



UADY
CIENCIAS DE LA SALUD

FACULTAD DE
ODONTOLOGÍA

EVALUACIÓN DE LA INTERFAZ DEL CEMENTO DE
IONÓMERO DE VIDRIO, USANDO DOS AGENTES DE
GRABADO ÁCIDO: ESTUDIO IN VITRO

Tesis presentada por:
CD. CONCEPCIÓN DE FÁTIMA MORALES MIJANGOS

En opción al Diploma de Especialización en:
ODONTOLOGÍA RESTAURADORA

Directores:
DR. DAVID RAFAEL CORTES CARRILLO
DRA. VERÓNICA ZAVALA ALONSO

Mérida, Yucatán, Julio 2020



UADY
CIENCIAS DE LA SALUD

FACULTAD DE
ODONTOLOGÍA

EVALUACIÓN DE LA INTERFAZ DEL CEMENTO DE
IONÓMERO DE VIDRIO, USANDO DOS AGENTES DE
GRABADO ÁCIDO: ESTUDIO IN VITRO

Tesis presentada por:

CD. CONCEPCIÓN DE FÁTIMA MORALES MIJANGOS

En opción al Diploma de Especialización en:
ODONTOLOGÍA RESTAURADORA

Directores:

DR. DAVID RAFAEL CORTES CARRILLO

DRA. VERÓNICA ZAVALA ALONSO

Mérida, Yucatán, Julio 2020



UADY

UNIVERSIDAD
DE YUCATÁN

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

UNIDAD DE POSGRADO
E INVESTIGACIÓN

Mérida, Yucatán, 1 de Julio de 2020

C. CONCEPCIÓN DE FÁTIMA MORALES MIJANGOS

Con base en el dictamen emitido por sus directores y revisores, le informo que la Tesis titulada "**Evaluación de la Interfaz del cemento de ionómero de vidrio, usando dos agentes de grabado ácido: Estudio In vitro**", presentada como cumplimiento a uno de los requisitos establecidos para optar al Diploma de la Especialización en Odontología Restauradora, ha sido aprobada en su contenido científico, por lo tanto, se le otorga la autorización para que una vez concluidos los trámites administrativos necesarios, se le asigne la fecha y hora en la que deberá realizar su presentación y defensa.



Dr. José Rubén Herrera Atoche
Jefe de la Unidad de Posgrado e Investigación



Dr. David Rafael Cortes Carrillo
Director de Tesis



Dra. Verónica Zavala Alonso
Directora de Tesis



M. en Inv. en S. David Alejandro Aguilar Pérez
Revisor



M. en O. Pedro Ernesto Lugo Ancona
Revisor

Artículo 78 del reglamento interno de
la facultad de Odontología de la
Universidad Autónoma de Yucatán

Aunque una tesis hubiera servido para
el examen profesional y hubiera sido
aprobada por el sínodo, sólo su autor o
autores son responsables de las
doctrinas en ella emitidas.

Este trabajo se realizó en la Facultad de Oodntología de la Universidad Autónoma de Yucatán y en el Laboratorio de Nanobiomateriales de la Facultad de Estomatología de la Universidad Autónoma de San Luis Potosi , bajo la dirección del Dr. David Rafael Cortés Carrillo y la Dra.Verónica Zavala Alonso. Los resultados presentados, son parte del proyecto de investigación “ EVALUACIÓN DE LA INTERFAZ DEL IONÓMERO DE VIDRIO USANDO DOS AGENTES DE GRABADO ÁCIDO: ESTUDIO IN VITRO”, financiamiento propio.

AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Odontología de la UADY por haberme permitido tener el privilegio de formarme como especialista, así como a todas las autoridades.

A mi coordinador y a todos los doctores que integran el cuerpo docente de la Especialización en Odontología Restauradora, por sus conocimientos, compromiso y dedicación hacia todos los residentes.

Quisiera agradecer a mi director de tesis al Dr. David Rafael Córtes Carrillo por su apoyo, dedicación y orientación continua, sin las cuales no hubiese podido llevar a cabo este trabajo.

Un especial agradecimiento a la Dra. Norma Verónica Zavala Alonso, docente de la Facultad de Estomatología de la Universidad Autónoma de San Luis Potosi, por su ayuda, orientación, compromiso y amabilidad para la realización de la parte experimental de esta investigación, sin duda, una gran persona y docente, sin su colaboración no se hubiese podido efectuar este trabajo.

Gracias a la Facultad de Estomatología de la Universidad Autónoma de San Luis Potosi, por las facilidades otorgadas, por permitirme trabajar en el Laboratorio de Nanobiomateriales, sin duda, son excelentes instalaciones.

DEDICATORIA

A Dios

Por haberme permitido llegar a este momento, por todas sus bendiciones, salud, confianza, valentía y nunca dejarme sola para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mis Padres y Hermano

Pilares fundamentales de mi vida, quienes han sido la guía y el camino para poder llegar a este punto de mi carrera, que con su ejemplo, dedicación y apoyo nunca bajaron los brazos para que tampoco lo hiciera. Con mucho amor y cariño, les dedico esta tesis, en reconocimiento a todo el sacrificio que han hecho por mí, por ser mi apoyo incondicional siempre. Los amo.

A mis tíos César y María Inés

Que se adelantaron a la casa del señor, pero que siempre me demostraron su cariño y apoyo, sé que desde el cielo están acompañándome, un beso para ellos.

Familia, Amigos, Compañeros y Pacientes

No podía olvidarme de todos ustedes, que de forma directa o indirecta, me han apoyado, acompañado y compartido conmigo esta gran experiencia y logro, a todos ustedes muchas gracias.

INDICE

RESUMEN.....	0
DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	1
REVISIÓN BIBLIOGRAFICA.....	3
1 Cementos de Ionómeros de Vidrio.....	4
1.1 Propiedades de Ionómeros de Vidrio.....	7
1.2 Clasificación del Ionómero de Vidrio.....	8
2 Adhesión.....	9
2.1 Adhesión a tejidos dentarios.....	11
2.2 Adhesión del Ionómero de Vidrio.....	13
3 Microscopía Electrónica.....	15
JUSTIFICACIÓN.....	19
OBJETIVOS.....	20
MATERIAL Y MÉTODOS.....	21
Diseño del estudio.....	21
Variables y Análisis Estadístico.....	21
Población de Estudio.....	23
Metodología.....	24
Aspectos Éticos.....	30
Métodos de Medición y Estandarización.....	30
RESULTADOS.....	31
DISCUSIÓN.....	40
CONCLUSIÓN.....	43
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	44
ANEXOS.....	49

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.....	25
Figura 2.....	34
Figura 3.....	35
Figura 4.....	35
Figura 5.....	35
Figura 6.....	35
Figura 7.....	36
Figura 8.....	36
Figura 9.....	36
Figura 10.....	37
Figura 11.....	37
Figura 12.....	38
Figura 13.....	38
Figura 14.....	39
Figura 15.....	50
Figura 16.....	50
Figura 17.....	51
Figura 18.....	51
Figura 19.....	52
Figura 20.....	52
Figura 21.....	53

RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo evaluar la interfaz entre el ionómero de vidrio y la dentina, cuando esta es acondicionada con dos agentes de grabado ácido, ácido fósfórico y ácido poliacrílico, observada con Microscopio Electrónico de Barrido (MEB) para determinar si el acondicionamiento de la dentina mejora la adhesión del ionómero de vidrio.

El universo de estudio estuvo conformado por 45 premolares sanos, extraídos por motivos ortodónticos, categorizados en 3 grupos principales; Grupo 1 Fuji IX de GC, Grupo 2 Ionofil Molar de Vocco y Grupo 3 Katak Molar de 3M; a su vez, cada grupo se subdivide en 3 subgrupos; los subgrupos fueron, sin acondicionamiento, con acondicionamiento de ácido fósfórico y con acondicionamiento de ácido poliacrílico; haciendo un total de 9 subgrupos.

Esta investigación es de tipo experimental *in vitro*. Se realizó la confección de las cavidades, el acondicionamiento de la dentina, colocación del ionomero de vidrio y el procesamiento de las muestras para su observación en el Microscopio Electrónico de Barrido (MEB) en el Laboratorio de Nanobiomateriales, de la Facultad de Estomatología en la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, durante los meses de Octubre – Noviembre del 2019.

Se realizó una ANOVA de dos vías, señala que una de las dos variables es significativa para explicar la calidad de la interfaz entre el ionómero de vidrio y la dentina ($F = 6.217; p < .001$), con un 58% de la varianza; solo un acondicionamiento ácido fue significativo ($F = 1.06; p < .001$).

Con la prueba de Turkey el acondicionamiento con ácido poliacrílico, fue el que presentó mejor calidad de interfaz ($d = -1.20; p < .001$) independientemente a la marca del ionómero de vidrio utilizado.

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Uno de los principales retos de la Odontología Restauradora es conseguir un material de obturación que logre la protección del complejo dentinopulpar, que incorpore un buen desempeño para soportar los embates de la oclusión funcional, que selle los túbulos dentinarios y el medio interno con interface cero o nula en todas las paredes cavitarias, que posea biocompatibilidad y acción remineralizante para impedir la recidiva de caries secundarias, que posea un coeficiente de expansión térmica y una contracción similar al diente, que sea de fácil manipulación y que presente características estéticas para pasar desapercibido en la cavidad bucal y al ojo humano.

Uno de los materiales que ha tenido una evolución favorable a lo largo de los años, es el cemento de ionómero de vidrio, el cual es de uso común en odontología desde hace más de 45 años. Su evolución permite disponer de una variedad de productos, desde el cemento de ionómero de vidrio convencional hasta cementos de ionómero de alta viscosidad.

Los cementos de ionómero de vidrio convencionales son materiales de muy fácil aplicación, biocompatibles con el tejido pulpar, bajo coeficiente de expansión térmica, autoacondicionamiento y autoadhesión a las estructuras dentales a través de una interacción iónica, que posibilitan su utilización como material de base cavitaria y restaurador.

La adhesión de este material, es la consecuencia de un intercambio iónico entre los sustratos dentarios y el cemento de ionómero de vidrio. Para mejorar esta unión, es necesario el acondicionamiento de dichos sustratos, debido a que no es la misma adhesión que se da entre el esmalte y la dentina con los cementos de ionómero de vidrio, por lo tanto, el emplear agentes acondicionadores, como el ácido poliacrílico, el ácido fósfórico, ácido ortofósfórico, EDTA, en concentraciones y tiempos diferentes, para cada sustrato dental, hoy por hoy, es de vital importancia.

Con esa variedad de materiales, el odontólogo debe conocer el sustrato en el cual está trabajando; composición, características, estructura química, manejo, así como también, la gran gama de materiales que existen. Las investigaciones se han centrado principalmente en el perfeccionamiento de la adhesión entre el ionómero de vidrio y el diente, lo que ha provocado la aparición de protocolos de acondicionamiento de las superficies, para incrementar el nivel de adhesión.

Por lo tanto, la pregunta de investigación es ¿Cómo es la interfaz de adhesión entre un cemento de ionómero de vidrio con la dentina, utilizando dos agentes de grabado ácido?

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Durante la década de 1950 un pequeño grupo de Odontólogos y científicos de Inglaterra reconoció la falta de estudios e investigación de nuevos materiales dentales para utilización clínica. Su objetivo fue desarrollar un material con propiedades térmicas, mecánicas y ópticas coincidentes con las propiedades de los dientes y con efecto terapéutico. La razón de esto fue que los materiales restauradores ya no se consideran sólo como materiales de relleno, sino como sustitutos de los tejidos dentales (1).

R. L. Bowen, en la década de 1960, sintetizó un nuevo monómero, derivado de la combinación de una molécula epóxica como el bisfenol A con un glicidil dimetacrilato. La molécula resultante fue denominada BIS-GMA y poseía un mayor peso molecular que los monómeros de las resinas acrílicas. Además, a esta molécula, se le agregaron partículas de relleno inorgánico, las que fueron tratadas superficialmente con un vinil silano, con el fin de permitir una buena unión entre ambas partes (2).

Este material dio buenos resultados a corto plazo y en pruebas de laboratorio, pero a largo plazo presentaba un alto porcentaje de fallas, entre otras, debido a la contracción de polimerización y la consecuente filtración marginal (3).

Para mitigar los problemas anteriormente señalados, fue primordial que la unión que se genera entre la restauración y la estructura dentaria sea fuerte y duradera, para lograr una buena adhesión, impidiendo que la contracción genere una brecha y un sellado marginal adecuado, el cual impidiera la filtración, facilitando la permanencia en boca de la restauración (4).

El cemento de ionómero de vidrio fue desarrollado por Wilson y Kent en el Laboratorio de Química del Gobierno Inglés, como resultado de numerosos estudios e intentos por mejorar el cemento de silicato. Fueron patentados en 1969. Desde entonces y hasta el presente, son materiales restauradores que han evolucionado no sólo por las

modificaciones introducidas en sus componentes, sino por el constante mejoramiento de sus propiedades, principalmente por su excelente unión por el intercambio iónico a la dentina y esmalte (5).

1. CEMENTOS DE IÓNOMERO DE VIDRIO

El primer cemento de ionómero de vidrio que se desarrolló se llamó ASPA (Aluminio, Silicato y Poliacrilato), el cual es el resultado de una reacción ácido-base entre un vidrio de flúor alúmino silicato de calcio que presenta iones reactivos y una solución acuosa de ácidos orgánicos copolímeros, entre los cuales el de mayor proporción es el ácido poliacrílico (50%), seguido del ácido itacónico, el ácido maleico, los cuales reducen la viscosidad e inhiben la gelación del líquido que pudiera producirse por puentes de hidrógeno entre las cadenas de ácido poliacrílico, el ácido tricarbálico y el ácido tartárico mejoran las características de manipulación, aumenta el tiempo de trabajo útil y acorta el tiempo de fraguado (5).

La presencia de estos ácidos, provee al cemento la propiedad de ser adhesivo a las estructuras dentarias mediante uniones químicas secundarias principalmente. Además, por ser estos ácidos polímeros orgánicos, su capacidad de penetración hacia la pulpa es mucho menor que la de los ácidos inorgánicos y al mismo tiempo, por ser ácidos más débiles, presentan una mejor respuesta biológica del complejo dentinario (5,6).

Los CIV pertenecen a la clase de materiales conocidos como cementos ácido-base. Se basan en el producto de la reacción de ácidos poliméricos débiles con vidrios en polvo de carácter básico. El fraguado se produce en soluciones acuosas y la estructura final contiene una cantidad de vidrio sin reaccionar que actúa como relleno para reforzar el cemento fraguado (6,7).

El término ionómero de vidrio se aplicó en la publicación más temprana, pero no es estrictamente correcto. El nombre propio para ellos, según la Organización Internacional de Normalización, ISO, es cemento de polialquenoato de vidrio pero el término ionómero de vidrio, se reconoce como un nombre trivial aceptable y es ampliamente utilizado dentro de la profesión dental (6).

Hay tres ingredientes esenciales para un cemento de ionómero de vidrio; ácidos polimérico solubles en agua, vidrio básico ionizable y agua. Estos se presentan comúnmente como una solución acuosa de ácido poliacrílico y un polvo de vidrio finamente dividido, que se mezclan mediante un método apropiado para formar una pasta viscosa que fragua rápidamente (6).

Los polímeros utilizados en los cementos de ionómero de vidrio son ácidos polialquenoicos, ya sea ácido poliacrílico homopolímero o el copolímero 2: 1 de ácido acrílico y ácido maleico. El poli ácido vinilfosfónico se ha estudiado como un potencial formador de cemento, pero su uso práctico está restringido a una sola marca, donde se usa en una mezcla con ácido poliacrílico y actúa efectivamente como un modificador de la tasa de ajuste (6).

El polímero influye en las propiedades del cemento de ionómero de vidrio formado a partir de ellos. Los pesos moleculares altos, aumentan la resistencia del cemento fraguado, pero las soluciones de polímeros de peso molecular alto tienen viscosidades altas, lo que dificulta su mezcla. Por lo tanto, los pesos moleculares se eligen para equilibrar estos efectos competitivos. Se dice que las propiedades óptimas se alcanzan con pesos moleculares promedio de 11,000 (promedio en número) y 52,000 g/mol (promedio en masa) (6).

El segundo componente de los cementos de ionómero de vidrio, son los vidrios, estos son básicos, capaces de reaccionar con un ácido para formar una sal. En principio, se pueden preparar varias composiciones de vidrio diferentes que cumplan con este requisito, pero en la práctica, solo los vidrios de aluminio-silicato con adiciones de fluoruro y fosfato, totalmente satisfactorios (7,8).

Los vidrios basados solo en sílice carecen de reactividad y también de basicidad, ya que su estructura contiene principalmente tetraedros de SiO_4 unidos en las esquinas para formar cadenas que no llevan carga. Cuando se agrega alúmina, el aluminio se ve

obligado a adoptar una geometría tetraédrica de 4 veces similar al silicio, es decir, tetraedros de AlO_4 (8).

Como el aluminio lleva una carga formal $3+$, no contrarresta el efecto de los oxígenos cambiados negativamente tan eficazmente como el silicio, con su carga formal $4+$. Para equilibrar esto, deben estar presentes cationes adicionales como Na^+ y Ca^{2+} (o Sr^{2+}). Estos crean un carácter básico y hacen que el vidrio sea susceptible de ser atacado por los grupos carboxilos de los ácidos (9).

El fluoruro es también un componente de los vidrios utilizados en los cementos de ionómero de vidrio. Los vidrios que contenían fluoruro estaban entre los primeros reportados cuando se describieron por primera vez los ionómeros de vidrio. El flúor se encontrara unido exclusivamente al aluminio (10,11).

Se han estudiado varios compuestos posibles como aditivos modificadores de la velocidad de fraguado al 5% o al 10% en masa en los cementos. Dos de ellos demostraron ser altamente exitosos, a saber, ácido tartárico y ácido ascórbico y de estos el ácido tartárico fue el más efectivo. Dicha efectividad, se debe a que retrasa el fraguado, permitiendo que la mezcla del cemento se realice con facilidad (10-13).

El tercer componen del ionomero de vidrio es el agua. Es el disolvente para el ácido poliacrílico, permite que el polímero actué como un ácido al promover la liberación de protones, dando lugar a la reacción de fraguado y, por último es un componente del cemento fraguado (14).

El agua no unida se puede perder en la superficie del ionómero de vidrio recién colocado. Esto provoca una apariencia de tiza antiestética a medida que se desarrollan las grietas microscópicas en la superficie de secado. Para evitar esto, es importante proteger al cemento cubriéndolo con un barniz apropiado o vaselina (14).

1.1 PROPIEDADES DEL IONÓMERO DE VIDRIO

Mecánicas; resistencia a la compresión y a la tensión, además de su resistencia al desgaste y a la erosión. Al ser grabados se produce en su superficie microretenciones similares a las que se producen en el esmalte. Las resistencias a la tracción de los ionómeros de vidrio al esmalte y la dentina son entre 2.6 y 9.6 MPa y entre 1.1 y 4.1 Mpa respectivamente (15,16).

Las resistencias de los enlaces suelen ser más altas para el esmalte que para la dentina, lo que sugiere que la unión tiene lugar en la fase mineral. Las fuerzas de unión se desarrollan rápidamente, y aproximadamente el 80% de la fuerza de unión final se alcanza en 15 minutos, después de lo cual aumenta durante varios días (15,16).

Biológicas; el intercambio iónico con la estructura dentaria, que se obtiene a partir del ácido polialquenoico y la liberación del fluor para mejor la remineralización. Químicas; su capacidad adhesiva a la dentina y al esmalte, así como a elementos metálicos; no provoca reacciones pulpares significativas y posee baja acidez y solubilidad a los fluidos bucales (15,16).

Estos cementos de ionómero de vidrio son naturalmente bioactivos, en parte porque liberan iones (fluoruro, sodio, fosfato y silicato) en medios acuosos circundantes en niveles en los que son biológicamente beneficioso. En condiciones ácidas, estos iones se liberan en cantidades más grandes que en condiciones neutras. Además, también se libera calcio o estroncio, iones que se producen en compuestos relativamente insolubles en soluciones neutras. En condiciones ácidas, los ionómeros de vidrio también reducirán el pH del medio de almacenamiento circundante (17).

Los iones liberados tienen una variedad de funciones biológicas; el fosfato se produce en la saliva y en equilibrio con la fase mineral del diente. El silicato puede incorporarse a la hidroxiapatita del diente sin afectar negativamente la geometría del cristal, aunque no está claro si puede hacerlo con la fase mineral de los dientes en

condiciones clínicas. El calcio es un elemento mineral esencial, con muchos usos biológicos. Dentro de la boca, es el principal ión en hidroxiapatita, y en solución en condiciones levemente ácidas promueve la remineralización del diente (17).

1.2 CLASIFICACIÓN DEL IONÓMERO DE VIDRIO

Los cementos de ionómero de vidrio tienen varios usos dentro de la odontología. Se utilizan como materiales de restauración completos, especialmente en la dentición primaria como revestimientos y bases, selladores de fisuras y como agentes de unión para brackets ortodónticos. Son radiopacos. Se pueden clasificar en tres tipos, según su aplicación clínica (15-17).

Tipo I; cementación de coronas, puentes, inlays, onlays y brackets. La proporción polvo: líquido es baja (1.5: 1 a 3.8: 1), por lo cual presenta una resistencia moderada (15-17).

Tipo II; nombrados cementos para restauración. Hay dos subdivisiones: para restauraciones del sector anterior con una proporción alta de polvo: líquido (al menos 3: 1 y hasta 6.8: 1) para obtener una buena coincidencia de color y translucidez. Necesita protección contra la humedad durante al menos 24 horas con barniz o vaselina (15-17).

Para restauración del sector posterior, también su proporción es alta de polvo: líquido (3: 1 a 4: 1) es de rápido ajuste y resistencia temprana a la absorción de agua (16).

Tipo III: Forro o cementos base. Baja relación polvo: líquido para revestimientos (1.5: 1) permite una buena adaptación a las paredes de la cavidad. Mayor relación polvo: líquido para las bases (3: 1 a 6,8: 1), donde la base actúa como sustituto de la dentina. Se utiliza técnica del “sandwich abierto” en asociación con una resina compuesta (16).

Los ionómeros de vidrio modificados con resina se introdujeron en la profesión dental en 1991. Contienen los mismos componentes esenciales que los ionómeros de

vidrio convencionales (polvo de vidrio básico, agua, poliácido), pero también incluyen un componente monomérico y un sistema iniciador asociado. El monómero es típicamente 2 metacrilato de hidroxietilo, HEMA y canforquinona (16,17).

Los ionómeros de vidrio modificados con resina se fijan mediante los procesos de neutralización reacción ácido-base y la polimerización por adición, el material resultante tiene una estructura complicada basada en los productos combinados de estas dos reacciones (16,17).

Además, la competencia entre estas dos reacciones de formación de redes significa que existe un equilibrio sensible entre ellas. Esta mezcla de reacciones de fraguado puede poner en peligro la confiabilidad del material fraguado y, como consecuencia, es esencial cumplir con las recomendaciones del fabricante sobre la duración de la etapa de irradiación para producir las propiedades óptimas del material (16).

Al igual que los cementos de ionómero de vidrio convencionales, los ionómeros de vidrio modificados con resina liberan pequeñas cantidades de flúor, sodio, aluminio, fosfato y silicato en condiciones neutras. En condiciones ácidas, se liberan mayores cantidades y también se libera calcio o estroncio. La liberación de iones en condiciones ácidas se asocia con un efecto amortiguador, el pH del medio de almacenamiento aumenta gradualmente a medida que aumenta el tiempo de almacenamiento (16,17).

Los ionómeros de vidrio modificados con resina tienen las mismas aplicaciones clínicas que los ionómeros de vidrio convencionales, aunque no se recomiendan para la Técnica de Restauración Atraumática (ART) debido a la necesidad de usar lámparas de curado eléctricas. Por lo tanto, se utilizan en restauraciones de Clase I, Clase II y Clase III, todas principalmente en la dentición primaria, restauraciones de Clase V y también como revestimientos y bases (16,17).

2.ADHESIÓN

Etimológicamente la palabra adhesión proviene del latín adhaerere, ad (para), haerere (pegarse). La adhesión se refiere a la interacción de fuerzas entre átomos o moléculas de una interface que mantiene juntas a dos estructuras. Existen dos tipos de adhesión, se definen a continuación (18).

Adhesión de tipo física o mecánica: Se produce debido a una trabazón mecánica o entrecruzamiento de 2 fases a unir, efecto geométrico, o bien por la generación de tensiones entre las dos superficies, efecto reológico (18 - 19).

Macromecánica; en este caso ambas estructuras quedan trabadas debido a su morfología macroscópica, como ejemplo de ello podemos mencionar tallados cavitarios que buscan retención y anclaje como paredes retentivas, pines, surcos, entre otros (18).

Micromecánica; en este caso las estructuras quedan igualmente trabadas, pero en función de su morfología microscópica, como microrretenciones, asperizado de superficie, microporosidades, etc. Es muy importante destacar que la adhesión micromecánica se puede producir tanto por efectos geométricos, reológicos, o una combinación de ambos (18).

Adhesión de tipo química o específica, este tipo de unión se produce por la interacción entre átomos y/o moléculas, la cual permite mantener ambas superficies en íntimo contacto debido a los enlaces y fuerzas que se producen (18).

Se puede clasificar de acuerdo al tipo de enlaces que se forman. Enlaces primarios; se producen entre átomos, por lo que son de alta energía de unión. Aquí tenemos los enlaces iónicos, covalentes y enlaces metálicos. Enlaces secundarios; al ser entre moléculas, tienen una menor energía de unión en comparación con los enlaces primarios, a este grupo pertenecen las Fuerzas de Van der Waals, Puentes de Hidrógeno, y Fuerzas de dispersión o de London (18).

Para que la adhesión se produzca de forma adecuada se deben tener en consideración los factores de adaptación, energía superficial, tensión superficial, humectancia y el ángulo de contacto; estos tienen influencia directa en ella (19).

2.1 ADHESIÓN A TEJIDOS DENTARIOS

En primer lugar tenemos al esmalte, que es el tejido más mineralizado y por lo tanto más duro de nuestro cuerpo. Está compuesto mayoritariamente de hidroxapatita, $[Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2]$ en un 95%, seguido de agua (4%) y finalmente colágeno (1%). Este tejido recubre toda la corona anatómica de las piezas dentarias, y se extiende desde el límite amelo-dentinario hasta la superficie externa, su unidad constitutiva se denomina prisma, cuyo diámetro varía entre los 4 μm y los 6 μm (18,19).

La adhesión a esmalte está en estrecha relación con el acondicionamiento de su superficie, el que busca cambiar una superficie lisa y suave, por una rugosa y áspera y así aumentar su superficie de contacto y energía superficial. El acondicionamiento de superficie más comúnmente utilizado se realiza con ácido ortofosfórico en concentraciones que van desde el 35% al 40%, siendo la de 37% la más utilizada. Este grabado de la superficie produce distintos patrones de desmineralización, los que se han clasificado de la siguiente forma (18,19).

Tipo I; desmineraliza preferentemente el centro de los prismas, quedando la periferia relativamente intacta. Tipo II; desmineraliza en su mayoría la periferia de los prismas, de forma inversa al patrón anterior. Tipo III; la desmineralización afecta independientemente al centro de los prismas y a la periferia, por lo que se obtiene un patrón irregular (18).

Otro tejido presente en el diente es la dentina, la que forma parte mayoritaria de la estructura, se encuentra en el centro y está constituida por la matriz dentinaria calcificada y las prolongaciones odontoblásticas, las cuales presentan un trayecto sinuoso a lo largo de todo su recorrido, además mientras más cercanos a la pulpa, mayor es su diámetro y su

cantidad. Este tejido está constituido mayormente por estructura inorgánica (70%), en proporción le sigue la materia orgánica (18%) y finalmente el agua que está en menor proporción (12%). La dentina está estructurada según el grado de calcificación en dos áreas diferentes: la dentina peritubular y la intertubular (19).

Dentina Peritubular; zona anular que rodea el espacio canalicular, su grosor es menor a 1 μm , su contenido mineral es alto y presenta escasas fibras colágenas. Esta estructura forma parte de la pared de los túbulos dentinarios. Dentina Intertubular: zona ubicada por fuera de la dentina peritubular y que constituye la mayor parte de este tejido, presenta numerosas fibras de colágeno (19).

Es importante destacar otra entidad que si bien no es parte estructural del diente, se formal tratarlo con instrumentos de corte tanto rotatorios como manuales y se denomina barro dentinario, que juega un rol tan importante en la adhesión como los tejidos anteriormente mencionados. Se define como una película compuesta por elementos orgánicos e inorgánicos sobre la superficie dentinaria a partir de los procedimientos de corte y que tiene un espesor en el rango de 0.5 μm a 5 μm . Si el barro dentinario no es eliminado ocluye los túbulos dentinarios, actuando como una barrera (18-20).

A lo largo de los años, la Odontología restauradora ha ido incorporando distintos tipos de materiales, y hoy en día los de tipo adhesivos y estéticos han cobrado gran relevancia debido a sus favorables propiedades tanto para el clínico, como para los pacientes. Dentro de este tipo de materiales podemos encontrar las Resinas Compuestas, ionómeros de vidrios y cementos con elementos bioactivos (18).

Los continuos desarrollos de nuevos materiales y técnicas que promueven una adhesión efectiva entre los materiales restaurativos y las estructuras dentales duras, han sido el foco de atención de varios grupos de investigación. Las fuerzas de adhesión consistentes obtenidas en el sustrato del esmalte en 1955 por Buonocore luego del grabado ácido de la superficie del esmalte, no se observaron para la dentina con el uso de sistemas adhesivos dentinarios de la primera y segunda generación (16-18).

Sin embargo, con la introducción de la tercera y subsecuentes generaciones de sistemas adhesivos, se han observado para la dentina valores de fuerza adhesiva satisfactorios. No obstante, las fuerzas de adhesión en la dentina no han sido tan confiables como aquellas encontradas en el esmalte (16-18).

Los problemas relacionados a materiales compuestos y sistemas adhesivos han resultado en la indicación del uso de cementos ionómero de vidrio como material restaurativo en situaciones clínicas que soportan bajo estrés y como material de recubrimiento. Los CIV muestran varias ventajas clínicas al ser comparados con otros materiales restaurativo, incluyendo adhesión química a las estructuras dentales, emisión de fluoruro y bajo coeficiente de expansión térmica. El mecanismo de adhesión de los ionómero de vidrio se basa en la formación de una unión entre los grupos carboxilo de ácido poliacrílico con hidroxapatita a nivel de la superficie del diente (16-18).

A pesar de las interacciones químicas entre el ionómero de vidrio y la dentina, los valores de fuerza de adhesión de este material continúa siendo bajo cuando se compara con la fuerza de adhesión de los sistemas adhesivos a la dentina y el esmalte luego de grabado ácido de ambos sustrato. Con la introducción de los cementos ionómero de vidrio modificados por resina, que incorporaron una matriz resinosa en su composición, se ha presentado un nuevo interés en la capacidad adhesiva de dichos materiales restaurativos a la estructura dental (19).

Una modificación química en la composición del ionómero de vidrio ha dado como resultado varias ventajas del materia sin deteriorar sus propiedades de capacidad adhesiva y emisión de fluoruros (19).

2.2 ADHESIÓN DEL IONÓMERO DE VIDRIO

La adhesión de los ionómeros de vidrio a la superficie del diente es una ventaja clínica importante. Los ionómeros de vidrio se preparan a partir de poli (ácido acrílico) o polímeros relacionados y se sabe que esta sustancia promueve la adhesión, debido a la adhesión del cemento de policarboxilato de zinc. La ventaja conferida por su adhesión fue

explotada hace muchos años, cuando se propusieron ionómeros de vidrio para la reparación de lesiones de erosión cervical y como selladores de fosas y fisuras (20-25).

La adhesión tiene lugar en varias etapas. Primero, la aplicación de la pasta de cemento fresca permite que se humedezca adecuadamente la superficie del diente. Esto es impulsado por la naturaleza hidrofílica tanto del cemento como de la superficie del diente. La adhesión se desarrolla rápidamente, debido a la formación de enlaces de hidrógeno entre los grupos carboxilo libres del cemento y el agua unida en la superficie del diente (20-25).

Estos enlaces de hidrógeno se reemplazan lentamente por enlaces iónicos verdaderos formados entre los cationes en el diente y los grupos funcionales aniónicos en el cemento. Esto resulta en la formación lenta de una capa de intercambio iónico entre el diente y el cemento. (21).

En la clínica, la superficie del diente se prepara para la unión mediante el acondicionamiento, un proceso que consiste en tratar la superficie del diente recién cortada con una solución de ácido de poli (ácido acrílico) acuoso al 37% durante 10 a 20 s, seguido de enjuague. Esta técnica elimina la capa de frotis y abre los túbulos dentinarios, y también desmineraliza parcialmente la superficie del diente (22).

Por lo tanto, la adhesión de los cementos de ionómero de vidrio se puede atribuir a dos fenómenos interrelacionados: retención micromecánica, causado por los ionómeros de vidrio que se auto-graban debido al componente poliácido y la unión química, que implica la formación de enlaces iónicos entre los grupos carboxilato en las moléculas poliácidas y los iones de calcio en la superficie del diente (22,23).

Los estudios muestran que la falla de un cemento de ionómero de vidrio es generalmente cohesiva, es decir, ocurre dentro del cemento, en lugar de en la interfaz. Como resultado, los valores de unión obtenidos en experimentos no son en realidad medidas de la resistencia adhesiva del adhesivo, sino de la resistencia a la tracción del

cemento. Esta resistencia es relativamente baja en especímenes recién preparados, pero aumenta a medida que los cementos maduran. La consecuencia de esto es que los valores citados en la literatura no son las verdaderas medidas de la resistencia adhesiva de los cementos de ionómero de vidrio (22-24).

El uso de ácido fosfórico exige la técnica de dentina hidratada para evitar la desintegración de las fibras de colágeno expuestas y consecuentemente una mejor difusión de los monómeros hidrofílicos en la superficie de la dentina acondicionada, han mostrado la presencia de cuerpos esféricos a lo largo de la interfase ionómero de vidrio-dentina cuando este material se aplica en dentina hidratada, lo cual tiene una importante implicación en la unión adhesiva (18-24).

La adhesión es importante porque ayuda a la retención de los cementos de ionómero de vidrio en el diente y también reduce o elimina las fugas marginales. Esto significa que los microorganismos dañinos no pueden ingresar al espacio bajo la restauración para promover la descomposición (24,25).

3. MICROSCOPIA ELECTRÓNICA

El ojo humano puede distinguir dos puntos separados a 0,1 mm., lo anterior se conoce como el poder de resolución del ojo humano. Si los dos puntos estuviesen más cerca, el ojo vería una única imagen borrosa. Instrumentos como la lupa o los microscopios ópticos pueden ser utilizados para magnificar esta distancia, con lo cual, son observables detalles separados por distancias mucho menores que el valor mencionado con anterioridad (25)

El microscopio óptico utiliza instrumentos con radiaciones diferentes a la luz visible para formar la imagen. En la década de 1920 se comprobó que un haz de electrones acelerados en el vacío, además de recorrer trayectorias rectas, se comportaba también como una onda similar a la luz visible caracterizada por una longitud de onda 100.000 veces más pequeña (25)

Un haz de electrones acelerados por un alto potencial eléctrico (25.000 Voltios) constituye la fuente de radiación de un microscopio electrónico de barrido por sus siglas en inglés SEM por Scanning Electron Microscope (26).

Actualmente un microscopio electrónico de barrido muestra una resolución de unos 4 nanómetros con magnificaciones de hasta 300.000x. Se obtienen imágenes de todo tipo de materiales estructurales o de material biológico con un mínimo de preparación previa y observar directamente todo tipo de superficies con una gran profundidad de foco (26).

Para esto solamente es necesario asegurar que las muestras sean limpias, secas, resistentes al alto vacío del instrumento y buenas conductoras eléctricas. Si se trata de observar un material no conductor, normalmente se recubren las muestras con una delgada capa metálica, por ejemplo el oro, o desecando previamente las muestras que tuviesen altos contenidos de vapor de agua (27).

Las imágenes de un microscopio electrónico se obtienen mediante la detección, procesamiento y visualización de las señales resultantes de las interacciones entre un haz de electrones de alta energía con la materia. Estas interacciones pueden proporcionar información sobre topografía, composición y estructura cristalográfica (27, 28).

Todos los microscopios electrónicos de barrido constan de un cañón electrónico en una columna de alto vacío, del orden de 10^{-5} mm de Hg, en la cual se genera un haz de electrones de alta energía (5 - 30 kV). Este haz es colimado por una serie de lentes electrónicas y focalizado sobre la muestra analizada. Los detectores registran las señales originadas por la interacción entre el haz de electrones y la muestra, que son procesadas y visualizadas en el sistema final de observación monitor o pantalla de computadora (27, 28).

A diferencia de una imagen óptica, el microscopio electrónico de barrido no forma una imagen real del objeto sino que construye una imagen virtual a partir de alguna de las señales emitidas por la muestra, se basan en el principio de la imagen de la cara del bloque,

es decir, que la superficie de un bloque de células o tejido incrustado en plástico se imagen, luego se secciona y se vuelve a formar una imagen (27,28).

El proceso puede ejecutarse de manera automatizada para recopilar cientos de imágenes en serie. Usando el SEM a bajas energías de electrones, la profundidad de la imagen electrónica se limita a los pocos nm superiores de la cara del bloque, lo que garantiza una alta resolución (28).

El microscopio electrónico de barrido ambiental (ESEM) es otro instrumento óptico de electrones que permite el examen de las superficies de especímenes blandos, hidratados, no fijados, no recubiertos y eléctricamente aislantes con profundidad de campo y aumentos a los que típicamente ofrece SEM (29,30)

La capacidad del ESEM para proporcionar información tridimensional de superficies de material biológico a granel en su estado natural y para variar las condiciones ambientales dentro de la cámara de muestras, presión de gas y temperatura de muestra, ha abierto nuevos campos de aplicación en las ciencias materiales orientadas médicamente (29,30)

La tecnología ESEM no necesita condiciones de alto vacío ni pasos de preparación que consuman mucho tiempo y produzcan artefactos, como la fijación química, los procesos de secado con solventes orgánicos o el punto crítico de secado con CO₂. Rodeadas por una atmósfera de vapor al 100%, las estructuras biológicas pueden unir y preservar enlaces estructurales o agua asociada en sus superficies incluso a bajas presiones de trabajo en la cámara de muestras; además, es posible enfriar la muestra y manipular la presión del vapor de agua, lo que permite la variación específica de los efectos de carga y la calidad de la imagen (29,30).

El logro de una unión constante y confiable sin espacios entre la dentina - esmalte y las interfaces adhesivas y/o compuestas, es de suma importancia en odontología, pero es difícil de lograr. Una razón es que los adhesivos, responsables del contacto mecánico entre los materiales compuestos y las superficies hidratadas de dentina- esmalte, a menudo están insuficientemente polimerizados (29,30).

Esto se debe principalmente a la presencia de saliva, una mezcla de enzima y agua, oxígeno y líquido de dentina en las superficies de los dientes, donde tendrá lugar la unión de las combinaciones adhesivo, imprimación. Otra razón para una polimerización insuficiente es la accesibilidad restringida para la luz ultravioleta y el calor, que inicia el proceso de polimerización (29,30).

Otro problema es la formación de espacios entre los diferentes materiales dentales hidratados, dentina y esmalte, y los materiales compuestos durante el proceso de polimerización, debido a un proceso de contracción (29,30)

Uno de los propósitos de la tecnología microscópica sea SEM Ó ESEM, en el área de la odontología es poder obtener imágenes y analizar las interfaces entre las estructuras de esmalte y dentina y los materiales poliméricos aplicados artificialmente, mejorando los protocolos adhesivos, materiales dentales y el tiempo en boca de las restauraciones adhesivas (30).

JUSTIFICACIÓN

El estudio de las propiedades adhesivas de los materiales dentales es de mucha importancia porque durante la masticación se producen distintos esfuerzos que actúan sobre ellos, logrando desalojar el material restaurador. El conocimiento sobre estos, permitirá realizar procedimientos más seguros, establecer ventajas y limitaciones de los mismos, estandarizar protocolos clínicos, para que así el profesional tome la mejor decisión al momento de elegir el material a utilizar de acuerdo a la necesidad clínica presente.

Este estudio aportará conocimiento actualizado sobre los cementos de ionómero de vidrio, corroborando la información sobre sus propiedades, características, tiempo de fraguado, manipulación e indicaciones, descrita por el fabricante del producto y por estudios realizados con anterioridad.

De igual manera, permitirá al odontólogo discernir y elegir los pasos previos para el acondicionamiento de la superficie, de acuerdo al sustrato dental en el cual se aplique. Así mismo, da a conocer los protocolos a seguir, para aplicarlos en la práctica clínica con el objetivo de realizar un tratamiento duradero, con éxito y evitará complicaciones futuras.

Al evaluar las propiedades adhesivas, se conocerá cuales son los efectos y la efectividad de los agentes acondicionadores, con la finalidad para mejorar la adhesión y proporcionar la longevidad en boca de los ionomeros de vidrios como materiales restaurativos.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la interfaz del ionómero de vidrio y la dentina, utilizando dos agentes de grabado ácido, mediante microscopía electrónica de barrido (MEB).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Evaluar la interfaz entre diente-ionómero de vidrio, con tratamiento de las superficies con ácido fosforico al 37%
2. Evaluar la interfaz de adhesión entre diente-ionómero de vidrio, con tratamiento de las superficies con ácido poliacrílico.
3. Comparar el ácido poliacrílico con el ácido fosfórico como agentes grabadores para el acondicionamiento de la dentina.

MATERIAL Y MÉTODOS

DISEÑO

Es un estudio de tipo experimental *in vitro*.

VARIABLES Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Nombre de la variable	Tipo de variable	Indicador	Escala de medición	Objetivo por cumplir	Análisis estadístico
Grado de adhesión	Dependiente	Grado de unión de dos superficies de sustancias iguales o diferentes cuando entran en contacto, y se mantienen juntas por fuerzas intermoleculares.	Cualitativa Ordinal Calidad de la interfaz 0 – Ausencia de hueco con la interfaz siendo organizada y continuas. 1 – Presencia parcial de brechas e interfaz parcial organizada, presente en menos del 50% de la interfaz. 2 – Presencia de brechas e interfaz desorganizada, presente en más del 50% de la interfaz.	1,2,3,4	Descriptiva

			<p>Formación de tags</p> <p>0 – No detectable</p> <p>1 – Algunos tags visibles</p> <p>2 - Formación uniforme de tags con pocas ramas laterales.</p> <p>3 - Formación de tags largas con muchas ramas laterales.</p>		
Agente grabador	Independiente	Material que crear microporosidades en la estructura dentaria, tanto en esmalte como en dentina.	<p>1 – Ácido poliácrico</p> <p>2 – Ácido fósforico</p>	2,3,5	Descriptiva
Sustrato	Independiente	Esmalte; capa dura, delgada y translúcida de sustancia calcificada que envuelve y protege la dentina del aspecto coronal del diente. Es la sustancia más	<p>Cualitativa Nominal</p> <p>1 – Esmalte</p> <p>2 – Dentina</p>	1,2,3,4	Descriptiva

		dura del cuerpo. Dentina material calcáreo similar pero más duro y más denso que el hueso que comprende la masa principal del diente.			
Ionómero de vidrio	Independiente	Material de cementación o agente restaurador compuesto por un vidrio soluble en ácido, ácido poliacrílico y agua que se deposita a través de una reacción ácido-base.	Cualitativa Nominal 1 – Ionofil Molar ART (VOCO) 2 – Ketac Molar Easymix (3M) 3 – Fuji IX GP (GC)	1,2,3,4	Descriptiva

POBLACIÓN DE ESTUDIO

1.UNIVERSO

Órganos dentales premolares extraídos por motivos ortodónticos, en la Clínica de Cirugía avanzada de la Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma de Yucatán.

2.MUESTRA

30 premolares extraídos por motivos ortodónticos, en la Clínica de Cirugía avanzada de la Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma de Yucatán durante el periodo de mayo – octubre 2019.

3.CRITERIOS DE INCLUSIÓN

3.1Premolares sanos extraídos por motivos ortodonticos.

3.2Corona y raíz completa.

3.3Sin obturaciones (resina, amalgana, coronas).

4.CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

4.1Fallas en la manipulación de las muestras

4.2 Contaminación de las muestras

5.TIPO DE MUESTREO

No probabilistico por conveniencia.

METODOLOGÍA

En este estudio se utilizaron 45 premolares sanos extraídos por motivos ortodonticos. Inmediatamente después de su extracción para su desinfección y eliminación del tejido orgánico residual, se colocaron en hipoclorito de sodio a una concentración de 0.5% durante 10min. Enseguida se cepillaron para quitar toda la materia orgánica, se lavaron con abundante agua y se conservaron en recipientes de vidrio estériles, inmersos en agua destilada, en refrigeración, hasta su uso para la preparación de las muestras de estudio (31,32).

PREPARACIÓN DE MUESTRAS

Se realizaron las cavidades Clase I de Black en la cara oclusal de cada premolar de 3mm de largo, ancho y profundidad con fresas diamantadas, de grano grueso, de punta redonda. Todas las cavidades se desinfectaron con Clorexhidina al 2%, mediante torundas pequeñas de algodón, bajo fricción durante 30 segundos (31,32).

CONFORMACIÓN DE GRUPOS

Se conformaron tres grupos principales, y de cada grupo tres subgrupos, formando un total de 9, se realizo de manera aleatorizada:

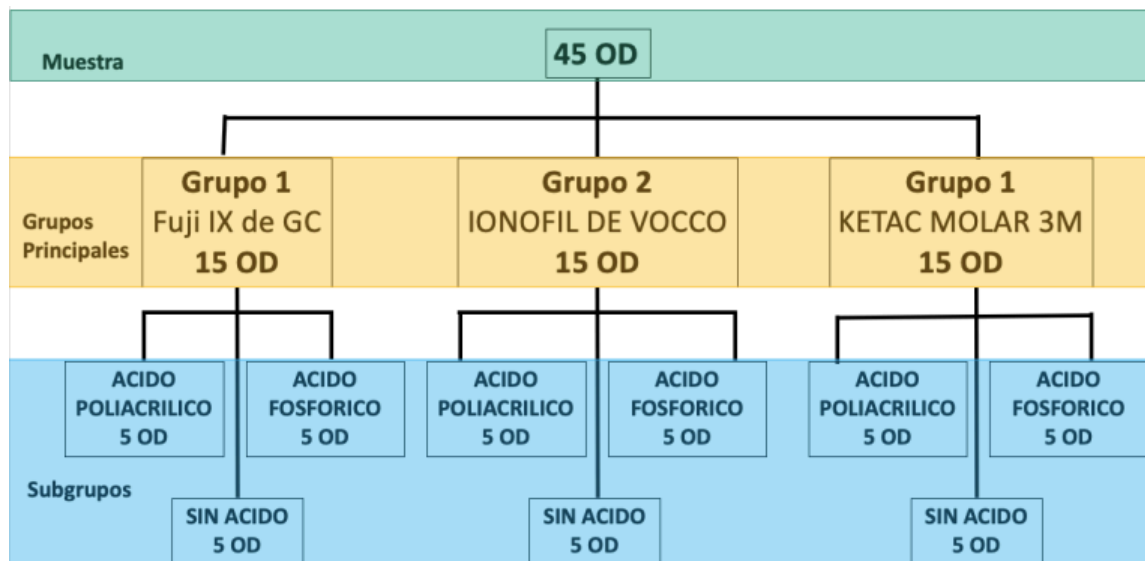


Figura 1. Esquema de la conformación de grupos y subgrupos.

GRUPO 1: Estara conformado por 15 premolares sanos. A su vez se dividió en tres subgrupos con 5 premolares cada uno.

Para el primer subgrupo, se colocó el ionomero de vidrio en las cavidades siguiendo las instrucciones del fabricante, sin acondicionar la dentina.

Para el segundo subgrupo, las cavidades se acondicionaron con ácido poliacrílico, se aplicó con un microbrush en dentina durante 10 segundos. Posteriormente se enjuagaron las cavidades con agua, retirando generosamente el excedente de la misma usando una

torunda de algodón con el objetivo de dejar la dentina lo más húmeda posible y así tener mejor adhesión del cemento de ionómero de vidrio.

Para el tercer subgrupo, las cavidades se acondicionaron con ácido fosfórico al 37%, se aplicó con un microbrush en dentina durante 15 segundos. Posteriormente se enjugaron las cavidades con agua, retirando generosamente el excedente de la misma usando una torunda de algodón con el objetivo de dejar la dentina lo más húmeda posible y así tener mejor adhesión del cemento de ionómero de vidrio.

Finalmente, a las 15 cavidades, se colocó el cemento de ionómero de vidrio Ketac Molar Easymix de la casa comercial 3M, el cual se manipuló de acuerdo a las instrucciones del fabricante. Aplicando inmediatamente una capa vaselina, para contrarrestar la humedad.

GRUPO 2: Estará conformado por 15 premolares sanos. A su vez se dividió en tres subgrupos con 5 premolares cada uno.

Para el primer subgrupo, se colocó el ionómero de vidrio en las cavidades siguiendo las instrucciones del fabricante, sin acondicionar la dentina.

Para el segundo subgrupo, las cavidades se acondicionaron con ácido poliacrílico, se aplicó con un microbrush en dentina durante 10 segundos. Posteriormente se enjugaron las cavidades con agua destilada, retirando generosamente el excedente de la misma usando una torunda de algodón con el objetivo de dejar la dentina lo más húmeda posible y así tener mejor adhesión del cemento de ionómero de vidrio.

Para el tercer subgrupo, las cavidades se acondicionaron con ácido fosfórico al 37%, se aplicó con un microbrush en dentina durante 15 segundos. Posteriormente se enjugaron las cavidades con agua, retirando generosamente el excedente de la misma usando una torunda de algodón con el objetivo de dejar la dentina lo más húmeda posible y así tener mejor adhesión del cemento de ionómero de vidrio.

Finalmente, a las 15 cavidades, se les colocó el cemento de ionómero de vidrio Fuji IX de la casa comercial GC, se manipulo de acuerdo a las instrucciones del fabricante. Aplicando inmediatamente una capa vaselina, para contrarrestar la humedad.

GRUPO 3: Estará conformado por 15 premolares sanos. A su vez se dividió en tres subgrupos con 5 premolares cada uno.

Para el primer subgrupo, se colocó el ionómero de vidrio en las cavidades siguiendo las instrucciones del fabricante, sin acondicionar la dentina.

Para el segundo subgrupo, las cavidades se acondicionaron con ácido poliacrílico, se aplicó con un microbrush en dentina durante 10 segundos. Posteriormente se enjugaron las cavidades con agua, retirando generosamente el excedente de la misma usando una torunda de algodón con el objetivo de dejar la dentina lo más húmeda posible y así tener mejor adhesión del cemento de ionómero de vidrio.

Para el tercer subgrupo, las cavidades se acondicionaron con ácido fosfórico al 37%, se aplicó con un microbrush en dentina durante 15 segundos. Posteriormente se enjugaron las cavidades con agua destilada, retirando generosamente el excedente de la misma usando una torunda de algodón con el objetivo de dejar la dentina lo más húmeda posible y así tener mejor adhesión del cemento de ionómero de vidrio.

Finalmente, a las 15 cavidades, se colocó el cemento de ionómero de vidrio Ionofil Molar ART de la casa comercial VOCCO, se manipulo de acuerdo a las instrucciones del fabricante. Aplicando inmediatamente una capa vaselina, para contrarrestar la humedad.

APLICACIÓN DEL MATERIAL RESTAURADOR

Todas las cavidades de los 30 premolares, fueron restauradas con el sistema de Resina Tetric N-Collection System Kit / Tetric N-bond de la casa Ivoclar Vivadent, siguiendo las instrucciones del fabricante (31,32).

ALMACENAMIENTO DE LAS MUESTRAS

Después de la restauración, las muestras se almacenaron en agua desionizada a temperatura constante de 37°C en una incubadora, en nueve frascos claramente identificados para cada subgrupo, hasta el momento de su análisis en el Microscopio Electrónico de Barrido (MEB) (31,32).

PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS PARA EL MEB

Se seccionaron las coronas de todos los premolares, en sentido vestibulo – lingual hasta la unión cemento – esmalte, obteniéndose a su vez dos partes de cada muestra. Las muestras fueron seccionadas con discos de diamante rotatorios. Las dos partes de cada muestra, fueron pulidas con lijas de agua, disminuyendo del grano grueso hasta el mas fino (31,32).

Al obtener dos partes de las muestras, estas fueron separadas y clasificadas de igual manera, de acuerdo al subgrupo al que pertenecen. En la siguiente tabla se resumen el tratamiento que recibieron ambas partes de las muestras para poder ser observadas en el Microscopio Electronico de Barrido.

PRIMERA MITAD DE LOS SUBGRUPOS: OBSERVAR INTERFAZ	SEGUNDA MITAD DE LOS SUBGRUPOS: OBSERVAR LOS TAGS
Se grabaron todas las muestras ácido fosfórico al 37% durante 15 segundos, se enjuagaron durante 30 segundos y se secaron con aire sin aceite con una perilla.	Se almacenaron en ácido clorhídrico al 36% durante 24 hrs hasta disolver totalmente el sustrato dental, transcurrido este tiempo se lavaron con abundante agua.
Se sumergieron en una solución de hipoclorito de sodio al 5,25% durante 20 minutos, se lavaron completamente con agua corriente durante 5 minutos	Se introdujeron en hipoclorito de sodio al 2% por 20 min
Se sumergir en concentraciones ascendentes de etanol (50%, 75% y 95%) durante 20 minutos cada una y 100% durante 1 hora.	Se sumergir en alcohol para deshidratar, en concentraciones de 25, 50, 75, 80, 90, 95 y 100% sucesivamente con duración de 10 min cada baño

Todas las muestras fueron sometidas al proceso de galvanización con una capa de oro en una metalizadora.

Las muestras metalizadas fueron introducidas en el Microscopio Electrónico de Barrido, del cual se obtuvieron fotografías en varias magnificaciones (33, 600, 1200 y 3000). Las fotografías fueron observadas en la pantalla del MEB, de igual forma se corrió un análisis de composición química.

FABRICACIÓN DE PASTILLAS DE IONÓMERO DE VIDRIO

Para completar el estudio, se elaboraron tres pastillas de cada uno de los tres ionómeros de vidrio Ketac Molar EasyMix de 3M, Fuji IX de GC y Ionofil Molar de Vocco.

Se preparó una mezcla de cada ionómero por separado, y cada mezcla fue colocada en un molde de forma circular de silicona, se esperó el tiempo de fraguado de cada ionómero de vidrio, siguiendo las instrucciones de cada fabricante.

Una vez que todos los ionómeros habían endurecido, se retiraron las pastillas, y fueron colocadas en tubos de ensayo con agua ionizada, para evitar su deshidratación, se almacenaron en la incubadora a 37°C por 24 hrs.

Posteriormente, las pastillas de cada ionómero de vidrio, fueron sometidas al proceso de galvanizado con oro. Luego se observaron en el MEB, y se corrió un análisis de composición química.

Toda la parte experimental que comprende la preparación y análisis de las muestras, fue realizada en las instalaciones del Laboratorio de Nanobiomateriales dentales de la Facultad de odontología de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, durante el periodo del 14 de octubre al 14 de noviembre del 2019. Los datos de las microfotografías, se anotaron en la hoja de recolección de datos Anexo 1.

Todas las imágenes de la secuencia de la preparación de las muestras y su procesamiento se encuentran en el Anexo 2.

ASPECTOS ÉTICOS

La presente investigación se basa en los principios éticos de Helsinki. Entre algunos de los principios básicos están:

1. Qué la investigación médica es deber del médico proteger la vida, la salud, la intimidad y la dignidad del ser humano
2. Todo proyecto de investigación médica en seres humanos debe de ser precedida de una cuidadosa comparación de los riesgos calculados con los beneficios previsibles para el individuo o para otros. Esto no impide la participación de voluntarios sanos en la investigación médica. El diseño de todos los estudios debe estar disponible al público.
3. La investigación médica en seres humanos solo debe realizarse cuando la importancia de su objetivo es mayor que el riesgo inherente y los costos para el individuo.
4. La investigación médica solo se justifica si existen posibilidades razonables de que la población, sobre la que se realiza la investigación, podrá beneficiarse de sus resultados.

MÉTODOS DE MEDICIÓN Y ESTANDARIZACIÓN

Los datos fueron registrados y organizados en bases de datos en hojas de Excel, tablas y gráficas. Se utilizó un análisis de varianza de dos vías ANOVA y prueba de Test de Tukey complementario para determinar la significancia estadística.

Las pruebas estadísticas serán consideradas significativas cuando $p < .001$. El paquete estadístico utilizado fue SPSS V.24.

Se empleo la siguiente fórmula estadística:

$$\gamma = \mu + \tau + \beta + (\tau\beta) + \varepsilon$$

$$\gamma = \text{Interfaz}$$

$$\tau = \text{condición}$$

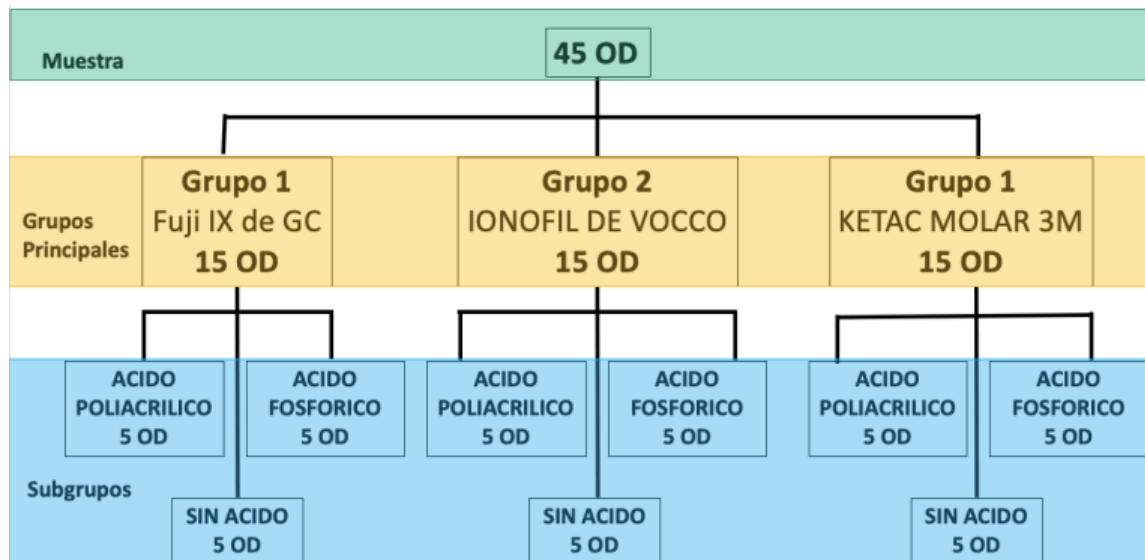
$$\beta = \text{ionómero}$$

$$\tau\beta = \text{interacción}$$

Las imágenes obtenidas por el Microscopio Electrónico de Barrido (MEB) se obtuvieron mediante la detección, procesamiento y visualización de las señales resultantes de las interacciones entre un haz de electrones de alta energía con la materia. Gracias a estas interacciones, se tomaron las microfotografías. Dicha visualización se observó en la pantalla de la computadora, del MEB. Posteriormente se archivaron las microfotografías en carpetas, para su análisis.

RESULTADOS

En este estudio se utilizaron 45 premolares sanos extraídos por motivos ortodónticos. Agrupados en 3 grupos principales, y cada grupo principal se subdividió en 3 subgrupos, siendo en total 9 subgrupos. Esta subdivisión se muestra en el siguiente esquema, para su mejor comprensión.



Se empleó el siguiente índice, para evaluar la Calidad de la interfaz de adhesión:

0 - Ausencia de hueco con la interfaz siendo organizada y continua.

1 - Presencia parcial de brechas e interfaz parcial organizada, presente en menos del 50% de la interfaz.

2 - Presencia de brechas e interfaz desorganizada, presente en más del 50% de la interfaz.

Para analizar el efecto del ionómero y la condición de presencia y el tipo de ácido utilizado en el acondicionamiento de la dentina, para evaluar la interfaz, se realizó una ANOVA de dos vías, considerando adicionalmente la posible interacción entre el ionómero de vidrio y la presencia de ácido poliacrilico o ácido fosforico.

Como se observa en la Tabla 1, señala que al menos una de las dos variables (acondicionamiento de la dentina con ácido poliacrilico y acondicionamiento de la dentina con ácido fósforico) es significativa para explicar la calidad de la interfaz entre el iónomero de vidrio y la dentina ($F = 6.217$; $p < .001$), explicando hasta un 58% de la varianza. Tal como se observa, únicamente la condición de acondicionamiento de la dentina con uno de los ácidos, fue significativa ($F = 1.06$; $p < .001$).

Origen	Tipo III de suma		Media		
	de cuadrados	gl	cuadrática	F	Sig.
Modelo	16.578 ^a	8	2.072	6.217	.000
Intersección	85.422	1	85.422	256.267	.000
Ionómero	.711	2	.356	1.067	.355
Condición	13.644	2	6.822	20.467	.000
Ionómero x Condición	2.222	4	.556	1.667	.179
Error	12.000	36	.333		
Total	114.000	45			
Total corregido	28.578	44			

a. R al cuadrado = .580 (R al cuadrado ajustada = .487)

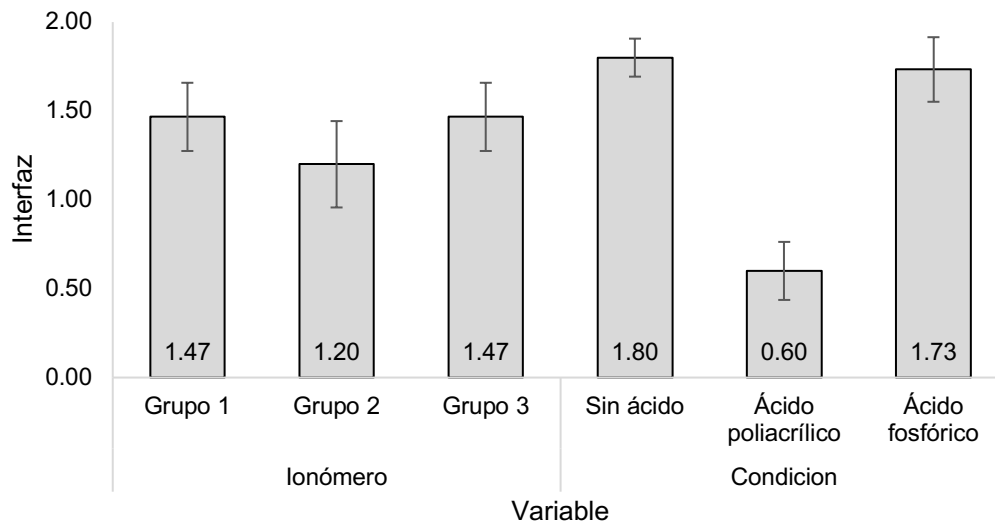
Tabla 1. Anova de dos vías

Sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en función del tipo de ionómero utilizado, y tal como se observa en la Grafica 1, la calidad de la interfaz es similar para los tres tipos de ionómero utilizados.

Posteriormente, se realizó una prueba de comparación múltiple de Turkey, para identificar cual de las condiciones de presencia de ácido, es decir, cual acondicionamiento de la dentina con ácido fosfórico y ácido poliacrilico, fue la que presentó las diferencias.

Tal como se observa en la Grafica 1, el acondicionamiento con ácido poliacrílico, fue el que presento mejor calidad de interfaz tanto cuando se comparó con el grupo sin ácido ($d = -1.20$; $p < .001$), como con el grupo con acondicionamiento de dentina con ácido fosfórico ($d = -1.13$; $p < .001$).

No se encontraron diferencias en la calidad de la interfaz entre el grupo sin ácido y con ácido fosfórico ($d = -.066$; $p = .946$).



Grafica 1. Correlación de Variables.

Por lo tanto, el acondicionamiento de la dentina con ácido poliacrílico, mostro una mejor calidad de la interfaz, siendo esta organizada y contrinua, por lo tanto una mejor adhesión, independientemente a la marca del ionomero de vidrio utilizado. Mientras que el acondicionamiento con ácido fósforico y sin acondicionamiento, es decir, sin ácido, mostraron una interfaz desorganizada en más del 50%, independientemente del ionomero de vidrio utilizado.

En la Figura 1, se muestra las fotografías obtenidas del Microscopio Electrónico de Barrido, donde se aprecia la interfaz de adhesión entre la dentina y los diferentes ionomeros de vidrio utilizados. En ellas se aprecia que el Ionomero de vidrio Ketack Molar Easy mix junto con el acondicionamiento de la dentina con ácido poliacrílico, muestran una interfaz continua, mientras que, en las imágenes correspondientes a sin

acondicionamiento y con acondicionamiento con ácido fosforico, muestran una interfaz desorganizada con brechas y espacios.

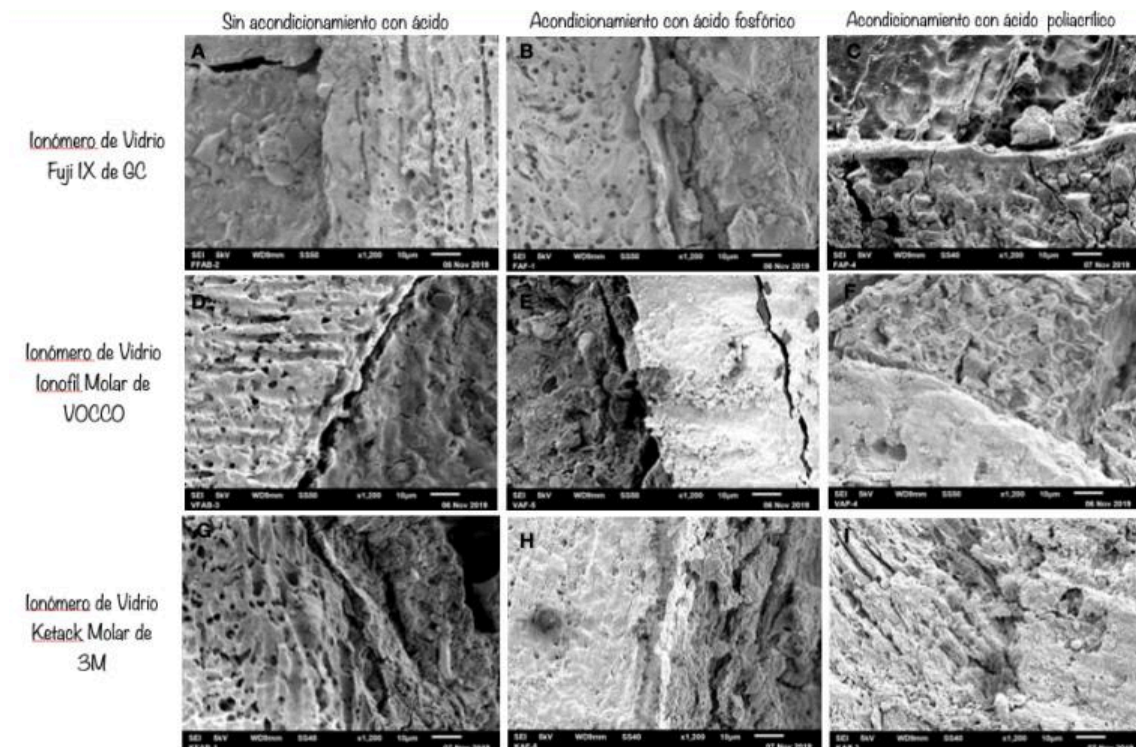


Figura 2. Microfotografías obtenidas del MEB. Se observan la microestructura de los ionómeros de vidrio Fuji IX, Ionofil Molar y Ketack Molar con la dentina, sin acondicionamiento ácido, con acondicionamiento ácido fósforico y con acondicionamiento con ácido poliacrílico.

En lo que respecta a los tags, a través de las fotografías obtenidas por el MEB, se pudo apreciar que muy poco la formación de estos, sin embargo, si hay presencia de los mismos.

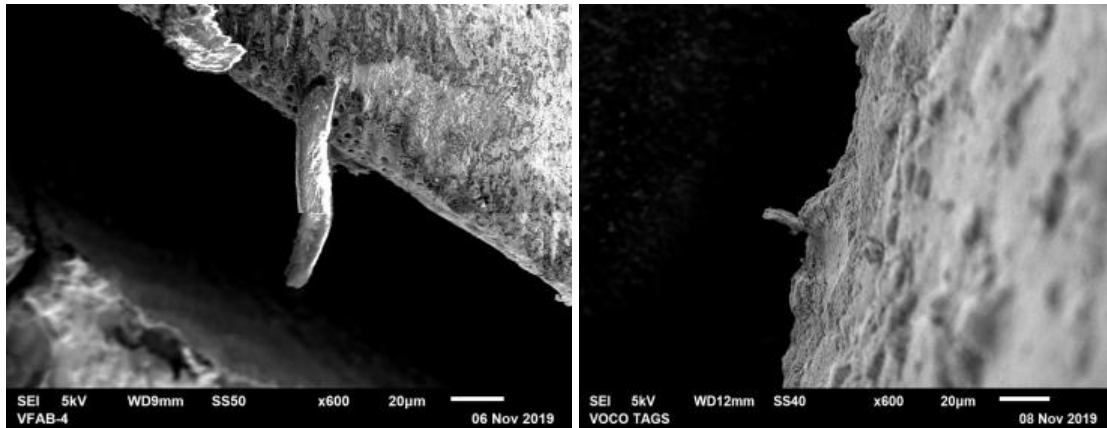


Figura 3 y 4. Microfotografías obtenida del MEB, en una de las muestras de preparada para la observación de Tags en el ionomero de vidrio Ionofil Molar de la casa comercial de VOCCO.

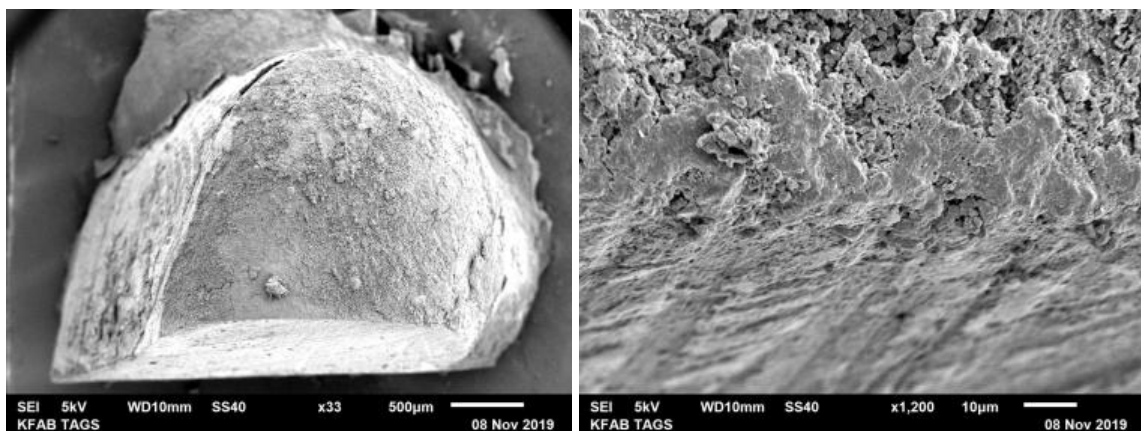


Figura 5 y 6. Microfotografías obtenida del MEB, en una de las muestras de preparada para la observación de pequeños Tags en el ionomero de vidrio Ketack Molar Easy Mix de la casa comercial de 3M.

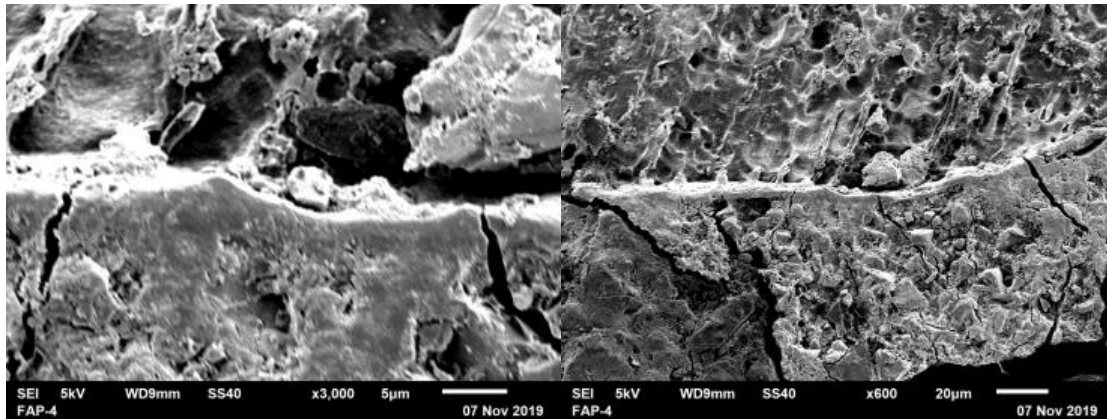


Figura 7 y 8. Microfotografías obtenida del MEB, en una de las muestras de preparada para la observación de pequeños Tags en el ionomero de vidrio Fuji IX de la casa comercial de GC.

Con respecto a las tabletas fabricadas de cada uno de los ionomeros de vidrio, es decir, Ionofil Molar de Vocco, Ketack Molar Easy Mix de 3M y Fuji IX de GC, en las cuales se observo su topografía y composición, a través del MEB y con el analisis de presencia de elementos químicos, se obtuvo lo siguiente.

El del Ionomero de Vidrio Ionofil Molar de Vocco, presento una superficie de apariencia rugosa, pero compacta, se observaron grietas en su superficie. Dentro de su analisis químico se obtuvo el siguiente conteo de elementos : C-64.5%, O-29%, Si-4.8%, P-0.6%, Br-0.3%, Cl-0.2%, Ca-0.2%, Ba-0.2%, K-0.1%, Nb-0.1%, Pt-0.1%.

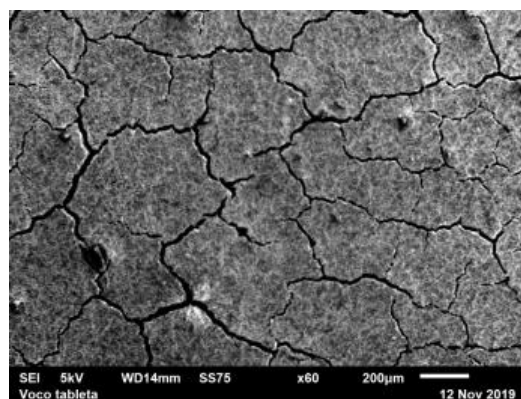


Figura 9. Microfotografía obtenida del MEB, de la tableta del Ionomero de Vidrio Ionofil Molar de Vocco.



Figura 10. Pantalla de la Computadora del MEB, realizando el analisis químico, Ionometro Ionofil Molar de Vocco.

El del Ionometro de Vidrio Ketack Molar Easy Mix, presento una superficie de apariciencia rugosa pero en menor grado con respecto a los otros dos ionometros, más compacta y con menos grietas en su superficie. Dentro de su analisis químico se obtuvo el siguiente conteo de elementos : C-38.7.5%, O-38.3%, F-8.1%, Si-4.7%, Al-4.0%, P-0.7%, Cl-0.1%, Ca-2.8%, Na-0.9%, K-0.1%.

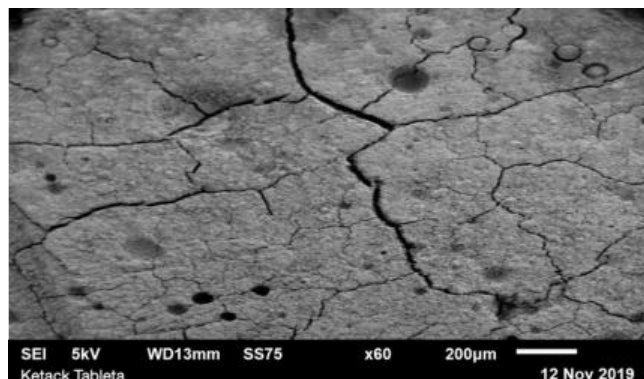


Figura 11. Microfotografía obtenida del MEB, de la tableta del Ionometro de Vidrio Ketack Molar Easy Mix, 3M.



Figura 12. Pantalla de la Computadora del MEB, realizando el análisis químico, Ionometro de Vidrio Ketack Molar Easy Mix, 3M.

El del Ionometro de Vidrio Fuji IX de GC, presento una superficie de apariencia más rugosa con respecto a los otros dos ionomeros al igual que grietas en su superficie. Dentro de su análisis químico se obtuvo el siguiente conteo de elementos : C-34.7.5%, O-46%, F-3.4%, Si-8.6%, Al-5.1%, P-0.6%, Na-1.2%, P-0.6%, W- 0.4%.

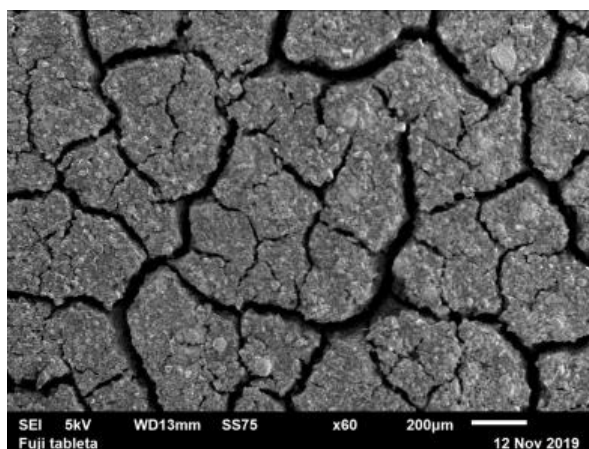


Figura 13. Microfotografía obtenida del MEB, de la tableta del Ionometro de Vidrio Fuji IX, GC.

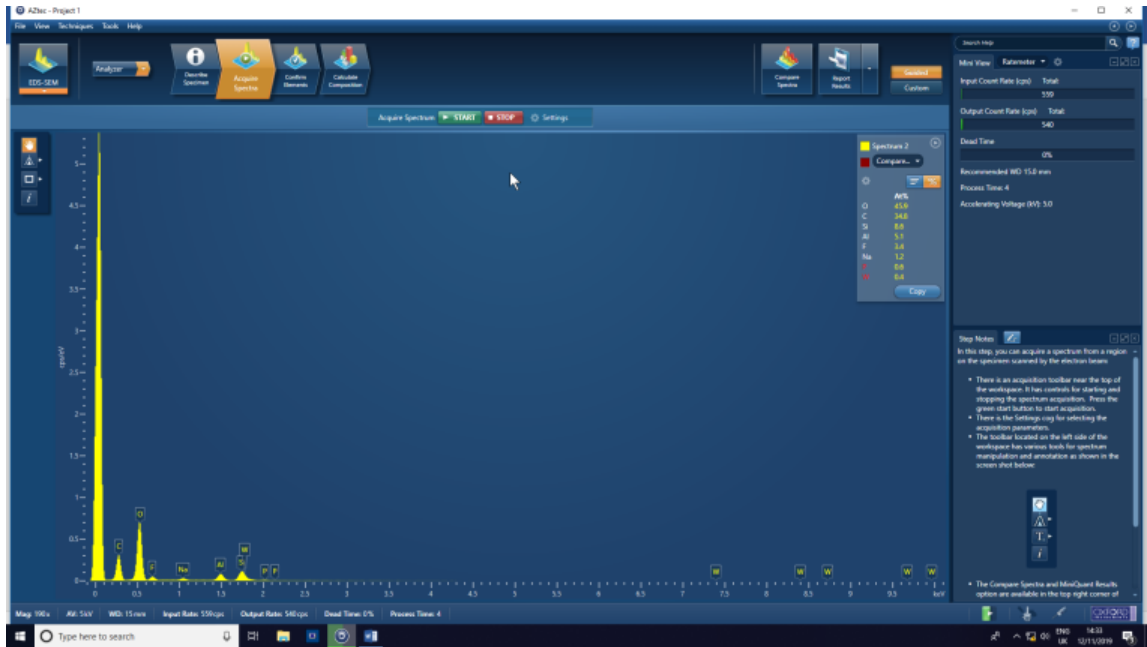


Figura 14. Pantalla de la Computadora del MEB, realizando el analisis químico, Ionometro de Vidrio Fuji IX, GC.

DISCUSIÓN

Las propiedades de los cementos de ionómero de vidrio han aumentado su uso en odontología debido a su adhesión fisicoquímica a la dentina y al esmalte, incluso en un campo húmedo sin acondicionamiento ácido. Estos materiales se unen mejor a las estructuras dentales húmedas, ya que el secado reduce la resistencia de la unión. (26)

La reacción química permite la unión a tejidos duros dentales cuando los componentes carboxílicos del cemento y el calcio presentes en los sustratos de esmalte y dentina reaccionan. (33) Sin embargo, dicho mecanismo de adhesión es débil, lo que lleva a una baja resistencia de la unión entre el GIC y la dentina. En parte, esta debilidad se debe a la presencia de una capa de frotis, que puede interferir con el mecanismo de adhesión debido a su susceptibilidad a fallar de forma cohesiva. Para superar estos inconvenientes y mejorar así la unión, se han sugerido diferentes agentes de tratamiento de superficie para eliminar la capa de frotis antes de la colocación del GIC. (34)

El papel del acondicionador probablemente implica la eliminación efectiva de la capa de frotis y proporciona una buena humectación de la superficie por el ionómero de vidrio, un requisito esencial para una unión adecuada. (35)

Pereira et al. observaron la formación de etiquetas de resina en muestras de dentina tratadas previamente con ácido poliacrílico y restauradas con Fuji II LC (Mejorado). El ácido poliacrílico fue capaz de eliminar la capa de frotis y, por lo tanto, el cemento podría penetrar en los túbulos abiertos con mayor facilidad.

La microscopía electrónica de barrido revela la capa de frotis como una capa de escombros de 1 a 2 μm con una subestructura granular que cubre completamente la dentina. Los orificios de los túbulos de la dentina están bloqueados por etiquetas de residuos, llamadas tapones de frotis, que podrían extenderse dentro del túbulo hasta una profundidad de 1 a 10 μm .

El efecto de los diferentes tiempos de grabado sobre la fuerza de unión de los cementos de ionomero de vidrio a la dentina ha sido evaluado por Tay et al.¹⁶ y Yap et al.²⁶. Informaron que el grabado de la dentina con 37 E1% de ácido fosfórico durante 15 s provoca un deterioro significativo en la unión de ionomero de vidrio a la dentina. Esto se debe a la desmineralización y la pérdida de iones de calcio más allá del nivel requerido para que se produzca con éxito la unión química entre el ionomero de vidrio y la dentina.

A la inversa, Kormaz et al. y El-Askary et al.¹ informaron que el grabado de la dentina durante 15 s no tuvo un efecto significativo en la resistencia de la unión de los cementos de ionomero de vidrio modificados con resina a la dentina. Los resultados de este estudio revelaron que el acondicionamiento de la dentina con un 37% de ácido fosfórico durante 5 segundos o con ácido poliacrilico durante 10 segundos no tuvieron efectos adversos en la unión ionomero - dentina, lo que coincidió parcialmente con los estudios previos (16).

Kormaz et al. informaron que el ácido fosfórico sigue siendo el método de acondicionamiento ideal para la unión del esmalte con Ketac Nano (Ketac N100). Sin embargo, para la dentina no hubo una diferencia significativa en la resistencia de la unión a la dentina no condicionada o acondicionada con ácido fosfórico (15 s) o láser (10 s). Uno de los inconvenientes más importantes de este estudio fue que no llevaron a cabo una evaluación micromorfológica de la interfaz unida (16).

En el estudio de El-Askary et al. concluyeron que el acondicionamiento de la dentina con ácido fosfórico al 35% (15 s) o solución de EDTA (60 s)) mejoró significativamente la resistencia al cizallamiento del Ionomero de vidrio modificado con resina (Ketac Nano) a la dentina (16)

Nosas M at al. Mencionan que las fuerzas de adhesión de los ionomeros de vidrios al esmalte y a la dentina dependen más del acondicionamiento y de las condiciones de fotopolimerización, siendo muy bajas o nulas en esmalte no grabado con ácido ortofosfórico; mientras que sobre esmalte grabado los valores de fuerza de adhesión son

similares a de los composites. El acondicionamiento de la dentina con ácido poliacrílico aumenta las fuerzas de adhesión, sin embargo el grabado ácido de la superficie dentinaria con ácido fosfórico al 35% durante 15 segundos puede disminuirlas, quizás por ser demasiado agresivo (33).

Cedillo Valencia et al. En su estudio en el cual compara cuatro marcas Ionomero de vidrio Ketac Molar, Ionofil, EQUIA FIL Y EQUIA Forte; menciona que el Ketac Molar presento una mejor a la dentina con respecto al esmalte, esto se debe a la desintegración de la dentina inorgánica, resultado del acondicionado con el ácido poliacrílico que produce fibras colágenas libres; el ionómero de vidrio impregna a esta red de fibras colágenas con las que se logra la unión y un buen sellado marginal. También menciona que el Ionofil Molar presenta de igualmente manera una integración al esmalte. En todo el perímetro de los cortes microscópicos se observo una excelente unión de este material dentro de los túbulos dentinarios y dentina intertubular con hibridación correcta a la dentina, ambos cuando se trataton previamente con un acondicionamiento de ácido poliacrilico (34).

El ácido poliacrílico también se usó como tratamiento de superficie en el estudio actual. La dentina sana previamente acondicionada con ácido poliacrílico mostró valores más altos de fuerza de unión en comparación con el grupo control. Algunos estudios, en los que se usó 25% o 10% de ácido poliacrílico, mostraron valores más altos de fuerza de unión en relación con el grupo de control.

El ácido poliacrílico también puede eliminar por completo la capa de frotis, facilitando la penetración del cemento de resina entre las fibras de colágeno para formar un complejo híbrido. Además, los iones carboxilo presentes en el ácido poliacrílico tienen la capacidad de formar múltiples enlaces de hidrógeno con el sustrato de dentina, lo que podría explicar los valores de fuerza de enlace más altos obtenidos para este grupo, con cada uno de los tres ionomeros de vidrio utilizados en este estudio.

CONCLUSIÓN

De los dos agentes acondicionantes para la dentina, el ácido poliacrílico mostro que mejora la adhesión de la dentina con el ionomero de vidrio, independiente de la marca a la que pertenece. Se observo en los tres grupos de ionomeros de vidrio en los cuales la dentina fue acondicionada con ácido poliacrílico una interfaz continua y con menos brechas, a comparación de los grupos sin acondicionamiento y con acondicionamiento de ácido fósforico.

No se observo discrepancia alguna entre los grupos de ionomero de vidrio que fueron acondicionados con ácido fósforico y sin acondicionamiento, en ambos grupos se observo una interfaz con brechas y desorganizada.

Sin embargo, es de gran importancia señalar que no hay suficientes estudios sobre la interfaz de adhesión a la dentina y este tipo de estudios sería de gran beneficio para el desarrollo de nuevos materiales, tomando en cuenta que el esmalte dental y dentina son dos tejidos completamente diferentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Mauro SJ, Sundfeld R, Bedran R, Fraga B. Fuerza de adhesión del ionómero de vidrio modificado por resina a la dentina: el efecto del tratamiento de superficie dentinal. *J Minim Interv Dent.* 2009;2(1):215-24
2. Fagundes TC, Toledano M, Navarro MF, Osorio R. Resistance to degradation of resin-modified glass-ionomer cements dentine bonds. *J Dent.* 2009;37:342-7
3. Tay FR, Smales RJ, Ngo H, Wei SH, Pashley DH. Effect of different conditioning protocols on adhesion of a GIC to dentin. *J Adhes Dent.* 2001;3:153-67
4. Di Nicoló R, Shintome LK, Myaki SI, Nagayassu MP. Bond strength of resin modified glass ionomer cement to primary dentin after cutting with different bur types and dentin conditioning. *J Appl Oral Sci.* 2007;15:459-64
5. Sidhu S, Nicholson J. A review of glass-ionomer cements for clinical dentistry. *J Funct Biomater.* 2016;7(16):2-15
6. SK Sidh. Clinical evaluations of resin modified glass-ionomer restorations. *Dental Materials.* 2010; 26(1):7:12
7. Mousavinasab SM, Khoroushi M, Keshani F, Hashemi S. Flexural strength and morphological characteristics of resin-modified glass-ionomer containing bioactive glass. *J Contemp Dent Pract.* 2011;12:41–6.
8. Khoroushi M, Mousavinasab SM, Keshani F, Hashemi S. Effect of Resin-Modified Glass Ionomer Containing Bioactive Glass on the Flexural Strength and Morphology of Demineralized Dentin. *Oper Dent.* 2013;38:1–10.

9. Mickenautsch S, Mount G, Yengopal V. Therapeutic effect of glass-ionomers: An overview of evidence. *Aust Dent J*. 2011;56:10–5.
10. Berzins DW, Abey S, Costache MC, Wilkie CA, Roberts HW. Resin-modified glass-ionomer setting reaction competition. *Journal of dental Research*. 2010; 89(1):82-6
11. Coutinho E, Cardoso MW, De Munck J. Bonding effectiveness and interfacial characterization of a nano-filled resin modified glass-ionomer. *Journal Dental Materials Reserch*. 2010; 25(11): 1347-57
12. Cardoso MV y cols. Towards a better understanding of the adhesion mechanism of resin-modified glass-ionomer by bonding to differently prepared dentin. *Journal Dental Materials*. 2010; 38(11): 921-9
13. Gill S, Mosquera S, Hoyos L, Dominguez T. Cambios en la resistencia compresiva del ionómero de vidrio al ser grabado con ácido ortofósforico. *Revista Nacional de Odontología*. 2013;9(16):67-73
14. Choi JY, Lee HH, Kim HW. Bioactive sol-gel glass added ionomer cement for the regeneration of tooth structure. *J Mater Sci Mater Med*. 2008;19:3287–94.
15. Yli-Urpo H, Närhi M, Närhi T. Compound changes and tooth mineralization effects of glass ionomer cements containing bioactive glass (S53P4), an in vivo study. *Biomaterials J*. 2005;26:5934–41
16. Korkmaz Y, Ozel E, Attar N. Influence of different conditioning methods on the shear bond strength of novel light-curing nano-ionomer restorative to enamel and dentin. *Lasers Med Sci*. 2010;25:861-6

17. Ana ID, Matsuya S, Ohta M, Ishikawa K. Effects of added bioactive glass on the setting and mechanical properties of resin-modified glass ionomer cement. *Biomaterials J.* 2003;24:3061–7.
18. Nujella BPS, Choudary MT, Reddy SP, Kumar MK, Gopal T. Comparison of shear bond strength of aesthetic restorative materials. *Contemp Clin Dent.* 2012;3(1):22-6.
19. Poggio C, Beltrami R, Scribante A, Colombo M, Lombardini M. Effects of dentin surface treatments on shear bond strength of glass-ionomer cements. *Ann Stomatol Roma.* 2014;5(1):15-22.
20. Rani S, Shipra J, Deepti J S, Gurleen K S. Comparative Evaluation of Shear Bond Strength of Various Glass Ionomer Cements to Dentin of Primary Teeth: An in vitro Study. *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry.* 2016;9(3):192-6
21. Rai N, Naik R, Gupta R, Shetty S, Singh A. Evaluating the effect of different conditioning agents on the shear bond strength of resin-modified glass ionomers. *Contemp Clin Dent.* 2017;8:604-12.
22. Hamama H, Burrow M, Yiu C. Effect of dentine conditioning on adhesion of resin-modified glass ionomer adhesives. *Australian Dental Journal.* 2014;59:193-200
23. El Wakeel AM, Elkassas D, Yousry M. Bonding of contemporary glass ionomer cements to different tooth substrates; microshear bond strength and scanning electron microscope study. *Eur J Dent.* 2015; 9:176 – 82
24. Moda MD, Fagundes TC, Briso ALF. Analysis of the bond interface between self-adhesive resin cement to eroded dentin in vitro. *PLoS ONE.* 2018;13(11):1-19

25. Vázquez LJ, Arreola G, Larriva J, Rodríguez A, Güiza EH. Medición de la capa híbrida resultante del uso de cementos autograbadores de un paso y dos pasos. *Univ Odontol.* 2018; 37(78):1-16
26. Ipohorski M, Bozzano P. Microscopía electrónica de barrido en la caracterización de materiales. *Ciencia e investigación.* ; 2013; 63(3): 43-53
27. KREMER A, LIPPENS S, BARTUNKOVA S. Developing 3D SEM in a broad biological context. *Journal of Microscopy.* 2015; 7(2): 80 -96
28. Franz N, Ahlers M, Abdullah A. Material-specific contrast in the ESEM and its application in dentistry. *J Mater Sci.* 2006; 41:4561– 7
29. Masanobu W, Kuniyuki N, Kenji M. Fine Structure of Tooth Enamel in the Yellowing Human Teeth: SEM and HRTEM Studies. *Microscopy Research and Technique.* 2016; 79:14–22
30. Abida S, Ayesha A, Muhammad K. A comparative analysis of bleached and sound enamel structure through scanning electron microscopy and atomic force microscopy. *Pak Armed Forces Med J.* 2015; 65(3): 371-3
31. Albaladejo A. Método de preparación del espécimen para evaluar la micromorfología de la interfase adhesiva resina-dentina con un microscopio electrónico de barrido. *Av. Odontoestomatol* 2007; 23 (4): 197-206.
32. Monjarás A, Zavala N, Martínez G. Sodium Hypochlorite as Fluorotic Dentin Pretreatment of two-step self-etch adhesive with silver nanoparticle: atomic force microscope and adhesive microtensil bond strength evaluation. *Hindawi Journal of Nanomaterials.* Volume 2017: 1-14
33. Nosas M, Espasa E, R. Boj J. Actualización en cementos de ionomero de vidrio en odontopediatría. *DENTUM* 2006;6(3):104-110

34. Cedillo J, Herrera A, Mancilla R. Hibridación aesmalte y dentina de los ionomeros de vidrio de alta densidad, estudio con MEB. Revista ADM 2017; 74 (4): 177-184
35. Abduo J, Swain M. Self-reparability of glass-ionomer cements: an in vitro investigation. Eur J Oral Sci 2011; 119: 187
36. Klinke et al. Trials. Clinical performance during 48 months of two current glass ionomer restorative systems with coatings: a randomized clinical trial in the field. Rev BioMed Central ; 2016; 17:239
37. Andrej M, Georg Glockner, Michael Wolgin. Systematic review on highly viscous glass-ionomer cement/resin coating restorations (Part II): Do they merge Minamata Convention and minimum intervention dentistry? QUINTESSENCE INTERNATIONAL 2017; VOLUME 48 (1); 1:10
38. Moshaverinia et al. Comparative evaluation of the physical properties of a reinforced glass ionomer dental restorative material. J Prosthet Dent 2019; 1:6
39. Friedl K, Hiller KA. Clinical performance of a new glass ionomer based restoration system: a restopective cohort study. Dent Mater. 2011 Oct; 27(10): 1031-7
40. Lohbauer U et al. Dental Glass Ionomer cements as permanent filling material? Properties, limitations and future trends. Materials 2010; 3, 76:96

ANEXOS

ANEXO 1 Hoja de recolección de datos

ANÁLISIS DE LAS MICROFOTOGRAFÍAS OBTENIDAS DEL MICRÓSCOPIO
ELECTRÓNICO DE BARRIDO

Número de muestra:			
Micrografía:	Descripción	Resolución	Sitio
Sustrato:	Esmalte	Dentina	Resina
Grado de adhesión:	0 – Ausencia de hueco con la interfaz siendo organizada y continua	1 – Presencia parcial de brechas e interfaz parcial organizada, presente en menos del 50% de la interfaz.	2 – Presencia de brechas e interfaz desorganizada, presente en más del 50% de la interfaz.

Formación de tags	0 – No detectable	1 – Algunos tags visibles	2 - Formación uniforme de tags con pocas ramas laterales.	3 - Formación de tags largas con muchas ramas laterales.
Agente Grabador:	0 – Sin agente grabador	1 – Ácido poliácrico	2 – Ácido fosfórico	
Ionómero de vidrio	Ionofil Molar ART (Vocco)	Ketac Molar Easymix (3M)	Fuji IX (GC)	

ANEXO 2 Secuencia de imágenes del procesamiento de las muestras en el Laboratorio de Nanobiomateriales de la Facultad de Estomatología en la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México.

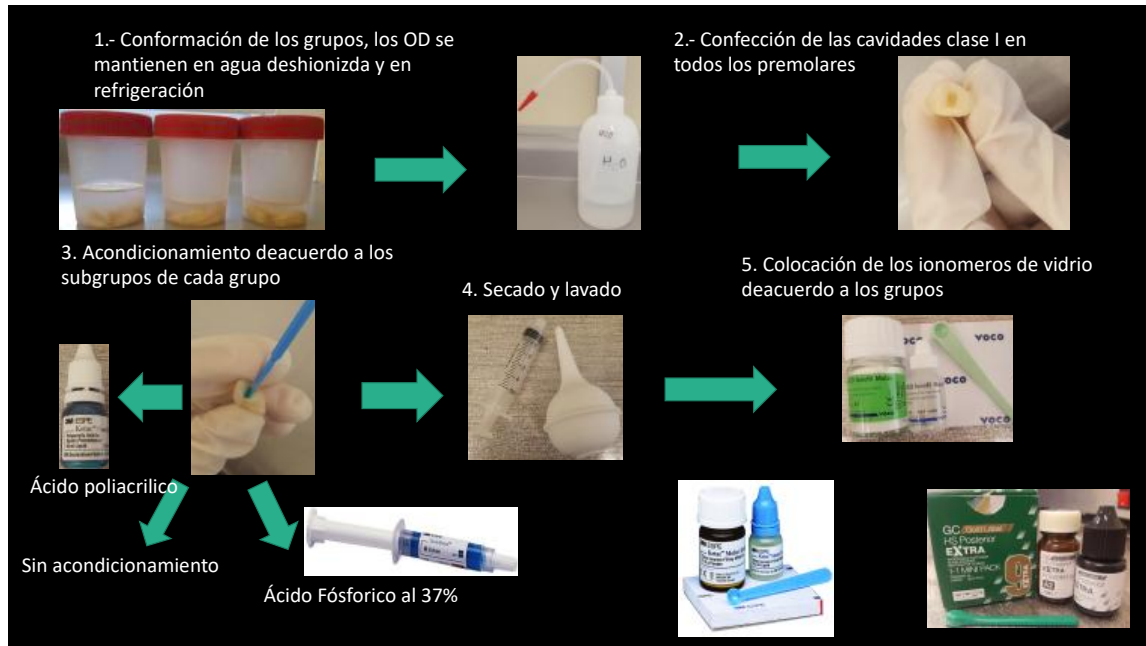


Figura 15. Conformación de grupos, confección de cavidades, acondicionamiento de la dentina y colocación de los ionómeros de vidrio.



Figura 16. Corte de los premolares, pulido y almacenamiento de las muestras.

PRIMERA MITAD: OBSERVAR LA INTERFAZ



Figura 17. Preparación de las muestras para ser observadas en el MEB.

PRIMERA MITAD: OBSERVAR LA INTERFAZ

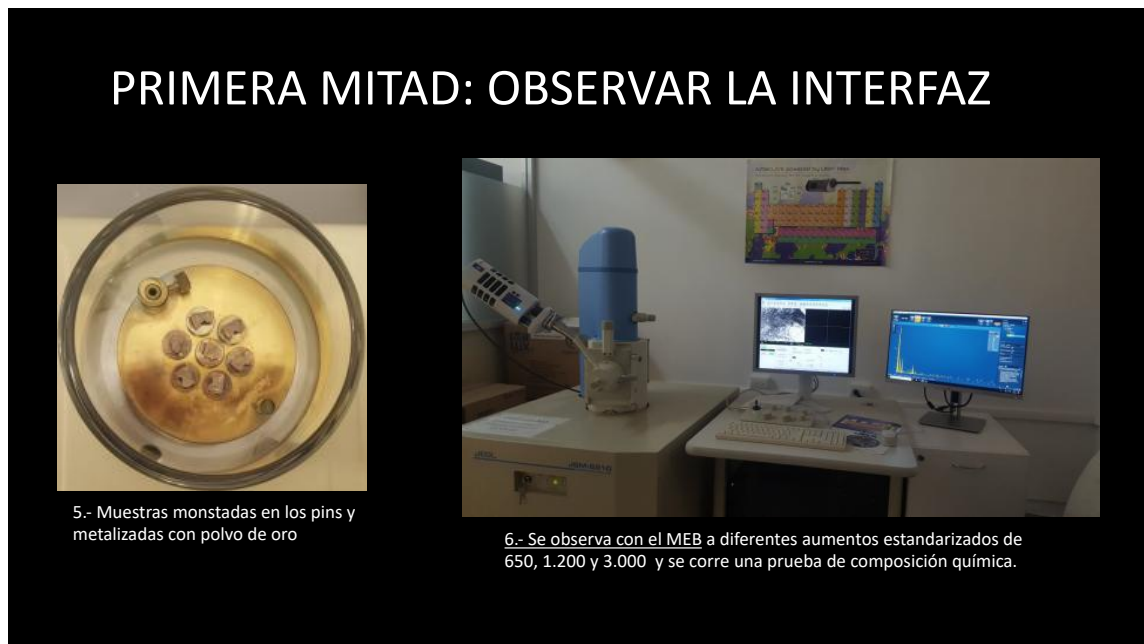


Figura 18. Muestras observadas en el MEB.

SEGUNDA MITAD: OBSERVAR LOS TAGS



1. Almacenamiento en ácido clorhídrico al 30% durante 48 hrs hasta disolver totalmente el sustrato dental, transcurrido este tiempo se lava con abundante agua.



2.-Introducir en hipoclorito de sodio al 2% por 20 min



3.- Sumergir en alcohol para deshidratar, en concentraciones de 25, 50, 75, 80, 90, 95 y 100% sucesivamente con duración de 10 min cada baño



4.-Se metaliza con una capa de oro en una metalizadora y se observa con el MEB a diferentes aumentos estandarizados de 650, 1.200 y 3.000

Figura 19. Procesamiento de muestras para ser observadas en el MEB.

SEGUNDA MITAD: OBSERVAR LOS TAGS



5.- Muestras montadas en los pins y metalizadas con polvo de oro



6.- Se observa con el MEB a diferentes aumentos estandarizados de 650, 1.200 y 3.000 se corre una prueba de composición química.

Figura 20. Muestras cubiertas con oro, para ser observadas en el MEB.

MICROSCOPIO ELECTRÓNICO DE BARRIDO



Laboratorio de Nanobiomateriales de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí

Figura 21. Equipo Microscopio Electrónico de Barrido (MEB)