se pueden tener problemas en su manipulación ya que si la botella se deja abierta puede evaporarse y las proporciones y propiedades se verán alteradas. Este vehículo al contacto con agua sirve reduciendo la ES de la dentina, entrando en contacto con el área húmeda desplazando hacia afuera el agua, permitiendo a su vez, que los monómeros entren en contacto con la superficie (37).

4. **Relleno.** Este componente no se encuentra presente en todos los adhesivos dentales. En los que se encuentra tiene el propósito de conseguir mejores propiedades mecánicas. Gracias a que son menos fluidos pueden generar una capa de mejor grosor (32).

2.4. Reacción química.

Existe una interacción química y molecular de los monómeros funcionales de los adhesivos dentales, con la estructura de los órganos dentales (38).

Para entender esta reacción es indispensable tomar en consideración que la estructura del tejido dental está compuesta por un 95% de material inorgánico, un 4% de agua y 1% de material orgánico y la dentina más hidrófila contiene 70% de hidroxiapatita, un 18% de colágena y 12% de agua (38).

En los sistemas adhesivos dentales existen los que se les agrega partículas de carga de sílice de tamaño nanométrico en su composición, esto tiene como propósito el formar una interfase de unión que sea mas resistente a las contracciones que se generan por la polimerización. Esta carga que se les agrega tiene dos ventajas, la primera es que por el tamaño nanométrico las partículas

podrán entrar en los espacios fibrilares y generar mayores propiedades mecánicas de la capa híbrida y la segunda es que se incrementa la viscosidad del material y esto puede llevar a la formación de capas de adhesivo más espesas y estas funcionarían como una “capa elástica” que será más resistente y absorberá las tensiones por las cargas masticatorias y así se evita la concentración de tensión en la interfase adhesiva. También radiográficamente se apreciará radiopaco. (39)

2.5. Propiedades.

Al igual que los materiales y las superficies, los sistemas adhesivos dentales tienen propiedades, cuya comprensión es fundamental para la perdurabilidad y practicidad de los tratamientos. Estas propiedades son:

- Baja tensión superficial.
- Baja viscosidad.
- Estabilidad dimensional.
- Propiedades mecánicas adecuadas (para resistir fuerzas de masticación).
- Hidroresistencia.
- Biocompatibilidad.

2.6. Pruebas de medición

Existen pruebas de medición que permiten evaluar la efectividad y calidad de los sistemas adhesivos. Algunas de ellas son (27):

1. Prueba de cizalla y empuje.
2. Prueba de micro-filtración con envejecimiento.
3. Evaluación de la micro-morfología de la zona de interdifusión a través del microscopio electrónico de barrido.
4. Ensayo teórico de interacción química entre elementos básicos empleando el Software de simulación Mopac.

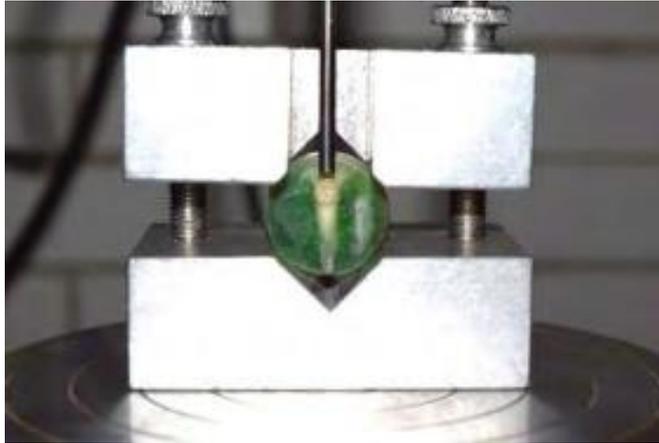


Imagen 11. Prueba de resistencia por cizallamiento (40).

2.7. Clasificación.

Los sistemas de adhesión se clasifican de acuerdo con su composición de dos formas: 1) por su técnica de manipulación y 2) por su desarrollo comercial, en generaciones.

De acuerdo con la técnica de manipulación, se describen los métodos para lograr la unión adhesiva entre las superficies dentales hacia el esmalte y hacia la dentina, pudiendo ser de uno, dos o tres pasos clínicos. Con base en este criterio se distinguen tres grupos: los llamados de grabado total (*etch-and-rinse*), los de grabado selectivo y los de autograbado (*selfetch*) (27) (41):

- a) **Adhesivos que requieren de grabado total (*Total Etch Systems*) de tres pasos clínicos.** Estos requieren del grabado ácido total (colocación de ácido fosfórico al 35 o 37% en esmalte por 15 segundos y en dentina por 5 segundos), lavado no menor a 30 segundos, secado, colocación del agente imprimador, y por último la colocación del adhesivo. Se les conoce como de 4° y 5° generación comercial (42).
- b) **Adhesivos que requieren de grabado selectivo, de dos pasos clínicos.** Requieren del grabado selectivo (se coloca ácido fosfórico al 35 o 37%

únicamente en esmalte de 15 a 20 segundos). Demandan la aplicación de una técnica de adhesión, donde la dentina debe estar húmeda, al no realizarse el paso de imprimación de forma independiente, este componente se encuentra dentro del sistema del frasco o se mezcla previo a su colocación hacia la estructura dentaria. Corresponden a la 6° generación comercial (42).

- c) **Adhesivos que no requieren del uso del ácido grabador, de un solo paso clínico (*Single Step all-in-one Adhesives*)**. Los cuales combinan las tres funciones, grabado ácido, imprimación y adhesión en una sola fase. Se pueden utilizar con la técnica de grabado selectivo, siendo al final de dos pasos clínicos. Se denominan como 7° generación (42).



Imagen 12. Línea del tiempo de los sistemas de adhesión Fuente directa.

Existen otros, llamados universales que pueden formar parte, ya sea del grupo de grabado ácido selectivo o del grupo que no lo utiliza. Éstos se pueden emplear entre resinas compuestas de diferente composición y/o marca comercial, antes de ellos, lo ideal era aplicar adhesivo y resina compuesta de la misma composición. Se les denomina de 8° generación.

El ácido fosfórico debe tener características especiales como son, tener un color intenso y brillante para su fácil identificación; además su consistencia debe ser en gel para mantenerlo limitado en la zona de aplicación. Su concentración debe estar entre el 35 y 37%, valores diferentes demuestran ineficacia en la unión diente-restauración (44).

2.8 Técnica de grabado total.

Para el grabado total del esmalte se realiza con ácido fosfórico al 37% el tiempo de aplicación debe ser de 15 segundos y no sobrepasar los 20 segundos ya que ocurre una reacción autolimitante que produce una re-precipitación del fosfato de calcio en el esmalte y en lugar de ser favorable para la adhesión resulta en una obliteración de los túbulos dentinarios. Con el lavado también se elimina el barrillo dentinario y se descalcifica la dentina peritubular e Inter tubular y así se genera una superficie con mayor energía superficial y así se facilita la adhesión por que se exponen las fibras colágenas, estas posteriormente serán imprimidas por un adhesivo con monómeros hidrófobos e hidrofílicos y así se genera una capa híbrida o de Inter difusión, los componentes de esta capa son colágena, hidroxiapatita y resina.

Se observará en el esmalte un color lechoso debido a las microporosidades y zonas retentivas que se formaron, después se aplica el adhesivo, este penetra en las microporosidades y áreas retentivas formadas por el patrón de grabado (74).



Imagen 13. Grabado ácido total (43).

Existen diferentes magnitudes de grabado ácido, estos corresponden a la intensidad del grabado que depende de diferentes factores como lo son: el esmalte del órgano dental, refiriéndose a si es un diente deciduo o permanente, la exposición a fluoruros y el grado de madurez del esmalte.

Dentro de las ventajas que tiene esta técnica se encuentra una mayor fuerza de adhesión de la restauración y una menor incidencia de microfiltración en la periferia de la restauración, para evitar humedad y contaminación siempre se debe hacer uso del aislamiento absoluto.

Existe una clasificación para los patrones de grabado, esta se divide en 3 tipos:

- Tipo I: Este se caracteriza porque se remueven de manera perfecta el centro de los prismas del esmalte.
- Tipo II: En este se remueve la periferia de los prismas del esmalte.
- Tipo III: este resulta el menos adecuado para lograr la adhesión ya que solo se logra un desgaste regular de la superficie.

El tipo de grabado I y II generan una superficie con microporos y microsurcos que miden entre 10 a 25 μm de profundidad y con una amplitud de 1.5 a 3.5 μm (44).



Imagen 14. Esmalte intacto (44).



Imagen 15. patrón tipo I (44).

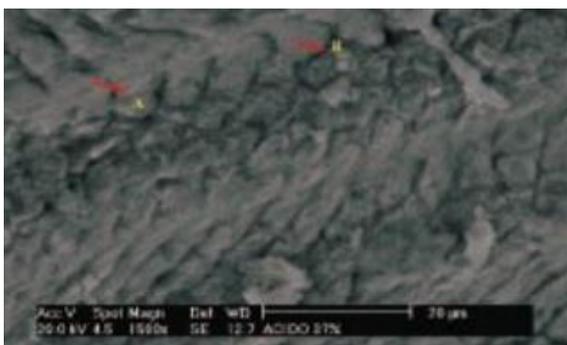


Imagen 16. patrón tipo II (44).

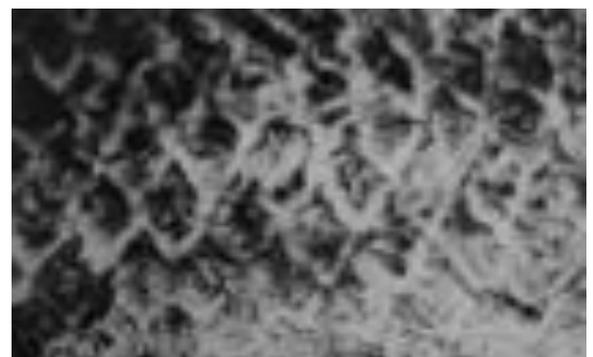


Imagen 17. Patrón tipo III (74).

2.9. Grabado en dentina.

En el caso de la dentina se busca que el sustrato dentinario tenga adhesión con los biomateriales restauradores. El grabado dentinario es primordial para lograr una buena adhesión. Gracias al grabado ácido se elimina todo el barrillo dentinario y se exponen los túbulos dentinarios y la llamada red de fibras colágenas (46).

El protocolo tradicional de acondicionamiento de la dentina no asegura un grabado correcto de las áreas de la dentina, pero hay autores que evidencian que si se le agrega NaOCl al 5% como un agente desproteinizante se ve favorecido y es más predecible (74).

Después de ser grabada la dentina por 5 segundos y enjuagada, esta aún tiene mucha agua así que se debe colocar un imprimador, como ya se mencionó anteriormente, contienen monómeros anfífilos, con su parte hidrófila penetrarán la dentina y con su parte hidrófoba se unirán al bond. Después de la fotopolimerización del bond se promueve la adhesión retentiva del bond a la dentina y posteriormente se unen los materiales de resina que también son hidrófobos (46).

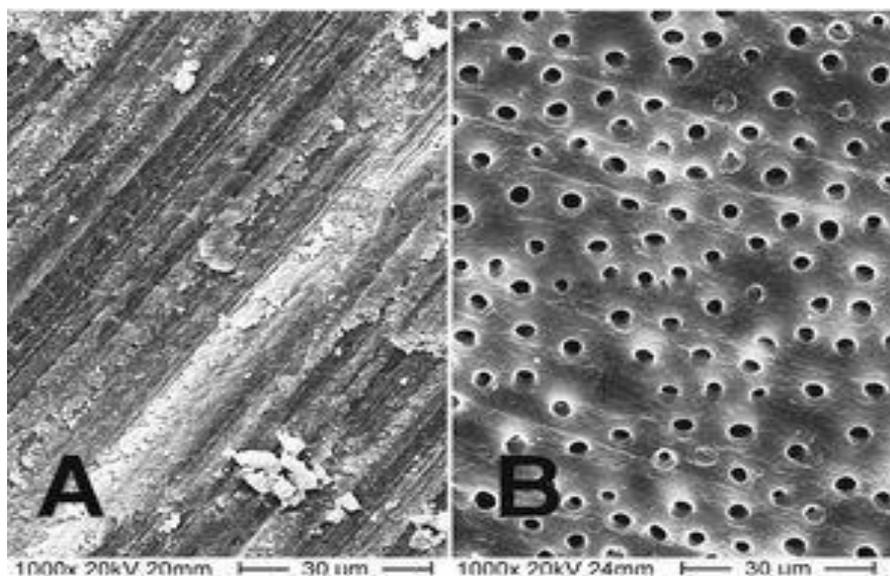


Imagen 18. A) Dentina con barrillo dentinario y B) Dentina después de eliminación del barrillo y con los túbulos expuestos (82).

El grabado ácido en la superficie dentinaria resulta más difícil debido a la complejidad de la estructura histológica de la dentina, sumado a esto al momento de realizar una preparación cavitaria quedan restos de barrillo dentinario, bacterias, restos de cristales de hidroxiapatita y fibras colágenas, formándose así una capa de un grosor aproximado de 0.5 a 5 μm , que se adhiere completamente a las paredes de la cavidad y forman una “barrera de difusión” la cual deberá ser modificada, disuelta y permeabilizada con el propósito de que los monómeros contenidos en los adhesivos dentales puedan penetrar en la superficie dentinaria. (45).

2.10. Grabado selectivo.

Con el propósito de mejorar la adhesión se utiliza el grabado selectivo o también llamado acondicionamiento de superficies. Este es un factor importante para el éxito de una restauración ya que sirve para dar una buena adaptación del esmalte marginal. Este tipo de adhesivos utiliza el barrillo dentinario para fomentar la adhesión.

Este tipo de grabado se utiliza cuando se requiere un sistema adhesivo de autograbado y para asegurar el sellado de los márgenes, se ha propuesto el grabar con ácido fosfórico a 37% por 15 segundos solo en el borde cavo superficial del esmalte, este tipo de grabado promueve un mejor sellado marginal.

Es importante cuidar este sellado ya que si existen espacios vacíos es considerado como uno de los primeros signos de fallo para la restauración y también existe la probabilidad de que exista una microfiltración (46).

2.11. Por generaciones comerciales.

La clasificación por generaciones comerciales registra que, desde mediados de los cincuenta del siglo XX hasta la fecha se han desarrollado ocho generaciones de adhesivos, los cuales se detallan a continuación (47).



Imagen 19. Generaciones comerciales de adhesivos (48).

2.11.1. Primera generación.

Esta generación surgió a finales de los sesenta y por lo mismo tuvo muchas deficiencias. En cuestión de la superficie del esmalte, esta tuvo una buena fuerza de adhesión al esmalte ya que esta superficie dental es más fácil al tener su estructura microcristalina, su mayor problema era a adhesión a la dentina que era muy débil de aproximadamente 2 MPa (29).

La forma de actuar de esta generación era por medio de la quelación al calcio de la dentina, si había una penetración tubular, pero esta era deficiente y creaba una baja retención para la restauración. Así que era

común que después de algunos meses se encontrara un desalojamiento en la interfase de la dentina (47).

Estos adhesivos se recomendaban para preparaciones cavitarias retentivas y pequeñas clase III y V y era común que los pacientes refirieran sensibilidad post operatoria en restauraciones oclusales (49).

2.11.2. Segunda generación.

La segunda generación de adhesivos se desarrolló a finales de los años ochenta, la idea era utilizar el barrillo dentinario como un sustrato adhesivo, esta capa era adherida a la dentina adyacente. La fuerza de adhesión seguía siendo débil alrededor de 2 a 8 MPa en dentina y esto indico que la retención en la cavidad aún era un aspecto importante (47).

Aunado a esto en los márgenes que se encontraban con dentina en las cavidades se observaron microfiltraciones y en restauraciones posteriores se encontró una incidencia de sensibilidad postoperatoria (47).

2.11.3. Tercera generación.

La tercera generación se desarrolló a finales de los años ochenta, en esta hubo un cambio en que se introdujeron los sistemas de dos componentes el primer/adhesivo. Existió una mejoría muy marcada (47).

El aumento de la fuerza de adhesión de 8 a 15 MPa, logro hacer que la retención en el diseño de la cavidad no fuera tan necesario.

En consecuencia, las lesiones dentales como erosión, abrasión y abrasión fueron tratadas de diferente manera, con una mínima preparación dental. iniciándose así una nueva era de odontología ultraconservadora. Además, fue muy bien aceptada ya que la incidencia de sensibilidad post operatoria disminuyo considerablemente.

Esta generación también marco una diferencia ya que fue la primera que pudo tener adhesión a metal y cerámicas dentales, pero una de sus desventajas era la poca longevidad que estas tenían, ya que en diversos estudios se comprobó que a los tres años en boca se disminuía su retención adhesiva.

Fue un momento donde los pacientes comenzaron a pedir más restauraciones de color del diente y así los dentistas empezaron a colocar restauraciones de resina en órganos dentales posteriores (49).

2.11.4. Cuarta generación.

La cuarta generación de adhesivos dentales fue totalmente revolucionaria, ya que tanto su gran fuerza de adhesión a la dentina (17-25 MPa) como disminución de la sensibilidad postoperatoria y restauraciones posteriores incentivaron a los dentistas a empezar el cambio de amalgama a obturaciones de resina directa en molares.

El proceso de hibridación en la interfase de dentina y resina es un distintivo de esta generación el cual reemplaza a la hidroxiapatita y al agua de la superficie de la dentina por resina.

La capa híbrida está compuesta por las fibras de colágeno restantes y la resina. Gracias a los túbulos dentinarios y la dentina intratubular se mejora considerablemente la fuerza de adhesión a la dentina (47).

Esta generación se implementó a principios de los años noventa y es considerada una revolución para la odontología por su fuerza de adhesión que aumento a 17-25 MPa y una disminución de la sensibilidad post operatoria en restauraciones posteriores, esto llevo a los cirujanos dentistas a dejar un lado las restauraciones con amalgama para colocar más resinas directas. En esta generación existe un proceso distinto que es la hibridación

entre de dentina y resina. Los túbulos dentinarios combinados con las restantes complementan la capa híbrida.

Los representantes de esta generación son Fusayama y Nakabayashi en Japón, con su concepto de grabado total y adhesión en dentina húmeda y el norte América fue Betollotti el que los popularizo. En esta generación la desventaja era la mezcla de dos o más componentes en porciones exactas, que ya en si e laboratorio es complicado, para la práctica clínica se volvía aún más complejo y si había errores en las porciones la adhesión se veía afectada (47).

2.11.5. Quinta generación.

El mayor avance en los adhesivos de quinta generación fue el hecho de estar conformados por 2 componentes:

El adhesivo premezclado y el ácido grabador. Lo destacable de esta generación es el hecho de que a pesar de que el grabado ácido aún era necesario, ya no era indispensable la mezcla, favoreciendo así una menor probabilidad de error. Esta generación posee una fuerza de adhesión a la dentina de 20-25 + MPa, no tan alta si la comparamos con la que presenta la cuarta generación, aunque no es realmente una diferencia significativa clínicamente hablando. Prácticamente en todos los procedimientos dentales se recomiendan estos adhesivos, menos cementos de resina y resina de autocurado.

El adhesivo debe ser aplicado directamente sobre la superficie dental preparada para posteriormente ser polimerizado (50).



Imagen 20. Quinta generación de adhesivos (51).

2.11.6. Sexta generación.

En la búsqueda de eliminar el grabado ácido o incluirlo químicamente en otros pasos del sistema de adhesión, los investigadores han conseguido la sexta generación que no necesita grabado en la superficie de la dentina, esta generación no es aceptada universalmente, pero existen adhesivos dentales que surgieron en el 2000 con el propósito de eliminar el paso de grabado en sus componentes esta un acondicionador, esto hace que el grabado tenga sus limitaciones y los residuos se agregan a la restauración. La adhesión a dentina es de 18-23 MPa y con el paso tiempo se observa que se mantiene estable (29).

2.11.7. Séptima generación.

Tal como sucedió con la quinta generación, los agentes adhesivos de la séptima generación también se modificaron y pasaron de un sistema de diversos componentes a uno más simplificado de únicamente una botella con respecto a la sexta generación.

Esta generación de adhesivos representa la fórmula más avanzada que se encuentra disponible de adhesivos dentales ya que omiten la mezcla, es decir, se auto graban y auto adhieren en su primera aplicación.

Con esto se optimizan y agilizan los procedimientos ya que se reduce la sensibilidad postoperatoria y la sensibilidad técnica (50).



Imagen 21. Séptima generación de adhesivos (51).

2.11.8. Octava generación.

La constante búsqueda de perfeccionar los materiales adhesivos trajo consigo la creación de la llamada “generación universal de los adhesivos dentales”, la cual no solo incrementó la calidad sino también la practicidad en el momento de la aplicación clínica. Además, esta nueva generación es capaz de colocarse en cualquier sustrato y eso hace que se optimice el tiempo de trabajo (52).

Con esta nueva generación de adhesivos tampoco es necesaria la realización de un grabado ácido ya que permite utilizar el ácido en la técnica de grabado total (hibridación), en la técnica de grabado selectivo (integración) y también pueden ser utilizados como autograbantes, en dentina y esmalte con solo un paso y teniendo excelentes resultados de sellado marginal y adhesión. (42).

La diferencia fundamental con relación a las otras generaciones en su composición es la incorporación del monómero MDP y SILANO, lo que

facilita su adherencia a materiales de diferente naturaleza como lo son a resinas, cerámicas, metales y fibra de vidrio y entre sus ventajas se puede colocar en un solo paso clínico.

Los adhesivos universales pueden ser utilizados en diferentes casos clínicos, por ejemplo, si se requiere un procedimiento de grabado total puede ser utilizado como adhesivo de quinta generación o se puede usar como de séptima generación cuando se utiliza sobre dentina y esmalte no grabados. Al tener menos pasos para su aplicación baja la posibilidad de cometer errores y aumentan los valores de adhesión.



Imagen 22. Adhesivos de octava generación (42).

2.12. Solubilidad e hidrólisis de los sistemas adhesivos.

Para conocer un material necesitamos saber sus propiedades físicas, normalmente para estudiar a los adhesivos detalles se realizan pruebas de resistencia al desalojamiento, pero no se pone hincapié en estudiar su solubilidad e hidrólisis, lo cierto es que estas características le brindan también propiedades mecánicas, ya que si solo evaluamos su resistencia al desprendimiento no sabremos elegir el adhesivo para cada caso clínico.

Tanto la hidrólisis como la solubilidad son dos fenómenos que pueden intervenir en el proceso de adhesión. Por un lado, la hidrólisis es la descomposición que sufre una sustancia química al entrar en contacto con el agua, cuando mezclamos una sustancia con un solvente, podemos llegar a tener varios resultados.

Un factor determinante para obtener estos resultados es la solubilidad que posee la sustancia, la cual se define como la concentración máxima posible del soluto. En pocas palabras, es el grado en el que una sustancia puede llegar a ser disuelta en un solvente para formar entonces una solución (53).

Con respecto a la adhesión, las fallas de los procedimientos restauradores pueden estar relacionados a una incompleta infiltración de los agentes adhesivos en el sustrato dentinario, llevando a la exposición de fibras colágenas en la interfaz diente/restauración.

Estas fibras estarían susceptibles a la disolución, favoreciendo que ocurran fallos adhesivos prematuros, debido a la hidrólisis de las fibras colágenas, a la porosidad creada en la resina, y/o a la degradación del adhesivo polimerizado (63).

CAPÍTULO III. SISTEMAS DE ADHESIÓN CON LA MOLÉCULA 10-MDP.

3.1. Descripción.

Una de las principales investigaciones de la odontología adhesiva a lo largo del tiempo ha sido la creación de materiales y técnicas de restauración simplificadas y duraderas, lo que como se vio en páginas anteriores se ha observado en ocho generaciones de sistemas adhesivos que han marcado la evolución de esta importante rama de la odontología (46).

En 1981, en Japón, la empresa Kuraray sintetizó por primera vez un monómero funcional adhesivo que dio lugar a un verdadero cambio de en la odontología restaurativa: la molécula 10-MPD (54).

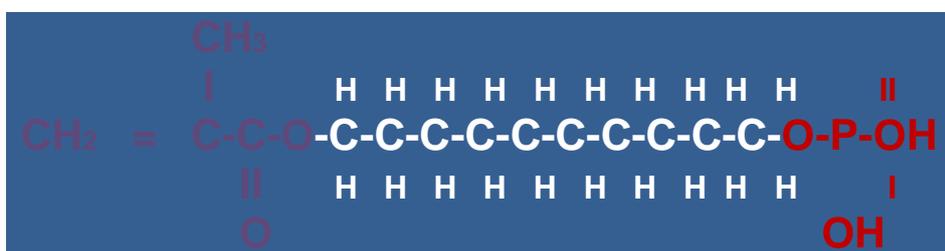


Imagen 23. Monómero 10-MDP (55)

El 10-MDP es un monómero funcional que tiene un grupo metacrilato hidrófobo en un extremo y un grupo fosfato hidrofílico en el otro. La parte hidrofóbica de este monómero es capaz de unirse químicamente a los cementos que usan como base el metacrilato, mientras que la parte hidrofílica es polar, por lo que se puede unir a las estructuras dentales, a la resina y a metales (56). Una de las características de esta molécula es su capacidad para unirse químicamente a los tejidos del diente a través del enlace iónico con el calcio (Ca) que se encuentra en la hidroxiapatita (46).

La 10-MDP al encontrar calcio que se encuentra en la hidroxiapatita va a unirse con enlaces iónicos y así se unirá a los tejidos dentales. Durante esta reacción se forman sales Ca-MDP que son estables y se irán depositando en nanocapas de distintos grosores y calidades, esto dependerá del sistema adhesivo que se esté utilizando. Estas nanocapas que se forman tienen un efecto de protección a la biodegradación en la capa híbrida y esto a su vez hace más resistente a la hidroxiapatita remanente de experimentar cambios por disolución de ácidos. Esta acción se produce gracias al concepto de Yoshida et al. de Adhesión/descalcificación, en el que se explica como la 10-MDP se une a la hidroxiapatita directamente y hace que esta funcione como una defensa alrededor del colágeno (63).

Para entender porque la 10-MDP es tan efectiva al formar interfases que son resistentes a la biodegradación, se explica por el tipo de interacción molecular, su disposición espacial y lo hidrofóbico de la 10-MDP cuando ya está polimerizada. En los estudios de laboratorio y clínicos la 10-MDP a resultado más eficaz que otros formando las nanocapas pero en esto también interfiere la concentración y en algunos casos si al adhesivo se colocan otros monómeros que compitan por el mismo sitio de unión al calcio de la hidroxiapatita (57).

En el año 2003, la patente de Kuraray™ expiró, lo que permitió que otros fabricantes comenzaran a experimentar y descubrir nuevas ventajas de la molécula. De este modo, en el año 2009, Bisco™ introdujo al mercado el primer imprimante para circonio y 3M™ lanzó el primer adhesivo universal en la historia que contenía 10-MDP (55).

Moncada et al. afirman que la aplicación de adhesivos dentarios autograbantes que contienen la molécula 10-MDP supera la resistencia a la biodegradación de la interfase adhesiva de los sistemas de grabado total. De acuerdo con estos autores, las nanocapas explican su alta estabilidad en el tiempo y la fortaleza de la unión, probadas tanto en estudios clínicos como de laboratorio. “La interacción con la hidroxiapatita sucede con ácidos de pH bajos, pero mayores que los tradicionales, por lo que surge la necesidad de recomendar el grabado selectivo previo del esmalte”. Estos autores, señalan que el uso de este monómero hizo

posible un cambio en filosofía adhesiva desde el grabado total hasta la integración adhesiva de la dentina (54).

3.2. Ventajas.

La molécula 10-MDP ofrece al menos dos ventajas clínicas que han sido determinantes para su aceptación y uso creciente en los tratamientos odontológicos restaurativos. La primera ventaja es que incrementa la capacidad de polimerización, produciendo una cohesión más confiable y prolongada. La segunda es que genera una adhesión química y mecánica a la estructura del diente, al contener grupo fosfórico que favorecen a la unión química. Estas características no solo inciden en una mayor durabilidad de la adhesión, sino en una menor sensibilidad en los pacientes (58).

También se ha comprobado que la molécula 10-MDP reacciona químicamente con el óxido de zirconio, promoviendo una unión que es resistente a la hidrólisis (59). En un principio, la característica más importante de la molécula 10-MDP era la unión de las restauraciones a iones metálicos (59). Hoy en día la combinación del monómero MDP original con monómeros de amida hidrófilos, nos ofrecen las siguientes ventajas (60):

- Aplicación sencilla.
- Unión química rápida y una penetración eficaz en el tejido dental.
- Unión resistente a la humedad, estable y duradera.
- Facilidad para aplicar en todas las restauraciones, directas e indirectas.
- Aplicabilidad en diversos métodos (grabado total, grabado selectivo o autograbado).
- No es necesario esperar ni frotar prolongadamente, ni tampoco aplicar varias capas.
- Unión duradera con un riesgo mínimo de reparaciones.
- Compatibilidad con prácticamente todos los materiales de composite.
- Requiere menor tiempo que la mayoría de los demás adhesivos.

Otra de las ventajas de este material es la variabilidad de tratamientos en los que se puede utilizar, como lo es, en restauraciones directas e indirectas, superficies en las que hay exposición radicular, cementación de postes y reconstrucciones de muñones. Otra ventaja es que si hay un punto cercano a la pulpa se puede colocar un recubrimiento de fraguado duro como el hidróxido de calcio y este es compatible (59).

3.2.1. Desventajas

Está comprobado que este sistema adhesivo presenta permeabilidad ya que hay presencia del paso de fluidos a través del adhesivo ya polimerizado y si se encuentra cercano a la pulpa donde la secreción de fluidos es mayor la posibilidad de que se afecte la interfaz dentina-adhesivo (61).

3.3 Revisión de artículos.

En este apartado se incluye una tabla para la comparación de los adhesivos dentales en investigaciones realizadas.

| Autores | Adhesivo utilizado | Medición | Resultados con 10-MDP. | Sin la 10-MDP. |
|-------------------------|---|---|--|--|
| Zhou et al. | Clearfil liner bond™ | Eficacia de las moléculas por microespectroscopía In situ. | Se crean capas híbridas a nano escala en el esmalte y dentina. La 10-MDP se une iónicamente a la hidroxiapatita y forma una sal de calcio. | Disminuye la capacidad de penetración hacia las capas más profundas de dentina. |
| Wanderley et al. | 3M ESPE™ Saint Paul, Minnesota, Estados Unidos. | Propiedades de humecatación, rugosidad con zirconia. Se realizó imprimación con silano, imprimación con 10-MDP y silano y sistema de adhesión y silano. | Es el único tratamiento que hace una unión estable. | Se presentaron valores más bajos en las pruebas de resistencia adhesiva al cizallamiento. |
| Koko et al. | Kuraray™ Noritake Dental Inc | Comparación de la duración de la adhesión en diferentes concentraciones de silano y 10-MDP, se dejaron 30 min. a temperatura ambiente y 24 hrs. en agua destilada a 37 grados y posteriormente se sometieron a 5000 termo ciclos. | Si se aumenta el porcentaje hasta el 5% de y-MPTS junto con la MDP mejora la duración de la adhesión del cemento de resina. Kuraray™ Noritake Dental Inc | Con silano se produce una imprimación cerámica ineficaz porque puede sufrir una condensación por deshidratación cuando es almacenada en un medio acuoso. |
| Yoshida et al. | Clearfil™ SE Bond. | Comparación del potencial de unión química al diente entre la 10-MDP y 4-META y de (FENIL-p). | Se determinó que el mayor potencial lo presentaba la molécula (10-MDP). | Se observó un menor potencial de unión química. |

| | | | | |
|-------------------------|--|--|--|---|
| Arquíñego et al. | Optibond™ FL. | Resistencia adhesiva dentina-resina. Se midió a través del test de micro tensión. | Se presento mayor resistencia adhesiva dentina-resina. Optibond™ FL. | Con Adper™ Single Bond 2, hubo un aumento de la resistencia después de los 30 segundos. |
| Gutierrez et al. | Futurabond ® NR bond VOCO; Xeno III ®, Coltene Whaledent; Inc. Adper™ Easy ®Bond, Dentsply Inc.Go SDI; One™ Coat® SE, 3M™ ESPE y Adper™ Prompt L-Pop ESPE. | Se analizó en un estudio cualitativo el pH de 6 adhesivos autograbantes. | Adper™ Easy Bond resulto tener un pH más elevado. | One™ Coat SE bond presentó el pH más bajo. |
| ITENA. | Iperbond™ Max (Itena Clinical) | Se compara la resistencia al cizallamiento en dentina. | En este caso el adhesivo contiene 10-MDP y 4-META y se garantizó una fuerte adhesión en la dentina. | Se tiene más riesgo de hipersensibilidad post operatoria. |
| Cordova et al. | Sistema de adhesión a esmalte y dentina. | Comparación de solubilidad e hidrolisis, se sometió a pruebas de 100,000 termo ciclos | La molécula preservó su estructura, con esto se comprueba su efectividad en el concepto adhesión/ desmineralización. | |

Tabla 1. Comparativa de adhesivos con y sin la 10-MDP (33) (51) (54) (57) (63) (64) (65).

3.4. Comparación de Solubilidad e hidrólisis.

Para un adhesivo dental se busca que tenga una baja solubilidad. En estudios recientes se comprobó que la 10-MDP uniéndose a las estructuras dentales formaba una sal de baja solubilidad esto puede asociarse con la alta resistencia mecánica y esto nos explica la estabilidad en la interfase adhesiva cuando se utilizan estos monómeros acídicos (66).

En cuanto a la hidrólisis en los adhesivos dentales también es un fenómeno que quiere evitar, ya que se refiere a la degradación de sustancias por interacción con el agua como ya se había explicado anteriormente (53). Se ha sometido a pruebas a la 10-MDP, es las que después de 100,000 termo ciclos la molécula preservó su estructura al ser observada en el microscopio electrónico de transmisión (TEM), y así se comprueba la efectividad del concepto adhesión/desmineralización, que nos indica que las sales de Ca-10-MDP son más estables comparadas con otras de diferentes adhesivos y de igual manera después de esos ciclos térmicos no se encontró que hubiera una degradación de las fibras colágenas al no observarse el patrón de bandas transversales, eso nos indica la protección que genera la sal Ca-10-MDP en contra de la hidrólisis al contrario de otros adhesivos que demostraron una degradación hidrolítica del colágeno.

Se debe destacar que en la odontología adhesiva el descubrimiento de monómeros de unión química al Ca de la HA, ha sido uno de los más importantes por su estabilidad frente a la hidrólisis que mejora la eficacia de los adhesivos dentales (58).

3.5. Cuadro comparativo de fuerza de adhesión.

En estos materiales la concentración del monómero debe estar equilibrada ya que si no lo está por consecuencia se afectará el resultado final, debe ser lo suficientemente baja para evitar una hidrofiliidad excesiva en el polímero final, pero debe estar lo suficientemente alta para llegar a una unión a través del autograbado de la dentina y el esmalte (53).

En la siguiente tabla se presentan algunas características que distinguen a las moléculas ya mencionadas.

| Molécula | Tipo de ácido | Propiedades |
|---|---------------|---|
| 10-metacriloxidecilfosfato dihidrogenado | Fosfórico | <ul style="list-style-type: none">• Se une iónicamente a la hidroxiapatita y forma una sal de calcio que se ensambla en nano capas• Tiene unión a iones metálicos de las restauraciones• crea una capa estable de dentina infiltrada con resina• Tiene un pH de 2, que interactúa con la dentina superficial y produce una capa de reacción- integración |
| 4-metacriloxietil trimelitato | Carboxílico | <ul style="list-style-type: none">• Posee dos grupos funcionales; uno hidrofílico y otro hidrofóbico• Produce una unión al calcio con mayor estabilidad y una limitada disolución• Pertenece al grupo de los compuestos polimerizables.• Capaz de humectar la dentina y la malla colágena de la misma |
| 2-metacriloxietilfenil fosfato | Fosfórico | <ul style="list-style-type: none">• No tiene presencia de nanocapas, por la reducción de la densidad de MDP absorbido por la HA• Presenta un menor potencial de unión química al diente• Pertenece al grupo de los compuestos polimerizables• Posee un pH alrededor de 1.4 |

Tabla 2. Comparación entre diferentes moléculas (63) (64) (65).

| | | |
|---|--|---|
| <p>ALL-BOND™ UNIVERSAL (75).</p> | <p>PRIME & BOND® NT (76).</p> | <p>GLUMA® Bond Universal. (77).</p> |
|  |  |  |
| <p>CLEARFIL™ UNIVERSAL BOND BOTTLE REFILL (5 ML) (78).</p> | <p>PEAK™ UNIVERSAL BOND (79).</p> | <p>ALL- BOND UNIVERSAL™ (80).</p> |
|  |  |  |

Tabla 3. Marcas comerciales de adhesivos dentales con la molécula 10-MDP en México.

3.6. En cerámica.

En las restauraciones cerámicas, para garantizar el éxito clínico este dependerá de la fuerza de adhesión entre la resina y la cerámica, así como la duración de estas.

La molécula 10-MDP es empleada mayoritariamente para la unión hacia la porcelana dental de circonia. En la actualidad, es el método primordial para realizar uniones confiables entre resina-diente y circonia-diente. Con el objetivo de simplificar los procedimientos clínicos, constantemente se han desarrollado imprimaciones cerámicas multiuso que contiene γ -metacriloxipropil trimetoxisilano (γ -MPTS) y 10-MDP en un sistema de una sola botella para obtener un potencial de interacción química con materiales cerámicos basados en sílice y circonio. La 10-MDP tiene la capacidad de unirse químicamente al óxido de circonia y a los óxidos metálicos, ello facilita la fuerza de unión.



Imagen 24. Cerámica (81).

IV. CONCLUSIONES

- La ciencia de los materiales dentales siempre está en la búsqueda de mejorar las propiedades de los mismos.
- Los avances en la investigación de adhesivos dentales han ido superándose gracias a los estudios y a la experimentación que se ha realizado.
- la molécula 10-MDP en los sistemas adhesivos dentales tiene gran eficacia comparada con otras moléculas tiene una gran variedad de materiales restaurativos en los que se puede emplear.
- Las ventajas que tiene al unirse iónicamente a la hidroxiapatita y formar una sal de calcio nos da un excelente pronóstico a futuro ya que genera una excelente estabilidad.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. Díaz A. La Voz del Muro. [Online].; 2015 [cited 2021 Noviembre 25. Available from: <https://lavozdelmuro.net/de-esta-forma-tan-dolorosa-y-original-decoraban-sus-dientes-los-antiguos-mayas/>.
2. Española RA. https://dle.rae.es/adhesi%C3%B3n?m=30_2. [Online].; 2021. Available from: <https://www.rae.es/>.
3. Madrid M. Tecnología de la Adhesión España DTdL, editor. Madrid: Departamento Técnico de Loctite España; 2019.
4. Dynamics Dental. <https://dynamics.dental/adhesion-en-odontologia-conceptos-basicos/>. [Online].; 2021 [cited 2021 Noviembre 25. Available from: <https://dynamics.dental/>.
5. DENTPRO. DentPro. [Online].; 2016 [cited 2021 Noviembre 25. Available from: <https://dentpro.es/blog/wp-content/uploads/2016/12/uso-de-antioxidantes-en-la-odontologia-adhesiva-1.png>.
6. Todo en polímeros. Todo en polímeros. [Online].; 2018 [cited 2021 Noviembre 25. Available from: <https://todoenpolimeros.com/2018/02/05/la-adhesion-en-los-polimeros/>.
7. Lahoud Salem V. Adhesión de los materiales dentales. Odontología Sanmarquina. 2002 julio; 1(9).
8. 3M. 3m Ciencia aplicada a la vida. [Online].; 2021 [cited 2021 Noviembre 25. Available from: https://www.3m.com.es/3M/es_ES/union-y-montaje/formacion/como-funciona-la-adhesion/.
9. Azzi S. Propiedades básicas de los adhesivos para prótesis dentales. Odontólogo Moderno. 2009 Junio; 5(59).
10. Vite L. Características de los líquidos. Boletín científico. 2014 Julio; 2(4).
11. News A. Arabuko. [Online].; 2021 [cited 2021 Noviembre 25. Available from: <http://arabuko.mx/caminar-sobre-el-agua-es-posible-la-tension-superficial/>.
12. A P. Surface tension. Natura. 1891; 43.
13. Cabanillas Bravo B. Relación entre la energía superficial de dos marcas de polimetilmetacrilato, con la adherencia de la candida albicans, en un estudio in vitro Lima: Universidad Nacional Federico Villarreal; 2019.
14. Macchi R. Materiales dentales. 4th ed.: Editorial Médica Panamericana; 2007.
15. 3M. 3M. [Online].; 2021 [cited 2021 Noviembre 26. Available from: [3m.com.es/3M/es_ES/union-y-montaje/formacion/ciencia-de-la-adhesion/introduccion-a-la-energia-superficial/](https://www.3m.com.es/3M/es_ES/union-y-montaje/formacion/ciencia-de-la-adhesion/introduccion-a-la-energia-superficial/).
16. Trayma. Trayma. [Online].; 2018 [cited 2021 Noviembre 26. Available from: <https://www.trayma.es/que-es-la-energia-superficial/>.
17. 3M. 3M. [Online].; 2021 [cited 2021 Noviembre 26. Available from: https://www.3m.com.es/3M/es_ES/union-y-montaje/formacion/ciencia-de-la-adhesion/clasificacion-de-la-energia-superficial/.
18. Dynamics Dental. DynamicsDental. [Online].; 2021 [cited 2021 Noviembre 26. Available from: <https://dynamics.dental/adhesion-en-odontologia-conceptos-basicos/>.

19. Donoso MJ. Evaluación al microscopio electrónico de barrido, de la influencia del NaOCl sobre la superficie de esmalte como procedimiento previo a la aplicación de diferentes tratamientos adhesivos Quito: Universidad San Francisco Quito; 2011.
20. Muñoz-Vélez MFea. FIBRAS DE FIQUE UNA ALTERNATIVA PARA EL REFORZAMIENTO DE PLÁSTICOS. INFLUENCIA DE LA MODIFICACIÓN SUPERFICIAL. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. 2014 Julio-Diciembre; 12(2).
21. Atria Innovation. <https://www.atriainnovation.com/>. [Online].; 2016 [cited 2021 Noviembre 26. Available from: <https://www.atriainnovation.com/que-es-el-angulo-de-contacto/>].
22. RAE. <https://dle.rae.es/>. [Online].; 2021 [cited 2021 Noviembre 26. Available from: <https://dle.rae.es/capilaridad>].
23. Lidia FR. [capilaridad.cobre.com](https://capilaridadcobre.wordpress.com/2019/03/07/introduccion/). [Online].; 2019 [cited 2021 Noviembre 26. Available from: <https://capilaridadcobre.wordpress.com/2019/03/07/introduccion/>].
24. Oliveira FA,MAyMJ. Tensión superficial, viscosidad y densidad dealgunas escorias CaO-Al2O3. Revista de Metalurgia. 1999; 35(2).
25. Arregui FJea. Apuntes de mecánica de fluidos Valencia: Universidad Politécnica de Valencia; 2017.
26. Anamin Group. [anamingroup.com](https://www.anamingroup.cl/). [Online].; 2021 [cited 2021 Noviembre 26. Available from: <https://www.anamingroup.cl/producto/densimetro-dma4500-m/>].
27. Mandri MAAyZME. Sistemas adhesivos en Odontología Restauradora. Odontoestomatología. 2015 Noviembre; 17(26).
28. Norling B. Adhesión. In Phillips AK. Ciencia de los materiales dentales. Madrid: Elsevier; 2004. p. 381-398.
29. Freedman G,KAYAK. Evolución de la adhesión dental: pasado, presente y futuro. [Online].; 2019 [cited 2021 Noviembre 26. Available from: <https://dentistaypaciente.com/investigacion-clinica-133.html>].
30. Carrillo C. Capa híbrida. Revista de la Asociacin Dental Mexicana. 2005 Septiembre-Octubre; 62(5).
31. 3m. Adper SIngle Bond 2. [Online].; 2004 [cited 2021 Noviembre 26. Available from: <https://multimedia.3m.com/mws/media/2907690/technical-information-adper-single-bond-2.pdf>].
32. Hernández J. Aspectos prácticos de la adhesión a dentina. Av Odontoestomatol. 2004 Enero-febrero; 20(1).
33. Nima G. Fuerza de adhesión In Vitro de cinco sistemas adhesivosy un cemento autograbador-autoadhesivo sobre la dentina del canal radicular y coronal superficial: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2006.
34. Química.es. [química.es](https://www.quimica.es/). [Online].; 2021 [cited 2021 Noviembre 28. Available from: <https://www.quimica.es/enciclopedia/Silano.html>].
35. Químicas RCC. Centro Nacional de Investigaciones Científicas. [Online].; 2006 [cited 2021 diciembre 9. Available from: <https://www.redalyc.org/pdf/1816/181620576009.pdf>].
36. Hernández D,CAC,CJN. Infl uencia del silano y adhesivos universales en la adhesión. Revista Odontológica Mexicana. 2018 Julio-septiembre; 22(3).
37. Carrillo C. Dentina y adhesivos dentinarios. Conceptos actuales. ADM. 2006 Marzo-abril; LXIII(2).

38. Gaceta Dental. Interacciones químicas y efectividad de la adhesión dentinaria de los sistemas adhesivos con monómeros funcionales de alto rendimiento. [Online].; 2016 [cited 2021 Noviembre 29. Available from: <https://gacetadental.com/2016/03/interacciones-quimicas-y-efectividad-de-la-adhesion-dentinaria-de-los-sistemas-adhesivos-con-monomeros-funcionales-de-alto-rendimiento-58521/>.
39. Loguercio AD. RODYB - Revista de Operatoria Dental y Biomateriales. [Online].; 2006 [cited 2021 diciembre 9. Available from: <https://www.rodyb.com/wp-content/uploads/2013/02/sistemas-adhesivos.pdf>.
40. Granados M. Evaluación in vitro de la adhesión y microfiltración en dentina con diferentes grados de humedad utilizando el adhesivo Prime & Bond Universal CDMX: UNAM; 2018.
41. Aguilar A,BJyCR. Adhesivos de quinta y sexta generación. Revista Latinoamericana de Ortodoncia y Odontopediatría. 2015 Octubre; 35.
42. Villanueva ME,DSC,AAGJGR,LA. Protocolos Clínicos Para Los Adhesivos Universales. [Online].; 2017 [cited 2021 Npviembre 26. Available from: <http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/66608/P%C3%B3ster-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
43. Ramírez JC. Clinical Case Report. [Online].; 2019 [cited 2021 Noviembre 26. Available from: <https://www.redalyc.org/journal/4995/499562531003/>.
44. Esmalte EcivdgdmmrdrcrcesaXBultdGÁTydGÁSd. Osores, J. E. Santiago: Universidad de Chile. Faculta de Odontología; 2013.
45. J MH. Facultad de Odontología. Universidad de Valencia. [Online].; 2004 [cited 2021 diciembre 9. Available from: <https://scielo.isciii.es/pdf/odonto/v20n1/original2.pdf>.
46. Calatrava LA. Actualización en odontología adhesiva y sellado inmediato dentinario (SID). Revisión de la literatura. Acta Odontológica Veneolana. 2018; 56(2).
47. Freedman G,KA,LKyAK. Sistemas adhesivos dentales. 7 generaciones de evolución. [Online].; 2017 [cited 2021 Noviembre 29. Available from: <https://dentistaypaciente.com/investigacion-clinica-110.html>.
48. DVD Dental. DVD.COM. [Online].; 2021 [cited 2021 Noviembre 26. Available from: <https://www.dvd-dental.com/blogodontomecum/tipos-de-adhesivos-dentales-y-como-han-evolucionado-en-el-tiempo/>.
49. Mercado Estrella DA. Nuevos sistemas adhesivos Guayaquil: Universidad de Guayaquil ; 2018.
50. Freedman G. <https://dentistaypaciente.com/>. [Online].; 2019 [cited 2021 diciembre 9. Available from: <https://dentistaypaciente.com/investigacion-clinica-133.html>.
51. Pérez N. Dentistanico. [Online].; 2014 [cited 2021 Noviembre 26. Available from: <https://es.slideshare.net/dentistanico/adhesion-38437039>.
52. Freedman G,KAYAK. Evolución de la adhesión dental: pasado, presente y futuro. [Online].; 2019 [cited 2021 Noviembre 29. Available from: <https://dentistaypaciente.com/investigacion-clinica-133.html>.
53. Betancourt FE,TMM. Sistemas de adhesión a esmalte y dentina San Salvador: Doctorado thesis, Universidad de El Salvador.; 2005.
54. Moncada G,GR,dOO,FE,MJyVP. Rol del 10-metacriloxidecilfosfato dihidrogenado en elcambio de paradigma de los sistemas adhesivosintegrados en la dentina. Revista Clínica de Periodoncia,Implantología y Rehabilitación Oral. 2014; 7(3).

55. Sánchez EA. Análisis comparativo in vitro del grado de filtración marginal de restauraciones de resina compuesta realizadas con el sistema adhesivo All-Bond Universal® utilizado con y sin grabado ácido previo de la superficie Santiago: Universidad de Chile; 2015.
56. Mazón C,UGyUS. Análisis de la capa híbrida de adhesivos universales (química, fuerza de adhesión y morfología) San José: Universidad de Costa Rica; 2017.
57. Delgado EM. Resistencia de la tracción de sistemas adhesivos autocondicionantes y grabado total en dientes deBovino -In vitro Lima: Universidad Nacional Federico Villarreal; 2018.
58. Pallás R. La valoración de las fuerzas de adhesión de sistemas adhesivos autograbantes sobre dentina irradiada con láser de Er, Cr: YSGG Catalunya: Universitat Internacional de Catalunya; 2013.
59. Esquivel I. Tratamiento de superficie en restauraciones indirectas de óxido de zirconio para mejorar su adhesión. Puebla: Benemérita Universidad de Puebla; 2017.
60. Kuraray. kuraray.us.com. [Online].; 2021 [cited 2021 Noviembre 26. Available from: <https://kuraray.us.com/products/dental/>.
61. Clearfil. <https://kuraraydental.com/wp-content/uploads/2018/05/clearfil-universal-bond-quick-ifu.pdf>. [Online].; 2018 [cited 2021 Noviembre 29. Available from: <https://kuraraydental.com/wp-content/uploads/2018/05/clearfil-universal-bond-quick-ifu.pdf>.
62. DEntalix. dentalix.com. [Online].; 2020 [cited 2021 diciembre 9. Available from: <https://www.dentalix.com/es/blog/-cementacion-adhesiva-restauraciones-corona-oxido-zirconio>.
63. Zhoua jea. Quantitative/qualitative analysis of adhesive-dentin interface in the presence of 10-methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate. Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials. 2019 Diciembre; 92.
64. Bezerra Rea. Effect of silane and MDP-based primers on chemical properties of zirconia and its bond strength to resin cement. The Academy of dental materials. 2019 Mayo; 35.
65. Koko M,ea. Effects of the ratio of silane to 10-methacryloyloxydecyl dihydrogenphosphate (MDP) in primer on bonding performance of silica-based and zirconia ceramics. Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials. 2020 Agosto; 112.
66. Jamasmie JyRC. “Estudio comparativo entre dos sistemas adhesivos y un metal primer utilizados en la reparación de amalgama con resina compuesta y su resistencia a la tracción, in vitro Santiago : Universidad Andrés Bello; 2017.
67. Clínica Fernando. Curso: Principios fundamentales para tener éxito con restauraciones cerámicas adhesivas. [Online].; 2019 [cited 2021 Noviembre 26. Available from: <https://www.clinicaferrando.com/curso-principios-fundamentales-para-tener-exito-con-restauraciones-ceramicas-adhesivas/>.
68. [Online].
69. Gutiérrez P. Estudio comparativo in vitro del ph de sistemas adhesivos autograbantes presentes en el mercado nacional Santiago: Universidad de Chile; 2009.
70. Flury S. Principios de la adhesión y de la técnica adhesiva. Quintessence. 2012 Diciembre; 25(10).
71. Galdames B,BM,MN,GFyPE. Diferentes Protocolos de Grabado Ácido en Dentina; Estudio Micromorfológico. Rev. Clin. Periodoncia Implantol. Rehabi. 2018; 11(2).
72. Gómez J. Adhesivos dentales basados en 10 MDP. [Online].; 2021 [cited 2021 Noviembre 26. Available from:

[https://www.academia.edu/39349179/Adhesivos dentales basados en 10 MDP Traduccion20190602_110080_il6ptu](https://www.academia.edu/39349179/Adhesivos_dentales_basados_en_10_MDP_Traduccion20190602_110080_il6ptu).

73. Arquíñigo K, DCAyWR. Resistencia adhesiva dentin-resina utilizando tres sistemas adhesivos a diferentes tiempos de aplicación. Estudio in vitro. *Odontol. Sanmarquina*. 2019; 22(2).
74. Daza LM, SLR, Güiza EH. Determinación del patrón de grabado con láser y ácido ortofosfórico al 37% sobre el esmalte dental. *Universitas Odontológica*. 2005 Julio-septiembre; 25(56).
75. Mercado Libre. [Online].; 21 [cited 21 diciembre 9. Available from: https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-851822796-single-bond-universal-3-ml-JM?matt_tool=35543804&matt_word=&matt_source=google&matt_campaign_id=14507119617&matt_ad_group_id=128060520858&matt_match_type=&matt_network=g&matt_device=c&matt_creative=54326.
76. PRODONSA. midepositodental.com. [Online].; 2021 [cited 2021 diciembre 9. Available from: <https://www.midepositodental.com/m19000607-prime-bond-nt.html>.
77. Kulzer H. kulzer.mx. [Online].; 2015 [cited 2021 diciembre 9. Available from: https://www.kulzer.mx/media/webmedia_local/downloads_new/gluma_5/gluma_universal_1/Sellsheet_Gluma_Universal_ES.pdf.
78. MDC Dental. [Online].; 2021 [cited 2021 diciembre 9. Available from: <https://dental.com.mx/clearfil-universal-bond-bottle-refill-5-ml-256--3292>.
79. Ultradent. Vamasa. [Online].; 2021 [cited 2021 diciembre 9. Available from: <https://vamasa.com.mx/producto/peak-universal-bond/>.
80. PRODONSA. midepositodental.com. [Online].; 2021 [cited 2021 diciembre 9. Available from: <https://www.midepositodental.com/m07300077-all-bond-universal-adhesivo-fotocurable.html>.
81. Belda R. Clínica Dental Larranaga. [Online].; 2016 [cited 2021 diciembre 9. Available from: <https://www.clinicadentallarranaga.com/blog/coronas-de-zirconio/>.
82. elsevier.com. [Online].; 2012 [cited 2021 diciembre 9. Available from: <https://www.elsevier.es/es-revista-quintessence-9-articulo-principios-adhesion-tecnica-adhesiva-S021409851200219X>.