



Universidad Autónoma del Estado de México
Facultad de Ciencias de la Conducta

**“Efectos de los sistemas adhesivos de autograbado sobre la
resistencia al desalojo de selladores de fosas y fisuras,
patrones de grabado y porosidad de la superficie del esmalte
dental humano”**

TESIS

Para Obtener el Grado de:
Doctor(a) en Ciencias de la Salud

Presenta:

MCO. Irina Mézquita Rodrigo
8848713

Comité Tutorial:

Dra. en O. Rosalía Contreras Bulnes

Tutor Académico

Dr. en O. Rogelio José Scougall Vilchis

Tutor Interno

Dra en CS. María de los Angeles Moyaho Bernal

Tutor Externo

Toluca, Estado de México, Abril de 2022.



ÍNDICE

Contenido	Pág
Resumen.....	1
Introducción	4
1. Antecedentes	8
1.1 Esmalte	8
1.1.1 Generalidades	8
1.1.2 Propiedades.....	9
1.1.3 Composición	10
1.1.4 Estructura histológica	11
1.2 Caries Dental.....	12
1.3 Medidas preventivas	13
1.4 Selladores de fosas y fisuras	13
1.4.1 Definición	14
1.4.2 Objetivo de los selladores	14
1.4.3 Acción de los selladores.....	14
1.4.4 Tipos de selladores	15
1.4.5 Clasificación.....	15
1.4.6 Indicaciones para colocación de selladores	19
1.4.7 Contraindicaciones	20
1.4.8 Propiedades que deben cumplir los selladores	21
1.4.9 Morfología y tipo de fisura	21
1.4.10 Adhesión del sellador al esmalte dental	23
1.4.11 Pasos para la aplicación del sellador de fosas y fisuras	24
1.4.12 Avances recientes en selladores	29
1.5 Adhesión	31
1.5.1 Generalidades	31
1.5.2 Conceptos fundamentales de adhesión sobre esmalte.....	33

1.5.3	Términos importantes relacionados con los sistemas adhesivos	34
1.5.4	Historia.....	35
1.5.5	Adhesivos dentales y mecánica de adhesión	37
1.5.6	Concepto de interfase	39
1.5.7	Principios de adhesión	40
1.5.8	Variables en los sistemas de adhesión.....	43
1.6	Adhesión en esmalte	44
1.6.1	Preparación de la superficie.....	44
1.6.2	Grabado	45
1.6.3	Autograbado	47
1.6.4	Medición de la fuerza adhesiva.....	54
1.6.5	Resistencia al desalojo.....	55
2.	Planteamiento del problema	57
3.	Justificación.....	58
4.	Hipótesis.....	59
5.	Objetivos. General y específicos.....	60
6.	Diseño metodológico.....	61
6.1	Diseño del estudio	61
6.2	Universo y muestra	61
6.3	Criterios inclusión/exclusión.....	61
6.4	Variables de Estudio	63
6.5	Procedimiento.....	67
6.6	Análisis Estadístico	73
6.7	Ética del estudio	74
7.	Resultados	75
7.1	Artículo aceptado	75
7.1.1	Título del artículo	75
7.1.2	Página frontal del manuscrito.....	75
7.1.3	Carta de aceptación	76
7.1.4	Resumen.....	77

7.2 Artículo enviado	78
7.2.1 Título del artículo	78
7.2.2 Página frontal del manuscrito.....	78
7.2.3 Carta de envío	79
7.1.4 Resumen.....	80
8. Discusión general.....	81
9. Conclusiones generales	92
10. Bibliohemerografía utilizada	93
11. Anexos	107

Resumen

La mayoría de las lesiones cariosas ocurren en las superficies oclusales, que son ocho veces más susceptibles a la caries debido a la anatomía retentiva de fosas y fisuras, lo que representa una condición desafiante para la limpieza. Los selladores son una importante medida preventiva en lesiones de caries oclusales; aunque su eficacia está documentada y la disponibilidad de información se encuentra en las guías de práctica clínica, los selladores de fosas y fisuras (SFF) aún están infrautilizados. Varios factores, como la experiencia del operador, el aislamiento, el acondicionamiento de la superficie del esmalte, la aplicación de una capa de unión intermedia, entre otros, podrían desempeñar un papel en la retención de SFF.

Objetivo: Evaluar *in vitro*, la resistencia al desalojo (SBS) y el índice de adhesivo remanente (ARI) de selladores de fosas y fisuras posterior al acondicionamiento del esmalte con diferentes agentes autograbantes (AG) de nueva generación; además, se evaluaron los patrones de grabado y la porosidad de la superficie del esmalte después de las técnicas de grabado ácido y autograbado, utilizando el software ImageJ.

Métodos: El proyecto se dividió en dos fases. Fase I. Terceros molares sanos no erupcionados extirpados quirúrgicamente por razones terapéuticas (n=25p/g), fueron asignados aleatoriamente a seis grupos. Se aplicó grabado convencional (GC) o agentes de autograbado (AG) antes de la unión de los selladores de fosas y fisuras. Las superficies acondicionadas con esmalte se evaluaron mediante MEB con aumentos de 500X, 1000X y 2000X para determinar los patrones de grabado. Posteriormente, se adhirieron a la superficie del esmalte 25 bloques de SFF (3 × 2 × 1,5 mm) p/g.

Las muestras se almacenaron en agua a 37 °C durante 24 h, previo a la prueba SBS y ARI. Para SBS se utilizaron ANOVA unidireccional y pruebas estadísticas de Tamhane; mientras que U de Mann-Whitney y Kruskal-Wallis se emplearon para ARI ($p \leq 0.05$). Fase II. Seis muestras de esmalte dental de terceros molares sanos no erupcionados se asignaron aleatoriamente a 6 grupos: Control, Grabado convencional (GC) [GC_3M y GC_Kuraray] o Autograbado (AG) [AG_Kuraray,

AG1_Shofu y AG2_Shofu]. Las micrografías MEB se obtuvieron con un aumento de 200X. Posteriormente, el conteo de poros y el perímetro fueron determinados por el software ImageJ. Se usaron ANOVA unidireccional y la prueba post-hoc de Tamhane para comparar el número de poros entre los grupos. El perímetro de poro se evaluó mediante la prueba de Kruskal-Wallis. La significación se estableció en $p \leq 0,05$.

Resultados: Fase I. Para la prueba SBS, los grupos GC_SFF_3M y AG1_SFF_Shofu mostraron los valores más bajos (8.74 ± 402 y 8.75 ± 3.90 , respectivamente). Las puntuaciones más altas se observaron en el grupo AG_SFF_Kuraray (13.46 ± 5.83). Se encontraron diferencias significativas en las evaluaciones de SBS y ARI. Todos los grupos experimentales mostraron un patrón de grabado tipo 1. Fase II. El análisis morfológico mostró una superficie lisa y algunas microporosidades, para esmalte no tratado. Los grupos experimentales presentaron diferentes morfologías relacionadas con las técnicas de grabado. El recuento de poros mostró diferencias estadísticas entre todos los grupos. El conteo de poros más alto fue evidente en AG2_Shofu, y AG1_Shofu exhibió el más pequeño. Además, el perímetro de los poros de los grupos AG_Kuraray y AG2_Shofu fue significativamente diferente de todos los grupos experimentales; sin embargo, el valor de perímetro de poro más pequeño estaba en AG2_Shofu. Por otro lado, GC_3M y AG1_Shofu presentaron valores de perímetro similares al grupo control.

Conclusiones: Fase I. El patrón de grabado fue menos pronunciado en los grupos de autograbado, que mostraron un rendimiento *in vitro* igual o superior en comparación con los agentes de grabado convencionales. El uso clínico de agentes de autograbado podría recomendarse antes de la aplicación de selladores de fosas y fisuras en nuevos protocolos dentales. El mejor desempeño *in vitro* se observó cuando ambos materiales aplicados, el agente de autograbado y el sellador de fosas y fisuras tenían 10-metacrilooxidecil di hidrógeno fosfato en su composición química. Fase II. Todas las técnicas de grabado mostraron un aumento en el número de poros, con una evidente reducción del perímetro, con características

específicas según la técnica y el agente utilizado. La porosidad del esmalte resultó en tres patrones de porosidad: leve, moderada y pronunciada.

Introducción

La odontología contemporánea ha cambiado de "extensión para prevención", siguiendo un enfoque conservador a "odontología mínimamente invasiva" durante la restauración dental. En este contexto, la prevención y control de la caries se ha convertido en un papel importante, lo cual ha resultado en la disminución de la prevalencia.¹⁻⁴ y cuyo objetivo es prevenir la aparición de caries (prevención primaria) o su progreso (prevención secundaria).⁵

La Organización Mundial de la Salud afirma que la caries es el tercer problema de salud más prevalente en todo el mundo, esta enfermedad afecta alrededor del 60-90% de los escolares, y pretende disminuir su incidencia y prevalencia.⁶ En México, dicha prevalencia es del 95%.⁷

Las medidas de salud pública como la mejora en la higiene bucodental, el asesoramiento nutricional, el uso diario de flúor, así como el sellador de fosas y fisuras han demostrado ser eficaces. Sin embargo, en pacientes de alto riesgo, las medidas colectivas deben complementarse con medidas individuales, y es en este punto donde estos últimos se convierten en una buena alternativa.

Una manera de llevar a cabo en menor tiempo la preparación y aplicación de los selladores, así como mejorar la efectividad de éstos, es el uso de agentes de autograbado, debido a sus propiedades, ya que se ha observado que a pesar de las ventajas que ofrece el grabado ácido, éste produce efectos iatrogénicos sobre la superficie del esmalte tales como pérdida irreversible de superficie mineralizada de 10 µm aproximadamente y por lo tanto más susceptible a caries.⁸

La calidad de la unión al esmalte y la dentina es de suma importancia para incrementar la vida de los materiales adhesivos; los cuales, en la actualidad, han evolucionado de manera positiva. Se ha estudiado un sistema de grabado y enjuague en tres pasos, así como los sistemas de autograbado dan como resultado resistencias de unión clínicamente aceptables.⁹⁻¹¹

Los usos de sistemas adhesivos previo a la colocación de selladores de fisuras pueden aumentar la retención. Además, cuando se utilizan sistemas adhesivos, es preferible utilizar sistemas de grabado y enjuague.¹²

La adhesión es el procedimiento para formar una unión adhesiva, el sustrato inicial se denomina adherencia y el material que produce la interfaz se denomina adhesivo. La función de los adhesivos dentales es promover la conservación de la estructura dental y permitir la odontología mínimamente invasiva, el refuerzo de la dentina o el esmalte debilitados, reducir las manchas marginales, reducir la microfiltración, así como la sensibilidad postoperatoria.⁹

De acuerdo a los principios básicos de adhesión, la unión de resinas a la estructura dental es el resultado de cuatro posibles mecanismos:

1. Penetración mecánica de resina y creación de tags de resina dentro de la superficie del diente.
2. Difusión-precipitación de sustancias sobre las superficies de los dientes a las que los monómeros de resina pueden unirse mecánicamente o químicamente.
3. Adsorción-unión química al componente inorgánico (hidroxiapatita) o componentes orgánicos (principalmente colágeno tipo I) de la estructura dental.
4. Una combinación de los tres mecanismos anteriores usualmente responsables de la unión con adhesivos modernos.¹⁰

Con las tecnologías cambiantes, los adhesivos dentales han evolucionado de los sistemas sin grabado a grabado total (4ta. y 5ta. generación) y al autograbado (6ta. -8va. generación). Actualmente, la unión a sustratos dentales se basa en tres estrategias diferentes: 1) grabado y enjuague, 2) autograbado y 3) ionómero de vidrio modificado con resina, como poseedor de las propiedades únicas de la autoadhesión al tejido dental. Más recientemente, se ha introducido una nueva familia de adhesivos de dentina (adhesivos universales o multimodo), que se pueden usar como adhesivos de grabado y autograbado.¹¹

La aplicación de selladores de fosas y fisuras en conjunto con un agente adhesivo de séptima generación puede mejorar el éxito de éstos.¹³

Existen estudios que muestran que el uso de un sellador de fisuras a base de resina colocado con adhesivo grabado-enjuague o autograbado, con un grabado ácido

previo proporciona una mejor retención que el sellador convencional durante el periodo de 24 meses. Por el contrario, otras investigaciones indican una menor retención a lo largo del tiempo que los selladores aplicados en el enfoque convencional, independientemente del uso de sistemas adhesivos.^{14,15}

Se ha observado que el uso de un agente adhesivo antes de la aplicación del sellador de fosas no necesariamente ayuda a la retención del sellador en comparación con el sellador de fosas y fisuras colocado sin agente adherente. La eficacia del sellador está directamente relacionada con su retención y depende de los procedimientos de aplicación. La falla en la retención de los selladores de fosas y fisuras puede atribuirse a contaminación por humedad, métodos de curado y adherencia inadecuada, procedimiento de aplicación incorrecta o colocación temprana.^{16,17}

El esmalte dental es un sólido poroso complejo compuesto por cristales largos y delgados de hidroxiapatita organizados en una estructura elaborada rodeada por una matriz de agua y material orgánico; sus poros internos son diminutos y variables en forma, orientación y distribución. La porosidad del esmalte dental per se ha sido estudiada utilizando diferentes técnicas como microscopía electrónica, microscopía de polarización, adsorción y desorción de gases o agua.¹⁸ Sin embargo, algunos de ellos requieren una amplia variedad de procedimientos previos que consumen una cantidad significativa de tiempo o que generan altos costos por los insumos utilizados y también pueden dañar las muestras.

La investigación relacionada con la porosidad del área superficial y las características de unión de diferentes patrones de grabado se ha informado escasamente y se ha llevado a cabo mediante la absorción de gas [el método Brunauer-Emmett-Teller (BET)], que es una técnica costosa y que requiere mucho tiempo;¹⁹ de ahí que sea necesario buscar alternativas más rápidas y viables para realizar el análisis.

Por otro lado, la Microscopía Electrónica de Barrido (SEM) es principalmente un método para el estudio de la morfología y estructura del esmalte dental debido a su capacidad para crear imágenes de alta resolución de superficies duras.²⁰ Ha sido

considerada la técnica estándar de oro en odontología; sin embargo, la variedad de procedimientos y datos dificulta las comparaciones entre estudios.¹⁹

Además, se ha descubierto que el software de procesamiento de imágenes como ImageJ es una herramienta valiosa para extraer información complementaria de imágenes SEM. Se utiliza para evaluar varias micrografías bajo un algoritmo de umbral. Además, se ha utilizado en diversas aplicaciones que van desde la ciencia de los materiales, la ciencia del suelo, la astronomía y la ciencia del clima, la imagen médica y la cristalografía, entre otras.²¹ Específicamente, en el campo dental se ha empleado para la evaluación de características de materiales como la porosidad interna.²² Sin embargo, en la actualidad, no existen reportes de que en ImageJ se haya realizado un análisis de la estructura porosa del esmalte intacto o grabado.

1. Antecedentes

1.1 Esmalte

1.1.1 Generalidades

El esmalte dental se define como una sustancia dura y brillante que recubre la dentina coronal del diente. Cuando ha madurado, se compone por una porción inorgánica de hidroxiapatita (90%), carbonato de calcio, fluoruro de calcio y carbonato de magnesio (6%), siendo el resto (4%) una matriz orgánica de proteína y glicoproteína.²³

Es la sustancia más dura del cuerpo humano, sirve como capa externa, la cual es resistente al desgaste de la corona dental. Es una barrera aislante que da protección al órgano dentario de las fuerzas físicas, térmicas y químicas que, podría dañar el tejido pulpar dental subyacente. Las alteraciones durante el desarrollo del esmalte son de gran impacto, ya que, el tejido del esmalte es acelular a diferencia del hueso y una vez mineralizado, no se remodela.²⁴ Los ameloblastos son células altamente diferenciadas y muy especializadas que forman el esmalte, tienen una capacidad limitada para recuperarse.^{24,25}

Se dice que el esmalte es un quimógrafo del período de formación del esmalte, ya que durante su formación, de acuerdo a estudios histo-morfológicos de los dientes, todo tipo de eventos, tal como alteraciones metabólicas y patológicas ocurridas desde la vida pre, peri y postnatal pueden afectar dichos ameloblastos.²⁵

Los dientes, y especialmente el esmalte, experimentan pocos o ningún cambio morfológico después de la finalización de la mineralización y la erupción hacia la cavidad bucal. Debido a que las propiedades ópticas del esmalte también se derivan de su estructura y composición, los defectos del desarrollo o las influencias ambientales que afectan la estructura del esmalte se visualizan típicamente como cambios en su opacidad y / o color.²⁴

En cuanto a su composición química, la superficie del esmalte, que es muy reactiva y está sujeta a cambios relacionados, por ejemplo, con variaciones de pH y exposición a fluoruros, así como otros mecanismos.²⁵

También llamado sustancia adamantina o tejido adamantino; es un tejido que cubre la dentina en la parte coronaria, protege el complejo dentino-pulpar. Posee la capacidad de resistir grandes fuerzas mecánicas, cambios de pH, ataques microbianos, sin embargo, no tiene la capacidad de regeneración.

Es el tejido con más dureza del organismo, ya que su estructura, se constituye por millones de prismas; esta dureza es debida a su contenido de matriz inorgánica microcristalina (96%), agua (3%) y matriz inorgánica (0.36-1%).²⁶⁻²⁸

Es un tejido de naturaleza ectodérmica, su matriz orgánica se compone de proteínas más un agregado de polisacáridos, los cristales de hidroxipatita (Hap) están densamente distribuidos, sin embargo, dichos cristales son solubles a la acción de los ácidos.

Las células encargadas de la formación del tejido adamantino son los ameloblastos, los cuales, tras completar la formación del esmalte, desaparecen, razón por la cual, después de la erupción de los órganos dentarios, no existe neoformación o aposición de esmalte. Actualmente se le considera como un material extracelular mineralizado en lugar de “tejido”, debido a que, no posee células ni prolongaciones. Su estructura es acelular, avascular y carente de inervación. A pesar de no tener la capacidad de repararse, puede remineralizarse.²⁷

1.1.2 Propiedades

Dureza. Resistencia que tiene a las deformaciones, rayaduras en la superficie debido a alguna presión. Depende de la cantidad y orientación de los prismas del esmalte.

Elasticidad. Debido a su alta dureza, presenta poca elasticidad, ya que contiene poca sustancia orgánica y agua; lo que hace que sea frágil y propenso a fracturas, principalmente sin soporte dentinario subyacente. Cuando hay un exceso de fuerzas, pueden originarse grietas llamadas abfracciones.

Transparencia y color. Es translúcido de color amarillo-gris, aunque este color lo da la dentina principalmente. La translucidez varía dependiendo de la calcificación del esmalte (mayor mineralización, mayor transparencia). Mediante esta propiedad pueden apreciarse zonas desmineralizadas.

Permeabilidad. Es posible que actúe como una membrana semipermeable, que permite la difusión de agua, además, ésta transporta iones, como por ejemplo de flúor, los cuales sustituyen a los cristales de hidroxiapatita, aumentando la resistencia y solubilidad a los ácidos. Algunas investigaciones muestran que también puede atrapar los iones de calcio y remineralizarse.

Radiopacidad. Su alta mineralización permite que la radiopacidad sea muy alta, por lo que cuando el órgano dentario es afectado por caries, es fácilmente detectable por su radiolucidez.^{24,27}

1.1.3 Composición

Químicamente constituido por aproximadamente un 96% de matriz inorgánica, 3% de agua y 0.36-1% de matriz orgánica.

Matriz inorgánica. Principalmente compuesta por sales minerales de calcio, fosfato y carbonato, así como oligoelementos tales como potasio, hierro, magnesio, manganeso, cobre, flúor, etc. Dichas sales son depositadas en la matriz del esmalte, dando lugar a la cristalización que posteriormente se convierte en hidroxiapatita (Hap). El ion flúor tiene la capacidad de sustituir los hidroxilos de la Hap para transformarse en flúorapatita la cual hace que el órgano dentario sea resistente a la caries al ser menos soluble a la acción de los ácidos. La cantidad de fluoruro sobre el esmalte varía dependiendo de factores biológicos (en alimentos y bebidas) y factores clínicos (dentífricos, fluoruros en gel, en barniz, solución, etc.).

Sobre la superficie del esmalte, los iones de flúor aumentan la resistencia ácida, a diferencia de los carbonatos los cuales aumentan la susceptibilidad a caries.^{24,27-29}

Agua. Su porcentaje es escaso y progresivamente decrece la cantidad con la edad. Contenida en la periferia del cristal de hidroxiapatita, lo que constituye la capa de

agua adsorbida, es decir, las capa de hidratación. Hacia el interior del cristal se encuentra una capa de iones y compuestos adsorbidos, en la que el calcio (Ca^{2+}) puede ser sustituido por sodio (Na^+), magnesio (Mg^{2+}) e hidronio (H_3O^+), así como hidroxilo (OH^-) por los iones fluoruro (F^-), cloruro (Cl^-).

Matriz orgánica. De naturaleza proteica y multiagregados polipeptídicos como amelogeninas, enamelinas, ameloblastinas, constituye un sistema complejo, que aún no ha sido caracterizado de forma definitiva, ya que al tratar de separar o aislar la porción orgánica del esmalte de la dentina se producen contaminaciones.^{24,27-29}

1.1.4 Estructura histológica

Se compone tanto de prismas o varillas de esmalte, que se conoce como unidad estructural básica, como de las estructuras originadas a partir de esta, denominadas unidades estructurales secundarias.

El esmalte aprismático o varillar. Forma casi toda la matriz extracelular mineralizada; y se encuentra alrededor de la corona dental y en la unión amelodentinaria.

Esmalte prismático. El espesor aproximado de un prisma, en sentido longitudinal, es aproximadamente de 6 μm y 4-10 μm de diámetro; y dependiendo del tamaño de la corona del órgano dentario existen entre 5 y 12 millones de prismas.^{27,28}

En cuanto a su forma, si se hace un corte longitudinal, se observan bandas delgadas paralelas e irregulares y en sentido transversal se aprecia una forma de escama de pescado, ovoide, con una morfología como ojo de cerradura llave antigua (lo que permite ver dos zonas, cabeza de forma de cúpula esférica y cola que tiene forma irregular).

En relación a esta morfología, es de importancia destacar tres patrones cuando es utilizada la técnica de grabado ácido, los cuales son:

Tipo I. El centro de los prismas se observa erosionado pero la periferia insoluble.

Tipo II. La periferia se observa erosionada y el centro insoluble.

Tipo III. Se observa una erosión generalizada, que asemeja escamas de pescado u ojo de cerradura en la morfología de los prismas.

Los prismas están compuestos por cristales de hidroxiapatita orientados internamente de forma definida. Esta orientación no sigue una trayectoria recta, también presenta cruzamientos.²⁷

1.2 Caries Dental

La caries dental, es quizás la enfermedad crónica más prevalente en el mundo; la susceptibilidad a esta enfermedad, es durante toda la vida. Se forma por una compleja interacción entre el tiempo, las bacterias adherentes productoras de ácido y los carbohidratos fermentables, así como diversos factores del huésped, como son, los dientes y la saliva. Con el tiempo, los ácidos presentes en la placa dental pueden desmineralizar el esmalte y dentina, tanto en las superficies lisas del diente, como en las fisuras.³⁰ La enfermedad puede presentarse tanto en las coronas como en las raíces de los dientes, puede surgir en la primera infancia como una caries dental agresiva que afecta los dientes primarios de los bebés y niños pequeños, la cual es denominada caries temprana de la infancia.

La lesión de mancha blanca es el primer signo visual de caries dental; si continúa la desmineralización, la mancha blanca se cavitará, y consecuentemente provocará una caries. Por el contrario, si la desmineralización se reduce o se elimina, se puede detener la progresión de las manchas blancas y remineralizarse.

El riesgo de caries incluye factores físicos, biológicos, ambientales, conductuales y relacionados con el estilo de vida, como un alto número de bacterias cariogénicas, flujo salival inadecuado, exposición insuficiente al fluoruro, mala higiene bucal, métodos inapropiados para alimentar a los bebés y pobreza. El enfoque de la prevención primaria de la caries, debe basarse en factores de riesgo comunes, las prácticas deben centrarse en el paciente y la obtención de la evidencia sobre los factores de riesgo. La prevención y el tratamiento secundarios deben centrarse en el manejo del proceso de caries a lo largo del tiempo para pacientes individuales, la

evaluación y cumplimiento de los pacientes, con un enfoque mínimamente invasivo capaz de preservar los tejidos dentarios sanos.³⁰⁻³³

1.3 Medidas Preventivas

En las últimas décadas, la perspectiva de “el poder de la prevención” ha estado impregnando la atención médica a medida que comenzamos a enfocarnos en las cargas que las enfermedades crónicas dejan a su paso: disminución de la esperanza de vida, reducción de la calidad de vida y aumento de los costos de atención médica. De particular interés para la profesión odontológica es la caries dental, una enfermedad crónica que afecta a más del 90% de los adultos de entre 20 y 64 años. Aunque las enfermedades crónicas se encuentran entre los problemas de salud más comunes y costosos, también se encuentran entre los más prevenibles. Una de las herramientas de prevención más poderosas que tiene la profesión de la salud dental es el sellador dental.³⁴

1.4 Selladores de fosas y fisuras

Buonocore introdujo por primera vez los selladores de fosas y fisuras (SFF) en 1971, y fue el pionero en usar la técnica de grabado ácido.^{35,36} La eficacia anticariogénica de los selladores de fosas y fisuras ha sido relacionada con su retención. De manera ideal los selladores deben ser colocados en superficies libres de caries, o por lo menos en zonas que clínicamente no se observen lesiones cariosas. Si éstas llegan a existir, aparentemente no progresan bajo superficies oclusales selladas.⁵ Generalmente la colocación de SFF depende en gran medida de los auxiliares diagnósticos tanto clínicos como radiográficos, los cuales no siempre son precisos, por lo que es conveniente monitorear una vez colocado el SFF si existe desarrollo de caries debajo del sellador.³⁵

El 95% de las lesiones cariosas se presentan en las superficies oclusales, por lo que a pesar de que los fluoruros han mostrado ser útiles en la disminución de caries, éstos sólo son eficaces en superficies lisas.³⁷

En el año de 1967, se introdujo el uso de selladores, sin embargo, la Asociación Dental Americana (ADA) reconoció su eficacia hasta 1971.

Los selladores son beneficiosos porque actúan como una barrera protectora en las fosas y fisuras naturales del esmalte, las cuales están fuera del alcance de las cerdas del cepillo dental, contra los microorganismos y sus productos, impidiendo la aparición de caries o conteniendo su progresión, en caso de alguna lesión incipiente.

Los efectos preventivos principales que se obtienen del uso de estos materiales, son:

1. Obturan mecánicamente las fosas y fisuras con resina.
2. Al obturar éstas, el hábitat de los microorganismos (especialmente *Streptococo mutans*) es suprimido.
3. Facilita la higiene mediante cepillado dental y masticación.^{37,38}

1.4.1 Definición

Son materiales resinosos o ionoméricos, aplicados sobre las superficies susceptibles de los órganos dentarios, actúan como barrera mecánica que impide el contacto del esmalte con bacterias y carbohidratos, los cuales provocan que el pH disminuya, se acidifique, promoviendo las lesiones cariosas.³⁹⁻⁴¹

1.4.2 Objetivo de los selladores

Contribuir efectivamente en disminuir la incidencia de caries oclusal, debido a que se aíslan mecánicamente los surcos y fisuras del medio bucal, eliminando los nichos ecológicos para los microorganismos; así como rellenar zonas retentivas del esmalte sano.⁴⁰

1.4.3 Acción de los selladores

Los selladores actúan en la prevención de caries, porque impregnan por completo la superficie, dando protección. También forman una unión fuerte y estable con la superficie adamantina por retención mecánica del sellador, debido a la preparación

que se hace del esmalte. Van actuar por presencia física, restaurando la falla del esmalte, obturando herméticamente la fosa o fisura.⁴¹

1.4.4 Tipos de Selladores

Se clasifican en tres materiales selladores. Los tipos predominantes de materiales en el mercado en la actualidad son los selladores a base de resina y los que son a base de cemento de ionómero de vidrio,⁴² no obstante, los que mayormente son comercializados son a base de resina.^{40,41,43}

Actualmente existen cuatro generaciones de selladores de fisuras basados en resina. La primera generación son los polimerizables con luz ultravioleta, que ya no se fabrican, la segunda generación son los autopolimerizables, la tercera generación son los fotopolimerizables con luz visible, y la cuarta generación y más reciente, los fotopolimerizables con luz visible a los que se ha añadido fluoruro.

Dado que los selladores de segunda y tercera generación compiten entre sí en el mercado, la comparación clínica de los tipos de selladores es fundamental para que los médicos realicen una selección informada. Ripa revisó numerosos estudios que se han realizado comparando la retención entre selladores de tercera y primera y / o segunda generación. Entre los resultados que encontró, el nivel de rendimiento de los selladores de iniciación química y los selladores de luz visible fotoiniciados son similares dentro de un período de observación de hasta 5 años. Sin embargo, también de una mayor longevidad para los selladores de fosas y fisuras curados.⁴⁴

1.4.5 Clasificación

Se pueden clasificar mediante tres grandes criterios como: el material utilizado, la técnica de aplicación y función a cumplir.

Según el tipo de material:

Resinas compuestas.

Su formulación se basa en Bis-GMA, dando lugar a dos tipos de materiales: los fabricados exclusivamente para ser utilizados como selladores y los concebidos inicialmente como materiales restauradores que se utilizan como selladores alternativos.⁴³

Selladores basados en resinas compuestas.

Son capaces de alcanzar el fondo de la fosa más diminuta gracias a su consistencia de mayor fluidez en comparación con resinas utilizadas para restauraciones convencionales. Para tal propósito se mezclan tres partes de Bis-GMA con una parte de MMA (metil-metacrilato). Se reporta que una de las grandes limitantes clínicas del material es su contaminación por humedad lo cual le resta adhesión al esmalte. Para ello se han hecho esfuerzos para mejorar su retención, entre ellos, la aplicación de un sistema adhesivo hidrófilo antes del sellador, es decir, en la interfase esmalte-sellador.⁴²

Activación de polimerización:

Pueden ser autopolimerizados mediante una reacción química de la resina con un activador. Y también los hay fotopolimerizados los cuales contienen un iniciador sensible a la luz visible. En estudios realizados, se ha observado que la retención es similar en los autopolimerizables y los fotopolimerizables.⁴⁴ Sin embargo, los operadores prefieren los segundos ya que pueden controlar el tiempo de trabajo del material, colocándolo de mejor manera y sin burbujas.

Relleno.

Pueden contener o no partículas de relleno a fin de mejorar su dureza superficial y disminuir el desgaste en boca. El material de relleno está formado por cuarzo, sílice y sales cristalizadas. El tipo, tamaño, concentración y distribución de las partículas

determinará sus propiedades. La adición de rellenos reduce la microfiltración y fracturas, así como aumenta su durabilidad. Sin embargo, también incrementa la viscosidad, por lo que puede ser necesario utilizar adhesivos, para penetrar adecuadamente en la fisura y aumentar su resistencia al desalojo.^{42,43}

Color.

Éstos pueden ser transparentes, con color u opacos. Se ha demostrado que la habilidad de los operadores para detectar la retención post-aplicación es menos propensa al error cuando se utilizan selladores con color. Existen en el mercado selladores que cambian de color bien sea al recibir un haz de luz o al entrar en la fase de polimerización, lo cual facilita el control del material. Por otro lado, los transparentes son los más estéticos.^{42,43}

Contenido de fluoruro.

Se comenzaron a utilizar aproximadamente hace 25 años, con el fin de proveer el efecto cariostático, que se les reconoce a los fluoruros. Sin embargo, la liberación del fluoruro sucede durante las 24 horas siguientes a su colocación se libera la mayor parte y que al día siguiente decae drásticamente, para continuar haciéndolo, aunque de forma más lenta.⁴²

Resinas compuestas fluidas.

Se implementaron a partir de 1990 como un tipo de resina compuesta con menos proporción de relleno en comparación a sus predecesoras. Es por esto que presentan más baja viscosidad y mayor fluidez que las resinas compuestas convencionales. Son fotocurables y se presentan en varias tonalidades de color, además de presentar mayor fuerza compresiva que los selladores y una mejor adhesión al esmalte dental.⁴²

Selladores basados en Ionómero de Vidrio.

Lyndemer (2007), pensó que con su uso podría obtenerse un efecto benéfico por su potencial anticariogénico, remineralizante y antimicrobiano. Los selladores a base de cemento de vidrio ionómero (SCVI) han evolucionado desde los primeros utilizados, de baja densidad, con resultados dispares, a los actuales de alta densidad. Su técnica de aplicación es menos sensible a la presencia de humedad. Se destaca como cualidad positiva la liberación de flúor. Todo esto es particularmente ventajoso cuando se aplica en niños pequeños con primeros molares recién erupcionados, con poca o ninguna experiencia odontológica, algunos de difícil manejo y realizado en ambientes no convencionales o en consultorios odontológicos que no cuentan con la infraestructura necesaria. En los últimos años se han publicado estudios comparativos que consideran más eficaces los SCVI aplicados en molares recién erupcionados o cuando las condiciones de trabajo no aseguran un correcto aislamiento.^{39-41,45}

Según la técnica de aplicación.

Tanto los selladores convencionales como los de ionómero de vidrio se pueden utilizar de manera preventiva o terapéutica, siguiendo las técnicas respectivas.

Técnica no invasiva.

No se realiza ningún tipo de instrumentación al esmalte como paso previo a la colocación del sellador en fosas y fisuras sanas o con lesiones muy incipientes de caries. El esmalte, antes de acondicionarse, sólo requiere de limpieza, se recomienda hacerlo con un cepillo de profilaxis y agua.

Técnica invasiva.

Se realiza un procedimiento micro o mínimamente invasivo dependiendo ante la lesión de caries que se haya diagnosticado.³⁹⁻⁴¹

Según su función

Selladores preventivos.

Se colocan con el fin de prevenir la caries dental en aquellos sitios que no han sido afectados aún, pero que corren el riesgo de serlo por la retención de alimentos y biofilm dental. El sellado preventivo de las fosas y fisuras es uno de los métodos más efectivos para combatir la caries dental en dichas superficies.^{42,46}

Selladores terapéuticos.

Tratamientos definitivos de lesiones cuestionables o identificadas como cariosas en estadios tempranos en la región de fosas y fisuras. Más recientemente también en superficies proximales con la llegada de los selladores infiltrantes. Existen estudios, en los se aplica los selladores sobre lesiones de caries, y se ha encontrado, que, en la aplicación de éstos sobre lesiones incipientes en esmalte, la lesión no progresará mientras el sellador se encuentre adherido completamente a la superficie dental, impidiendo por completo el contacto de las bacterias cariogénicas con sus fuentes nutricionales.^{30,40,45}

1.4.5 Indicaciones para la colocación de selladores

Las indicaciones son diversas, sin embargo, se debe tomar en cuenta el riesgo a caries y la actividad cariogénica de cada paciente, la cual debe ser personalizada para determinar su aplicación.

- Molares temporales, molares y premolares recién erupcionados con surcos y fisuras profundos.
- Fosas y fisuras teñidas con descalcificación mínima de la opacificación y sin tejido reblandecido en el fondo de la fisura.
- El órgano dentario a tratar debe haber erupcionado menos de cuatro años antes.
- Fisura profunda o regular, especialmente si atrapa la punta del explorador.

- La fosa seleccionada para la colocación del sellador está separada de otra fosa con una restauración presente.
- Una superficie oclusal intacta está presente, mientras la superficie del diente contralateral es cariosa o restaurada.
- Si no hay evidencia radiográfica.
- Riesgo moderado o alto de desarrollar caries dental por diversas razones.
- Caries incipientes (mancha blanca o pequeñas hipoplasias).
- Dientes permanentes suficientemente erupcionados, con fosas y fisuras susceptibles.
- Fosas y fisuras que son anatómicamente susceptibles.
- Uso de otro tratamiento preventivo, como la terapia sistémica o tópica con fluoruro, para inhibir la formación de caries interproximal.

**El diente seleccionado debe reunir también una serie de indicaciones:

Debido a que el pico de susceptibilidad a caries de los órganos dentarios es de 2-3 años después de su erupción, es recomendable la aplicación de SFF fundamentalmente en dientes recién erupcionados, aunque pudiera prolongarse hasta 4 años posteriores a la erupción.

**La erupción debe ser completa, sin quedar restos de mucosa sobre la superficie dentaria para poder realizar un aislamiento eficaz, ya que éste fundamental para la retención del sellador.³⁷

1.4.7 Contraindicaciones

El comportamiento no cooperador, limita el uso de selladores debido a la dificultad de las técnicas de aislamiento de campo operatorio adecuadas durante todo el procedimiento. Otras contraindicaciones incluyen:

- Lesión de caries cavitada bien establecida.
- Caries proximales, existentes en las otras superficies del diente con diagnóstico definitivo de caries.
- Restauración amplia presente en la superficie oclusal.

- Fosas y fisuras con posibilidad de autoclisis.
- La esperanza de vida del diente primario es muy inferior.
- Cuando un paciente es alérgico al sellador.
- Fosas y fisuras que han permanecido libre de caries durante cuatro años o más.
- Un individuo sin experiencia previa de caries con presencia de fosas y fisuras unidas.
- En niños demasiado pequeños para cooperar durante el procedimiento.
- Restauraciones de porcelana sintética, carillas, restauraciones de amalgama, restauraciones de láminas de oro, incrustaciones, onlays o coronas.^{37,41,42,47,48}

1.4.8 Propiedades que deben cumplir los selladores de fosas y fisuras

Son los requisitos mínimos que los fabricantes deben satisfacer para ofrecer un producto de calidad al odontólogo.

- Biocompatibilidad y baja toxicidad.
- Alto coeficiente de penetración.
- Baja contracción de polimerización.
- Escurrimiento adecuado.
- Estabilidad dimensional.
- Alta resistencia a la abrasión.
- Fácil manipulación.
- Corto periodo de polimerización.
- Insolubilidad en el medio ambiente bucal.
- Alta adhesión.
- Deseable acción cariostática, remineralizante o infiltrante.⁴⁹

1.4.9 Morfología y tipo de fisura

La importancia de la forma retentiva de las fisuras como un factor de riesgo para caries, llevó a algunos investigadores a analizar la forma de ellas. La clasificación

más conocida de su morfología es la de Nagano, quien las clasifica por su forma en:

- Tipo V o gradualmente angostas.
- Tipo U o de piso tan ancho como su entrada.
- Tipo I o extremadamente angostas.
- Tipo IK o de cuello de botella.
- Otros tipos.

La profundidad de estas formas también se ha clasificado como: No hendidas o superficiales y las hendidas que pueden ser intermedias si miden hasta 100 μ m y las profundas aquellas que las exceden de las 100 μ m.^{49,50}

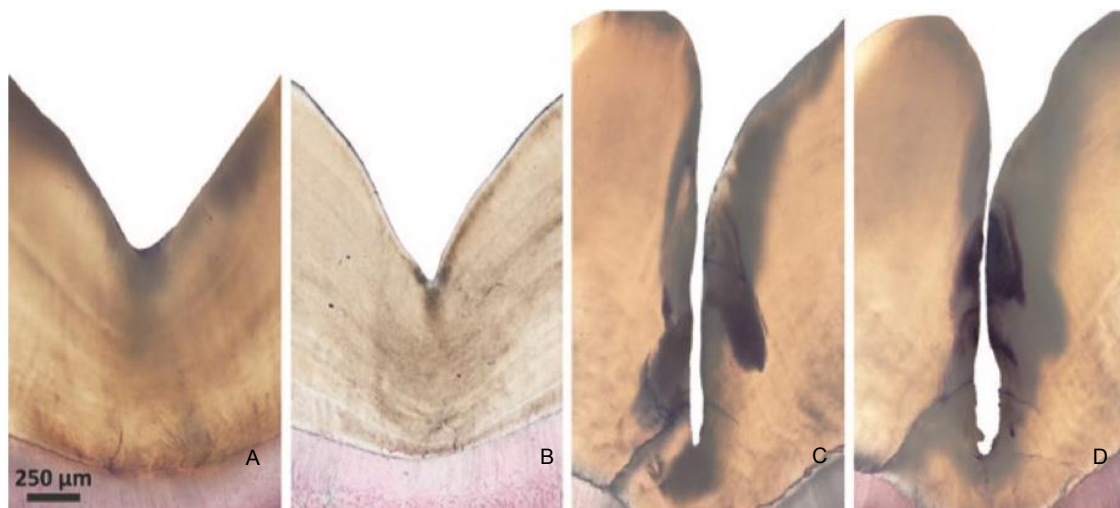


Figura 1. Diferentes tipos de fisuras según la clasificación de Nagano. A: Tipo U, B: Tipo V, C: Tipo I, D: Tipo IK (Bekes 2008)⁵¹

1.4.10 Adhesión del sellador al esmalte dental

De acuerdo a la histología e histoquímica, este tejido está compuesto, casi en su totalidad por cristales de hidroxiapatita, orientado de tal modo que, a gran aumento, se aprecia una imagen de prismas como “ojo de cerradura”. Estos cristales son de naturaleza iónica.²⁷

Hidroxiapatita = iones fosfato + calcio + grupos hidroxilos. Esto permite considerarlo como fosfato de calcio hidratado.⁵² Las uniones iónicas denotan, que el esmalte es un sólido con elevada energía superficial, por lo que, debe atraer un líquido con las características del sellador. Sin embargo, esta superficie no se encuentra en tales condiciones en boca, ya que el esmalte cuenta con iones incorporados del medio bucal como carbono, flúor, etc. Además, está recubierto por una película orgánica que rápidamente se deposita sobre el esmalte expuesto. Todo ello enmascara e interfiere en la energía superficial del tejido. Debe recurrirse a algo que permita limpiar el esmalte y prepararlo para recibir al sellador. Inicialmente, debe hacerse una limpieza mecánica para remover la película orgánica con cepillos de profilaxis y posteriormente, limpieza química para eliminar la capa superficial de esmalte contaminado, la cual se puede hacer con una solución ácida que sea capaz de disolver la hidroxiapatita de la superficie adamantina y dejar expuesto un esmalte limpio y con energía superficial alta para atraer al sellador.

Una solución acuosa de ácido fosfórico ha demostrado ser muy conveniente para actuar sobre el esmalte no trabajado mecánicamente. El ácido actúa sobre la hidroxiapatita, extrayendo calcio que forma parte de la solución. Al acumularse cierta cantidad, se crean fosfatos insolubles que al precipitar sobre la superficie del esmalte limitan la acción del ácido. Esto se conoce como efecto autolimitante del ácido fosfórico. La solución acuosa de ácido fosfórico más ideal es del 32% al 40%⁵³ y pueden presentarse en líquido o gel, siendo los últimos beneficiosos en cuanto al sitio exacto donde lo queremos aplicar. A concentraciones mayores o menores se forman sales de calcio con mayor rapidez por lo que el efecto sobre el esmalte es menos satisfactorio. Una vez que el ácido ha actuado durante el tiempo adecuado

(de 15 a 20 segundos) debe lavarse el esmalte con abundante agua a presión para barrerlo.

Se estima que el tiempo del lavado debe ser el doble del grabado, aunque lo importante es que sea abundante ya que no es posible “lavar de más” pero si “de menos”.⁵²

De la misma forma luego debe secarse de manera que no quede humedad en lo absoluto, ni siquiera molecular ya que impedirá el contacto real buscado. Debe secarse con aire libre de humedad, aceite, etc., ya que si no se contaminara la superficie trabajada. De esta manera la superficie del esmalte estará limpia y, además, se habrán creado micro-porosidades o retenciones mediante las cuales se unirá mecánicamente la resina restauradora (sellador). Como resultado se encontrará en la superficie del esmalte las bases o extremos de los cristales de hidroxiapatita así como también en algunas zonas los prismas o varillas; es decir, sus caras laterales. Con la técnica de limpieza con ácido, se habrá logrado obtener una cantidad de retenciones a nivel microscópico, aumentando el área de contacto y por ende la energía superficial. Clínicamente se observará el esmalte con aspecto blanco mate.

La adhesión micromecánica alcanzada es suficientemente eficaz en términos de resistencia adhesiva como para asegurar de modo eficiente el sellado real de la fisura.⁵²

1.4.11 Pasos para la aplicación de sellador de fosas y fisuras

Paso I: Selección de diente y profilaxis.

La detección de caries se ha simplificado con los nuevos métodos de diagnóstico, como la radiografía digital y las tecnologías basadas en la luz, como la transiluminación por fibra óptica, DIAGNOdent o la fluorescencia inducida por la luz (fluorescencia cuantitativa inducida por la luz). Algunos de los métodos en la profilaxis de los dientes son:

- Pasta para profilaxis y agua

Este es un método simple en el que el diente se limpia con agua y piedra pómez con un cepillo giratorio plano o puntiagudo.

- Enameloplastia

Se utiliza una pieza de baja o de alta velocidad. Este método es simple y de fácil acceso, ya que muestra una retención aceptable de selladores que reduce la microfiltración según los estudios *in vivo* e *in vitro*.

- Aire abrasivo

La corriente propulsada de partículas de óxido de aluminio generadas a partir de aire comprimido y dióxido de carbono embotellado o nitrógeno se usa para desgastar el diente. Esta técnica produce rugosidad del esmalte, la apertura de fisuras cuestionables, la eliminación de posibles caries y la limpieza de fosas y fisuras.

- Láser

Los láseres también se pueden usar para tratar la superficie del diente. La ventaja del tratamiento con láser es la resistencia a los ácidos inducida por la recristalización del esmalte. Al aplicar el láser en la estructura dental, la proporción de calcio: fósforo se modifica, lo que los hace más resistentes a la caries. Además de esto, los láseres también tienen un efecto de esterilización en fosas y fisuras.

- Técnica de grabado ácido

Uno de los métodos aceptados que muestran una microfiltración más baja, comparado con los otros métodos.

- Peróxido de hidrógeno

El peróxido de hidrógeno (3%) se usa normalmente, pero no hay pruebas que demuestren que proporcione una buena retención.^{42,48-50,54}

Paso II: Aislamiento

Es de vital importancia el control de humedad ya que afecta el enlace. La contaminación de la saliva causa la precipitación de glicoproteínas en el esmalte que inhibe o reduce la formación de los tags de resina. Se recomienda realizar aislamiento absoluto con dique de hule durante la aplicación de sellador, sin

embargo, si no es posible, se pueden utilizar otros métodos como rollos de algodón.^{37,41,54}

Paso III: Grabado del esmalte

El grabado ácido rompe la tensión superficial, promoviendo una superficie susceptible de adhesión. Esto crea una capa porosa morfológica de 5 a 50 μm al eliminar aproximadamente 10 μm de esmalte. El ácido maleico y el ácido poliacrílico se pueden utilizar para el grabado ácido, sin embargo, el ácido que se usa más comúnmente, es el ácido ortofosfórico al 35% o 37%; disponible tanto en forma líquida como en gel. La contaminación con saliva puede afectar estrictamente la retención y eficacia del sellador.^{42,47,54}

Paso IV: Enjuague y secado.

Se realiza, el enjuague de la superficie del diente con agua, con el fin de eliminar el ácido grabador y posteriormente, secar superficie. Debe ser entre 15-20 segundos. Después del secado, la superficie del esmalte debe aparecer blanca, calcárea y escarchada.

Nunca debe ser limpiada con algodón o cualquier otro material. La eliminación rápida del material, evita la estimulación del aumento del flujo salival. Después de secar el sitio acondicionado, la saliva nunca debe entrar en contacto con la misma ya que esto puede causar contaminación de la superficie. Esto se debe a que el esmalte posee mayor energía superficial en este momento y el contacto con la saliva puede conducir a la unión de proteínas a la superficie y, por lo tanto, a la contaminación. Se sugiere una nueva aplicación de ácido durante 10 s si se produce tal contaminación.^{55,56} Se sugiere el suministro de aire solo mientras se usa una jeringa triple.⁴⁶

Paso V: Aplicación del sellador.

Los selladores a base de resina se aplican al esmalte que penetra en la superficie del esmalte tratado. Es necesario evaluar el sellador aplicado antes de cualquier tipo de contaminación por contacto de saliva. Las propiedades físicas y la adhesión del sellador se rigen en gran medida por la orientación y el diámetro de la punta de la sonda de luz. La contracción de la polimerización es una amenaza común para la aplicación de selladores. Para reducir este inconveniente, los fabricantes de selladores aumentaron su contenido de relleno reduciendo así la contracción de la polimerización.

La técnica para colocar los selladores está determinada por el material que se está utilizando. La figura 2, resume la secuencia de aplicación de selladores según el tipo de material (sellador de resina o sellador a base de ionómero de vidrio) y la técnica.⁴⁶

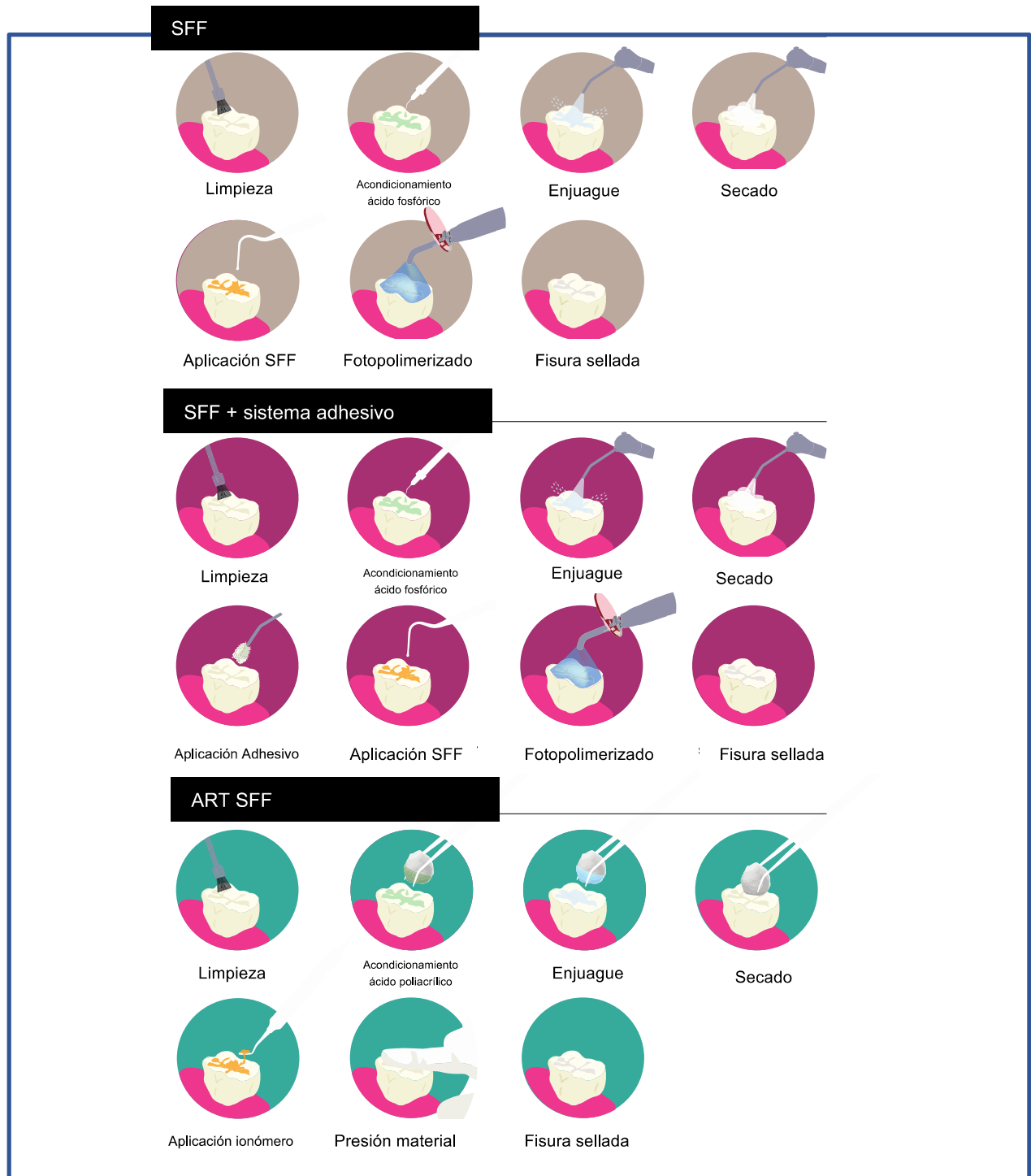


Figura 2. Secuencia de colocación de sellador a base de resina (a), sellador a base de resina combinado con un agente adhesivo (b) y sellador de ionómero de vidrio utilizando la técnica de ART (c) Tomado y modificado de Leal, 2019.⁴⁶

Paso VI: Control y oclusión

Una vez completada la polimerización, se deben eliminar restos de material, verificar con el explorador que no existan burbujas ni zonas retentivas, en caso de que quede algún defecto, se deberá reaplicar. Se debe comprobar que no existen interferencias oclusales o sobre obturación, si es el caso, deben eliminarse con fresa, y posteriormente pulir. Es importante también, asegurarse que no haya restos en el espacio interproximal.³⁷

Paso VII: Seguimiento

Deben quedar registradas en la historia clínica, con fecha, las superficies selladas y el tipo de material utilizado. Se debe revisar anualmente; Si se pierde algún material, debe ser reemplazado.^{37,46,54}

1.4.12 Avances recientes en selladores

Selladores de colores

Algunas casas comerciales han incorporado color a sus materiales, los cuales cambian durante la fotopolimeración, por ejemplo, Clinpro de 3M, que cambia de rosa a blanco. HeliOSEAL de Vivadent, de claro a verde cuando se expone a la luz visible.³⁵

Selladores hidrofílicos

Los selladores hidrófilos pueden reemplazar a los monómeros hidrófobos. Un ejemplo es Embrace wet bond TM. Este es un tipo de selladores de fosas y fisuras a base de resina que penetra fácilmente en las fisuras y se adapta a la superficie. Los materiales de unión húmeda de Embrace están diseñados especialmente para el ambiente oral húmedo.³⁷

Selladores con propiedad antimicrobiana

Las adiciones más recientes de los selladores de fosas y fosas a base de resina, son la clorhexidina y el fluoruro.

Los materiales de resina modificados con MAE-DB exhiben propiedades antibacterianas más duraderas y un antibiofilm contra *Streptococcus mutans*.

La adición de nanopartículas de plata y óxido de zinc ha mostrado un efecto beneficioso contra *S. mutans*. En comparación con los selladores convencionales, las nanopartículas de plata reducen la desmineralización de los dientes y aumentan la remineralización de forma satisfactoria.³⁷

Hipoclorito de sodio para esmalte. Pre-grabado.

Se ha sugerido que el hipoclorito de sodio (5,25%) es un agente desproteinizante antes del grabado ácido para aumentar la resistencia de la unión.³⁷

Pre-grabado con surfactante

Cuando se usan surfactantes en las fisuras, penetra hasta completar la profundidad en 1 minuto con una menor tensión superficial y un ángulo de contacto. Los surfactantes con menor viscosidad pueden aumentar la humectabilidad y la retención de los selladores.³⁷

Sellador de carbómero de vidrio

El cemento de carbómero de vidrio se puede usar como un material de sellado de fisuras alternativo, especialmente en niños pequeños donde el control de la humedad es difícil en comparación con el ionómero de vidrio convencional en términos de solubilidad y microfiltración.³⁷

La incidencia de caries en los molares temporales y permanentes tanto de niños como de adolescentes se reduce de manera efectiva en comparación con la aplicación de barniz de fluoruro, o ausencia de dichos selladores. Estudios muestran que la efectividad de la terapia preventiva de selladores de fosas y fisuras es superior, ya que hay menos incidencias de caries secundarias. La evidencia científica muestra que los selladores de fosas y fisuras totalmente retenidos son capaces de prevenir las caries incluso después de 22 años de colocación.^{46,54}

1.5 Adhesión

1.5.1 Generalidades

El desarrollo y uso regular de materiales adhesivos ha comenzado a revolucionar muchos aspectos de la odontología tanto restauradora como preventiva. Las formas de preparación de cavidades han ido evolucionando debido a que, con los materiales adhesivos, ya no es necesario preparar la cavidad para proporcionar retención mecánica a través de diseños retentivos tales como colas de milano, ranuras, cortes, ángulos internos agudos para retener el relleno. Estas técnicas son, por tanto, responsables de la conservación de grandes cantidades de sustancia dental sana.

Para lograr uniones duraderas de alta resistencia entre la estructura dental y materiales de restauración ha sido un reto a lo largo de los años, lo cual conduciría a un verdadero modelo quirúrgico de operatoria dental y la subsecuente aplicación universal de la odontología mínimamente invasiva.

Este enfoque proporciona las ventajas de (1) simplificación del trabajo, (2) reducción del tiempo de tratamiento, (3) reducción de costo biológico, (4) capacidad de retención de materiales sin ningún auxiliar, incluidos alfileres y postes, y (5) mejora de la calidad de la interfaz entre los materiales y las paredes del diente.⁵⁷

La nano o microfiltración es un problema dental importante que probablemente sea responsable de muchos casos de caries secundaria, pueden reducirse o eliminarse, por lo que los adhesivos son fundamentales para el éxito de los materiales dentales

en la odontología actual. El acondicionamiento con ácido, ya sea esmalte o dentina, para la adhesión a priori o concomitante, se ha adicionado en los métodos para aumentar la retención de materiales y reducir significativamente las microfiltraciones en las interfaces material-diente.⁵⁷⁻⁵⁹

Los adhesivos dentales son soluciones de monómeros de resina que hacen que la interacción de la resina con el sustrato dental se logre. La composición básica de los primers de autograbado y los sistemas adhesivos de autograbado es una solución acuosa de monómeros funcionales ácidos, con un pH relativamente más alto que el del ácido fosfórico. El papel del agua es proporcionar el medio para la ionización y la acción de estos monómeros ácidos de resina. Los sistemas adhesivos de autograbado también contienen monómero HEMA porque la mayoría de los monómeros ácidos son poco solubles en agua y aumentan la humectabilidad de la superficie de la dentina. Se añaden monómeros bi o multifuncionales para proporcionar resistencia a la reticulación formada a partir de la matriz monomérica. Los sistemas adhesivos se componen de monómeros con grupos hidrofílicos y grupos hidrofóbicos. Los primeros mejoran la humectabilidad a los tejidos duros dentales, mientras los últimos permiten la interacción y copolimerización con el material de restauración. La composición química de los adhesivos también incluye fotoiniciadores, inhibidores o estabilizadores, solventes.^{13,58,60}

La parte mineralizada del diente es una estructura compleja hecha de diferentes tejidos duros, que tienen una morfología y composición específicas.

El esmalte está compuesto por una estructura cristalina sólida dura: hidroxiapatita (HAp) con fuertes fuerzas intermoleculares, alta energía superficial, agua y materia orgánica.

La dentina es un compuesto biológico de HAp que contiene colágeno. La dentina es intrínsecamente húmeda, y menos dura que el esmalte, con bajas fuerzas intermoleculares y baja energía superficial. La dentina es diferente del esmalte, ya que tiene una capa de lodo dentinario (smear layer), contenido orgánico y presencia de líquido dentro de los túbulos dentinarios. Además, la densidad de los túbulos dentinarios varía con la profundidad dentinaria, al igual que el contenido de agua de

la dentina, es el más bajo en dentina superficial y más alta en dentina profunda.^{13,57,59}

1.5.2 Conceptos básicos de adhesión

La definición de adhesión como "el estado en el que dos superficies se mantienen unidas por fuerzas interfaciales que pueden consistir en fuerzas de valencia o fuerzas entrelazadas o ambas" (Acorde a la Sociedad Estadounidense de Ensayos y Materiales, especificación D907).

Del latín *adhaerere* ("apegarse a"), los materiales adhesivos son frecuentemente fluidos viscosos, los cuales unen dos sustratos cuando solidifican y al mismo tiempo transfieren una carga de una superficie a la otra. La fuerza de adhesión es la medida de la capacidad de carga de la unión adhesiva.

Se identifican cuatro mecanismos diferentes de adhesión, como son mecánica, adsorción, difusión, electrostática.

Sin embargo, en odontología en cuanto a la adhesión de los materiales a base de resina se describen los siguientes:

- Mecánica, cuando penetra la resina y forma tags.
- Adsorción, esta es una adhesión química con los tejidos duros, ya sea esmalte o dentina.
- Difusión, cuando se precipitan sustancias sobre la superficie y los monómeros se adhieren ya sea física o químicamente.
- Combinación de los mecanismos anteriores.

Para que exista una buena adhesión el contacto debe ser íntimo entre el adhesivo y el sustrato. La tensión superficial del debe ser menor a la del sustrato, ya que de otra forma pueden ocurrir fallas, ya sea adhesivas, cohesivas o una combinación de ambas.⁶¹⁻⁶³

1.5.3 Términos importantes relacionados con los sistemas adhesivos

Capa híbrida: Una vez desmineralizada la superficie de la dentina mediante acondicionamiento ácido, se liberan fibrillas de colágeno. Las nanocavidades formadas por cristales de hidroxiapatita desmineralizada son llenadas por monómeros de baja viscosidad al penetrar en esta región y rodear el colágeno. Al polimerizarse resina se une micromecánicamente con el colágeno. A esta capa reforzada con resina y resistente a los ácidos es denominada “capa híbrida”. El principal mecanismo de unión de los materiales de restauración adhesivos se basa en la formación de la capa híbrida.⁶²

Tags de resina: Son extensiones de resina que fluyen hacia los túbulos dentinarios abiertos. La estructura de estos tags varía según la técnica de aplicación del ácido, el grosor de la dentina, humedad superficial y estructura de la dentina. Los "tags submicrónicos" se forman cuando la resina adhesiva se infiltra en los túbulos laterales.⁶⁴

Primers: Agentes potenciadores de la unión y consisten en monómeros hidrófilos disueltos en solventes orgánicos como agua, acetona y etanol. Facilitan la infiltración del monómero en las nanocavidades de la red de colágeno resultante reemplazándolas con agua en la superficie de la dentina y en la red de colágeno húmedo mediante sus componentes volátiles. Los primers permiten que la resina se difunda mejor en el tejido de la dentina, aumentando la calidad y resistencia de la capa híbrida. Dicho de otra manera, los primers armonizan la dentina hidrofílica con la resina hidrofóbica. La unión ideal se completa después de que el polímero se entrelaza con fibrillas de colágeno y cristales de hidroxiapatita y los envuelve.⁶²

La capacidad del clínico para lograr la adhesión de materiales restauradores al esmalte ha sido un logro importante de la odontología moderna. Diversos materiales restauradores que dependen de la unión del esmalte ahora están disponibles para la práctica clínica. Estos materiales incluyen compuestos de resina, compómeros, ionómeros híbridos y ionómeros de vidrio.⁶³

1.5.4 Historia

1949 Dr. Hagger Historia de los adhesivos dentales, suizo químico que trabajaba para DeTrey / Amalgamated Dental Company, patentó el primer adhesivo dental.

1952 Mclean y Kramer, “Sevriton Cavity Seal”, químicamente adherido a la estructura del diente. Primer informe de cambios en la dentina promovidos por un monómero ácido y pueden considerarse el precursor del concepto de capa híbrida.

1954 Buonocore primeros experimentos sobre adhesión al esmalte a través del grabado ácido y se centró en alterar la superficie del esmalte para obtener una unión con el material de relleno. Además de su investigación pionera 1955 describió el uso de ácido fosfórico al 85% para modificar la superficie del esmalte para proporcionar una superficie adecuada para mejorar la adhesión y subsecuente retención de resina acrílica en fosas y fisuras.

1960 A mediados, aparecen primeros SFF de venta al público hechos a base de resina que utilizaban en la clínica esta tecnología adhesiva. clínicamente. Y a finales de los 60's, Buonocore propuso que la unión a la dentina era posible.

1970 Eick, observó la capa de lodo dentinario utilizando el microscopio electrónico de barrido (SEM) y, al mismo tiempo se utilizó el concepto de grabado total.

1980 Los adhesivos lavado-enjuague, ganaron aceptación.

1982 Nakabayashi, fue el primero en demostrar la verdadera formación de capas híbridas, además nombró a este nuevo biocompuesto por el nombre de capa híbrida; demostró que la resina podía infiltrarse en la dentina grabada con ácido para formar una nueva estructura compuesta por una matriz de resina reforzada por fibrillas de colágeno.

1990 Introducción del adhesivo de grabado total de tres pasos. El sistema representó una revolución en la odontología adhesiva. Con esto se logra una hibridación completa mediante el uso de primers; finales de los 90's se introdujeron en el mercado los sistemas adhesivos de grabado total de dos pasos y el autograbado de dos pasos.

Los agentes adhesivos simples originales han ido evolucionando a sistemas de varios pasos, sin embargo, el desarrollo reciente se centra en la simplificación de la aplicación de los procedimientos para disminuir la sensibilidad de la técnica y reducir tiempo de trabajo.^{13,62}

Después de veinte años de que Buonocore estableció la odontología restauradora moderna en 1955, cuando describió una técnica para la unión de materiales acrílicos al esmalte usando ácido fosfórico; el uso generalizado de las técnicas de grabado ácido inició la era de la odontología adhesiva.⁶⁵⁻⁶⁶

HISTORIA



Figura 3. Constructo del autor

1.5.5 Adhesivos dentales y mecánica de adhesión

Uno de los principales objetivos de una restauración adhesiva, es conseguir que el material restaurador tenga una adaptación íntima con el sustrato dental. El proceso de unión del esmalte es diferente del de la dentina, ya que ésta, tiene un contenido mucho más húmedo y orgánico que el esmalte.

A continuación, se presenta la composición de los adhesivos dentales, los cuales son:

- Sistema iniciador
- Fotoiniciadores
- Iniciadores químicos
- Inhibidores

- Solvente
- Agua
- Etanol
- Acetona
- Relleno
- Modificadores.^{67,68}

Mecánica de adhesión

Para entender la interacción entre la resina y el diente mediante los componentes químicos de ambos, es necesario conocer la mecánica de adhesión la que se compone de:

- *Sustrato*. Esmalte y dentina, el adhesivo debe tener propiedades tanto hidrofílicas como hidrofóbicas debido a la composición de cada tejido para lograr la cohesión.
- *Lodo dentinario*. Capa de detritos dentales de aproximadamente 1 μm posterior a la instrumentación, la cual tiene una función protectora ya que disminuye la permeabilidad de la dentina, sin embargo, penetra parcialmente en los túbulos dentinarios lo cual provoca una adhesión inadecuada.
- *Grabado del esmalte*. Deja un patrón de superficie irregular, en el que los prismas del esmalte son cortados tanto vertical como transversalmente para lograr micro retenciones donde fluye la resina formando tags.
- *Grabado dentinario*. Amplía las aberturas de los túbulos dentinarios, remueve el lodo dentinario y desmineraliza la superficie de la dentina. Esta desmineralización de la dentina peritubular crea una expansión de los túbulos de aproximadamente de 10 μm de profundidad exponiendo las fibras colágenas, lo cual es fundamental para una adhesión efectiva, ya que crea una unión micromecánica.¹⁰

Los sistemas adhesivos actuales han permitido mejorar los procedimientos clínicos tanto en la evolución de los componentes y su mecanismo de acción, como en la

disminución del tiempo operatorio de aplicación de cada uno de ellos, brindando una eficacia clínica aceptable y predecible.^{10,11} (Ver figura 4).

Tabla 1. Clasificación de adhesivos de acuerdo a la generación, mecanismo de adhesión y pasos

GENERACIÓN	DESARROLLADO	MECANISMO	PASOS	DESCRIPCIÓN
1	1960's	En desuso		Grabado de esmalte únicamente, adhesión al lodo dentinario.
2	1970's	En desuso		Grabado de esmalte solo, casi todos los agentes adhesivos de 2ª generación dejan la capa de lodo intacta, algunos utilizaron limpiadores para removerla.
3	1980's/1990's	Grabado y lavado	Grabado selectivo/3 pasos	Grabado selectivo/grabado-lavado con H ₃ PO ₄ u otro ácido. Acondicionamiento dentinario con primer para modificar o remover capa de lodo.
4	1990's	Grabado y lavado	Grabado total/3 pasos	Grabado total/grabado-lavado: primer y adhesivos separados.
5	Mediados 1990's	Grabado y lavado	Grabado total/2 pasos	Grabado total/grabado-lavado: primer y adhesivos combinados.
6	Finales 1990's	Autograbado	autograbado/2 pasos	Autograbado-lavado: grabado y primer combinados = adhesión hidrofóbica.
7	2002	Autograbado	Autograbado/1 paso "all-in-one"	Autograbado-lavado: grabado, primer y adhesivo combinados.

Fuente: Hamdy 2018.¹⁰

1.5.6 Concepto de interfase

Espacio que separa el diente de la restauración. Se trata de una zona de gran inestabilidad la cual sufre la mayor tensión.

Distinguimos dos partes o caras dentro de la interfase:

- Dentaria (esmalte y/o dentina).
- Restauradora material de obturación.⁶⁹

El proceso de adhesión sobre la superficie del esmalte, se relaciona con el acondicionamiento de dicha superficie, en el cual, se remueve contaminación, incrementa la porosidad lo que aumenta la energía superficial del esmalte.

1.5.7 Principios de Adhesión

La definición en términos descriptivos de adhesión es la unión de materiales diferentes. Cuando se aplican a las superficies, los adhesivos unen materiales para resistir la separación y transmitir cargas a través de las uniones. Los materiales que se unen se denominan comúnmente sustratos o adherentes.

La adhesión no es una propiedad inherente de un adhesivo. Más bien, es la respuesta de un ensamblaje a cargas de deformación. En terminología dental, esto se denomina "fuerza de unión". Cuando se aplica tensión al conjunto, se absorbe energía. El adhesivo transfiere y distribuye la tensión a los componentes de la articulación. La respuesta a la tensión al estrés es una manifestación de las propiedades de todos los materiales que componen el conjunto.

En odontología, se usa para describir el proceso de fijación de materiales restauradores, como una resina compuesta, a un diente por adhesión (la atracción de átomos o moléculas de dos superficies de contacto diferentes).^{60,64,70}

El éxito o el fracaso de las restauraciones de resina depende sustancialmente de la calidad de los adhesivos, a su vez también depende del aislamiento para controlar los fluidos (fluido dentinal y saliva) y agua.

Los objetivos principales de la adhesión son (1) restauración, retención y estabilidad; (2) absorción y contrarrestar las tensiones de contracción; (3) sellado complejo de dentina pulpar; (4) reducción de la sensibilidad postoperatoria; (5) refuerzo de la estructura dental; y (6) reducción o eliminación de microfiltración.

Los adhesivos utilizados en restauraciones realizan funciones como dar durabilidad a largo plazo, al proporcionar un sellado perfecto, la rehabilitación funcional del diente mediante la distribución de fuerzas, así como proporcionar retención a la restauración y contrarrestar las fuerzas de contracción del mismo material.⁶⁰

Los adhesivos dentales son soluciones de monómeros de resina que hacen posible la interacción del sustrato dental de resina. La composición de los sistemas adhesivos es a base de monómeros con grupos tanto hidrofílicos, que mejoran la humectabilidad de los tejidos duros dentales como hidrofóbicos, que permiten la interacción y la copolimerización con el material restaurador. En su composición química, los adhesivos también contienen fotoiniciadores, inhibidores o estabilizadores, solventes y, en algunos casos, rellenos inorgánicos.^{13,67}

El objetivo primordial de las restauraciones adhesivas, es lograr un contacto íntimo entre los materiales restauradores y los tejidos duros dentales.^{57-60,65-66}

Para comprender como actúan los enlaces adhesivos, es necesario conocer la composición y estructura de dos tejidos principales, el esmalte y la dentina.

A pesar de que los tejidos duros del diente, están mineralizados, su estructura es compleja, ya que tienen una composición y una morfología completamente distintas. El esmalte tiene una estructura cristalina sólida dura, hidroxiapatita (HAp) con fuertes fuerzas intermoleculares, alta energía superficial, agua y material orgánico. La dentina es un compuesto biológico de HAp que envuelve el colágeno. A diferencia del esmalte, es intrínsecamente húmeda y menos dura, con bajas fuerzas intermoleculares y menor energía superficial. Tiene contenido orgánico y presencia de líquido dentro de los túbulos dentinarios, cuya densidad varía con la profundidad de la dentina, así como su contenido de agua. La permeabilidad de la resina a la dentina intertubular será responsable de la mayor parte de la fuerza de unión.^{13,60}

Lodo dentinario

Es la capa superior del tejido dental, que se produce durante la preparación cavitaria, y que está constituido por una mezcla de fibras colágenas, fragmentos de cristales de hidroxiapatita, bacterias, detritus orgánico e inorgánico. Esta capa tiene un grosor de 0,5 a 5 μm .⁷¹

Además, los orificios de los túbulos dentinarios son obstruidos por detritus que pueden extenderse hasta una profundidad de 1 a 10 mm hacia el interior del túbulo. Estos tapones de smear layer o lodo dentinario consisten en hidroxiapatita rota que

se encuentra triturada, colágeno fragmentado y desnaturalizado, también pueden estar contaminados por bacterias y saliva. El grosor y la morfología del lodo dentinario se relaciona con las preparaciones de la cavidad. En la clínica, el lodo dentinario se comporta como una verdadera barrera física, reduciendo la permeabilidad dentinaria en un 86%.⁷²

Para eliminar dicha capa, se requiere un cierto grado de grabado antes de la unión química a la superficie de la dentina para mejorar la fuerza de adhesión y longevidad del material.¹³

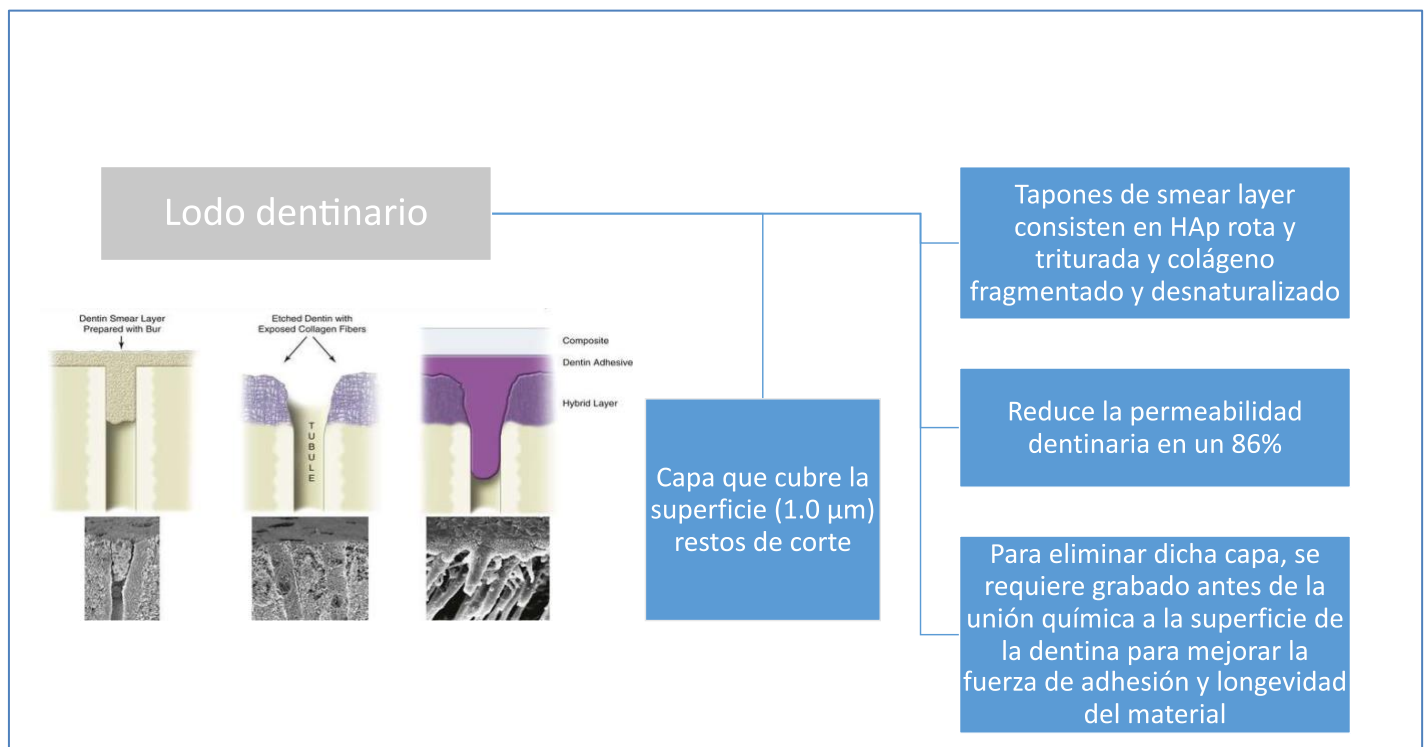


Figura 4. Imágenes de lodo dentinario. Bowen, 1984.⁷³

1.5.8 Variables en los sistemas de adhesión

Para lograr una adhesión ideal se han desarrollado diversos tipos y sistemas de adhesión, sin embargo, hay que tomar en cuenta la heterogeneidad de los tejidos dentales (esmalte y dentina) debido a su composición.⁷⁴

Los adhesivos son compuestos que contienen tanto monómeros hidrófilos como hidrófobos. La principal diferencia entre los adhesivos hidrófilos e hidrófobos es la química de sus monómeros y solventes. Los monómeros más utilizados en el sistema adhesivo son el metacrilato de hidroxietil (HEMA) y el metacrilato de bisfenol glicidil (bis-GMA). El primero, HEMA, es totalmente miscible en agua y sirve como un excelente agente humectante polimerizable para los adhesivos dentales. El Bis-GMA, en cambio, es el principal monómero utilizado en la mayoría de los composites dentales y muchos adhesivos, es mucho más hidrofóbico y solo absorberá alrededor del 3% de agua en peso en su estructura cuando se polimeriza.⁵⁹ Para mejorar la humectación, la extensión y la penetración de los monómeros polimerizables en el sustrato de dentina, se añaden solventes a la mezcla como agentes "diluyentes"; normalmente agua, alcohol etílico, alcohol butílico (hidrófilos), los cuales mejoran la interacción de los monómeros con el agua superficial o acetona, la cual desplaza el agua del interior de la dentina. Sin embargo, cualquier solvente que no se haya secado apropiadamente, se incorporará a la capa de unión y puede servir como un contaminante que debilita la fuerza de unión.¹³ El grabado ácido sobre la dentina ha sido uno de los aspectos más estudiados y que ocupan mucha atención tanto para clínicos como para investigadores por ser un factor crítico y definitivo para la calidad de la adhesión, a pesar de que la adhesión es un procedimiento clínico establecido y predecible.

Otro aspecto para ser tomado en consideración es tanto el sobre-secado, que provoca un colapso de la malla de colágeno, que impide la difusión del material en los túbulos; como el exceso de humedad, lo que da como resultado una fuerza de unión más baja debido a la dilución del adhesivo. Además, el grabado excesivo de la dentina puede producir una unión débil debido ya que los monómeros de resina no penetran en los túbulos dentinarios abiertos y no permiten el movimiento del

fluido dentro de los túbulos, por lo que se experimenta dolor o sensibilidad posoperatoria.

Históricamente, se han estudiado y establecido los tiempos de grabado, siendo ideal para obtener una adhesión adecuada, en esmalte y dentina de 15 a 30 segundos respectivamente.^{13,65}

Los adhesivos dentales deben tener ciertas propiedades específicas, como son, prevenir microfiltración y subsecuente caries secundaria, resistir contracción de polimerización, adhesión mecánica tanto al esmalte como a la dentina, capacidad de unión entre el esmalte y restauraciones como porcelana o metal, aplicación en superficies húmedas, facilidad de uso clínico sin precisión técnica, que elimine sensibilidad posoperatoria, biocompatibilidad.⁶²

1.6 Adhesión en esmalte

1.6.1 Preparación de la superficie

Buonocore, en 1955 introdujo la técnica de grabado ácido, la cual permitió la unión de materiales a base de resina sobre la superficie del esmalte. En sus estudios se menciona que la resina acrílica podía adherirse al esmalte humano mediante un tratamiento previo con ácido fosfórico al 85% durante 30 segundos.⁷⁵

Después de muchos años y estudios, la adhesión de materiales adhesivos se ha seguido haciendo mediante la aplicación previa de un grabado ácido, el cual se puede utilizar en concentraciones de 30% a 40%, que proporciona superficies de esmalte con el aspecto más retentivo y el tiempo de aplicación varía según el sustrato al que se vaya a aplicar.⁷⁵⁻⁷⁷

El grabado ácido crea una capa superficial de esmalte poroso que varía en profundidad desde 5 a 50 μm .⁷⁵ Tiene como objetivo modificar el contorno de la superficie, aumentando la energía superficial buscando una mayor humedad debido a un menor ángulo de contacto del adhesivo con el tejido. Estructuralmente, el grabado ácido reacciona con la liberación de carbono, calcio y fósforo, formando así irregularidades en el espacio intra e interprismático.⁷⁶

Las microporosidades creadas sobre la superficie del esmalte grabado con ácido, disuelve selectivamente los prismas del esmalte, creando microporosidades que permiten que el agente de unión penetre por medio de atracción capilar. Y posterior a la fotopolimerización se logra en retención microcromecánica derivada de tags de resina que penetran en dichos espacios disueltos. Esto permite el sellado de la restauración, así como protección a la dentina subyacente.^{78,79}

1.6.2 Grabado

El acondicionamiento o grabado es necesario para lograr una adhesión adecuada de los materiales adhesivos, ya sea sobre esmalte o dentina; generalmente aplicando soluciones ácidas, sin embargo, también se reporta en la literatura otros métodos, como son abrasión con aire, láser, autograbado, etc.^{80,81}

La morfología de la superficie del esmalte para lograr la retención cuando éste ha sido grabado, depende de diversas características, tal como, la composición química del esmalte, el tipo y concentración de ácidos y el tiempo de grabado. Existen estudios que demostraron que la variación del tiempo de grabado de 15 a 90 s, con 35-37% de ácido fosfórico, no presenta un impacto significativo en la fuerza de unión al cizallamiento de los brackets de ortodoncia.⁵³

Se han realizado diferentes estudios para la caracterización del esmalte grabado, sin embargo, debido a que muchos utilizan microscopía electrónica, sólo se reportan datos topográficos cualitativos de la superficie del esmalte.⁸²

De las observaciones realizadas mediante MEB, se describen los siguientes patrones que fueron clasificados en cinco tipos:

Tipo 1. Disolución preferencial de los núcleos del prisma, lo que da como resultado una apariencia de panal de abejas.

Tipo 2. Disolución preferencial de las periferias de los prismas, dando una apariencia de adoquín.

Tipo 3. Una combinación de patrones tipos 1 y 2.

Tipo 4. Superficies de esmalte fisuradas, así como estructuras que parecen mapas o redes sin terminar.

Tipo 5. Superficies planas y lisas.⁷⁸



Figura 5. Constructo del autor

Todos los patrones pueden presentarse en un mismo órgano dentario. Los patrones 1 y 2 son los ideales. Se han encontrado valores de adhesión micromecánica de 20 MPa (SBS), sin embargo, Reynolds,⁸³ declaró que 5.9-7.8 MPa es suficiente para soportar las fuerzas masticatorias.

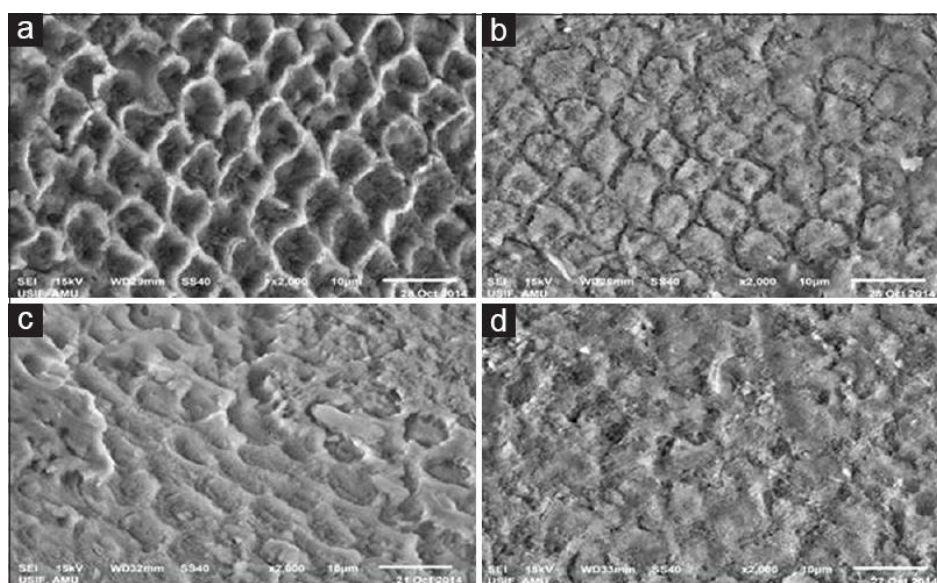


Figura 6. Imágenes de patrones de grabado. a. Tipo 1, b. Tipo 2, c. Tipo 3, d. Tipo 4. Silverstone et al. (1975)⁷⁷

1.6.3 Autograbado

Para promover la adhesión al esmalte, se han utilizado varias concentraciones de ácido fosfórico para grabar el esmalte. La mayoría de los geles de ácido fosfórico actuales tienen concentraciones de 30% a 40%, siendo el de 37% el más común, aunque algunos estudios que utilizaron concentraciones más bajas han informado valores de adhesión similares. Inicialmente, se recomendó un tiempo de grabado de 60 segundos para el esmalte permanente con ácido fosfórico del 30% al 40%. Aunque un estudio concluyó que los tiempos de grabado más cortos resultaban en resistencias de unión más bajas, otros estudios que utilizaron microscopía electrónica de barrido (MEB) mostraron que un grabado de 15 segundos resultó en una rugosidad de la superficie similar a la proporcionada por un grabado de 60 segundos.⁷⁸ Los estudios *in vitro* han mostrado resistencias de unión similares para tiempos de grabado de 15 y 60 segundos.⁶¹

Sistemas adhesivos de autograbado

En la actualidad, los sistemas adhesivos han evolucionado tanto en su composición, como en su mecanismo de acción, lo que ha permitido mejorar los procedimientos clínicos. Durante el desarrollo de dichos sistemas, se han dividido en dos grupos:

Sistemas adhesivos de grabado total. Son sistemas adhesivos de grabado y lavado requieren de una fase previa de acondicionamiento del tejido con ácido, comúnmente, el ácido ortofosfórico al 37%, el cual proporciona una superficie, rugosa, porosa e irregular que permite la penetración de monómeros de resina polimerizables, para que, de este modo, ocurra una retención micromecánica a través de los “tags” de resina.

Sistemas adhesivos autograbadores. Los cuales se caracterizan por monómeros ácidos que no requieren lavado, dichos sistemas, se han popularizado ya que requieren menos pasos, simplificando la técnica.^{11,84}

El mecanismo de acción de los autograbadores, es que el acondicionado, desmineralizado e infiltrado en esmalte y dentina se realiza de forma simultánea. La eliminación del paso de grabado y lavado puede disminuir el riesgo de sobre-acondicionamiento, minimizando el problema de la inadecuada penetración de los monómeros adhesivos.^{16,65}

Estos sistemas de autograbado han demostrado conseguir fuerzas de unión a la dentina adecuadas y estables, incluso superiores a las obtenidas con los anteriores sistemas adhesivos.¹¹

Los sistemas adhesivos son un grupo de biomateriales cuyo objetivo principal es tener la capacidad de cumplir con los tres objetivos de la adhesión dental propuestos por Norling, los cuales son: conservar y preservar la estructura dentaria, conseguir una retención óptima y duradera, así como evitar microfiltraciones.^{11,71}

En la literatura existen diversas clasificaciones para los sistemas adhesivos.

Todos los sistemas adhesivos actuales se adhieren al esmalte o la dentina a través de los mecanismos descritos.^{13,65} En algún nivel, se ajustan a los pasos genéricos para la promoción de la adhesión, ya sea que las soluciones utilizadas se apliquen de forma secuencial o concomitante. Lo que distingue a las diferentes clases de adhesivos son los modos de aplicación de las soluciones y, dentro de las clases, los componentes y las químicas inherentes a un material en particular.^{13,67}

Cabe señalar que uno de los sistemas de clasificación que se encuentran en la literatura se basa en la secuenciación generacional.⁶⁵ Es a partir de estos avances que se logrará el objetivo de la práctica rutinaria de la odontología mínimamente invasiva.⁷⁶

La odontología contemporánea, en cuanto a sistemas adhesivos ha sido inundada por "generaciones" en una sucesión relativamente rápida.

No existe un fundamento científico para el término "generación" en los adhesivos dentales, y la clasificación es hasta cierto punto arbitraria, sin embargo, es muy útil para la organización de cientos de productos disponibles comercialmente en un pequeño número de productos más comprensibles y fáciles de usar.¹³ Las

designaciones generacionales ayudan a clasificar las químicas adhesivas específicas involucradas. También son muy útiles para predecir la fuerza de la unión dentinaria y su facilidad de uso clínico. La clasificación generacional beneficia tanto al dentista como al paciente al simplificar las tareas y el flujo de trabajo del médico.^{11,13}

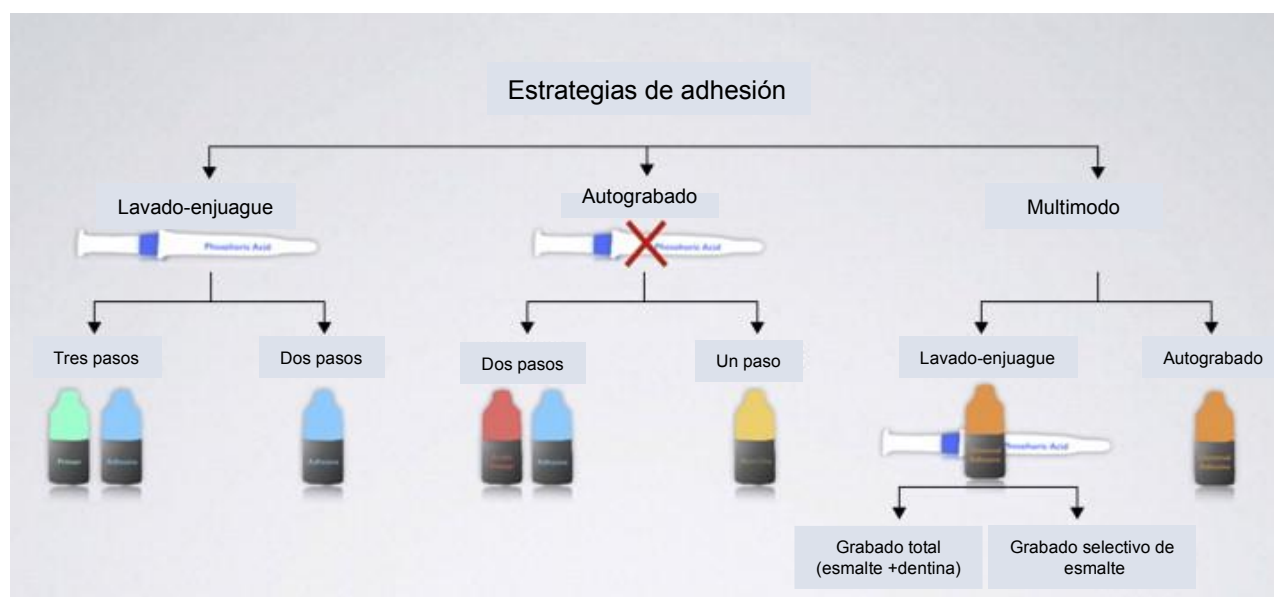


Figura 7. Tipos de Agentes de autograbado. Sofan E, *et al.* 2017. Tomado y modificado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5507161/pdf/1-17.pdf>.¹³

Por el mecanismo de adhesión y número de pasos:

1. Adhesivos de tres pasos (Total Etch Systems)

Requieren del grabado ácido (esmalte y dentina), lavado, secado, aplicación de un primer y adhesivo, previos a la colocación del material de resina. Una vez desmineralizados los tejidos, los primers transforman la superficie dental hidrofílica en hidrofóbica para conseguir así la adhesión de la resina. Estos agentes contienen en su composición monómeros polimerizables con propiedades hidrofílicas, disueltos en acetona, agua y/o etanol, los cuales sirven para transportar los monómeros a través de la superficie grabada.^{10,13}

Existen sistemas adhesivos que contienen solventes orgánicos volátiles como el etanol y la acetona, con capacidad para desplazar el agua remanente, facilitando así la penetración de los monómeros polimerizables por medio de las microporosidades producidas por el grabado ácido en esmalte, o dentro de los túbulos dentinarios abiertos y a través de los nanoespacios de la red de colágena dentinaria. De esta forma se conseguiría una infiltración completa.⁶²

Los primers solubles en agua contienen fundamentalmente HEMA y ácido polialquenoico. Estos materiales basan su mecanismo de acción aumentando la concentración de HEMA, posterior a su aplicación y al secar la superficie con aire, el agua se evapora. La aplicación del primer, continúa con una difusión, utilizando un chorro suave de aire, para remover el solvente y dejar una película brillante y homogénea en la superficie. El tercer paso consiste en la aplicación de un agente de unión hidrofóbico, el cual se unirá químicamente con la resina compuesta, aplicada posteriormente.⁶⁰

Entre las ventajas que se tienen con los sistemas de tres pasos, es su capacidad de obtener una adhesión adecuada tanto al esmalte como a la dentina. Sin embargo, la desventaja de estos sistemas es que son muy sensibles debido al número de pasos clínicos necesarios para su aplicación y al riesgo de sobre-humedecer o reseca la dentina durante el lavado y secado tras la aplicación del ácido grabador. Estos adhesivos han logrado valores de resistencia de unión de aproximadamente 31 MPa.^{60,66}

2. Adhesivos de dos pasos (Two step etch and rinse y two step)

En el grabado-enjuague, el primer y el adhesivo se presentan en un solo envase y por separado se aplica ácido grabador. Tienen el inconveniente de que el ácido debe lavarse con agua y luego secar, sin embargo, la dentina debe permanecer húmeda luego de este acondicionamiento, lo cual es difícil de estandarizar clínicamente debido a la inestabilidad de la matriz desmineralizada.

En el sistema de dos pasos, al primer se le adicionan monómeros con grupos ácidos capaces de ejercer la acción del agente de grabado ácido y de este modo

acondicionar el tejido dentario para la adhesión. Estos sistemas tienen la ventaja de que se elimina la fase lavado y la superficie de dentina queda adecuadamente preparada para recibir el agente adhesivo.⁶⁰

3. Adhesivos de un solo paso (Single Step all-in-one Adhesives)

Estos combinan las tres funciones, grabado ácido, primer y adhesivo en una sola fase y su ventaja principal consiste en la facilidad de su aplicación, además de eliminar el lavado de la superficie, solo requieren de un secado para distribuir uniformemente el producto antes de su fotopolimerización.^{60,85}

En estos sistemas adhesivos la técnica ha sido simplificada al máximo permitiendo mantener en una solución los componentes de monómeros acídicos hidrófilicos, solventes orgánicos y agua, indispensables para la activación del proceso de desmineralización de la dentina y el funcionamiento del sistema. Los solventes como acetona o alcohol son mantenidos en la solución, pero al ser dispensados se inicia la evaporación de los solventes, la cual dispara la reacción de la fase de separación, la formación de condensación de agua y la inhibición por el O₂, disminuye su grado de conversión, lo que promueve la degradación hidrolítica, modificando la capacidad de unión en la interfaz adhesiva. Se han reportado valores de resistencia al desalojo, de aproximadamente 20 MPa.^{11,71}

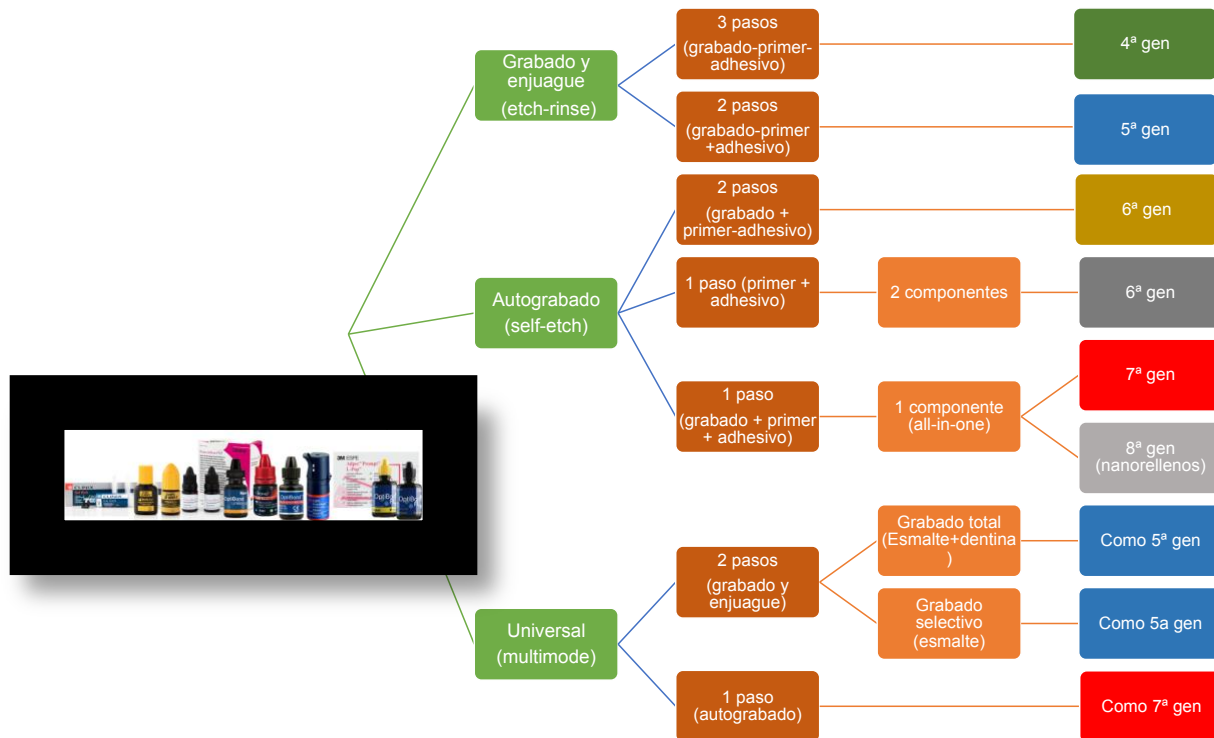


Figura 8. Generaciones de agentes de autograbado. Tomado y modificado de Sofan E, et al. 2017.¹³

Los sistemas de autograbado (self-etch) tienen la ventaja de controlar la sensibilidad a la humedad de la técnica de grabado y enjuague, simplificar los procedimientos clínicos de aplicación del adhesivo reduciendo el tiempo clínico.

La composición básica de los primers de autograbado y de los sistemas adhesivos de autograbado es una solución acuosa de monómeros funcionales ácidos, con un pH relativamente más alto que el de los atacantes de ácido fosfórico.¹³

Se clasifican según su acidez (pH)

- Fuertes ($\text{pH} \leq 1$): desmineralizan la dentina de manera similar a los adhesivos de grabado y enjuague.

- Intermedios (pH = 1.5): desmineralizan la dentina solo superficialmente dejando cristales HAp alrededor de las fibrillas de colágeno disponibles para una posible interacción química.
- Suaves (pH≈2): No se retira por completo el lodo dentinario del túbulo dentinario. Como resultado, se forma una capa híbrida poco profunda con medidas submicrónicas.
- Ultrasuaves (pH>2.5): Presenta una interacción nanométrica en profundidad, permitiendo una verdadera zona de nano-interacción, en oposición a la capa híbrida tradicional y más gruesa.⁶⁰ Los agentes autograbado contienen un monómero hidrófilo HEMA que actúa como codisolvente, minimiza la separación de fases y aumenta la miscibilidad de los componentes hidrófobos e hidrófilos en la solución y aumentando la humectabilidad de la superficie de la dentina; agua, proporcionar el medio para la ionización y la acción de estos monómeros de resina. Se añaden monómeros bi o multifuncionales, para proporcionar resistencia a la reticulación formada a partir de la matriz monomérica ya que contienen monómeros ácidos que simultáneamente "acondicionan" e "impriman" se consideran materiales adhesivos simplificados.⁵⁸

Tabla 2. Función de los componentes principales de los agentes adhesivos universales

Función de los componentes principales de los agentes adhesivos universales (no todos los materiales se encuentran en todos los agentes adhesivos).	
BisGMA	• “Columna vertebral de la mayoría de los materiales de resina actuales. • Facilita compatibilidad de sustancias hidrófilas (HEMA) y resinas hidrófobas. • Imparte alta resistencia mecánica.
10-MDP	• Acidifica el agente de unión. • Es un monómero funcional. • Forma un fuerte enlace químico con las superficies de HAp. • Promueve la adhesión a la sustancia dental mediante la formación de sales insolubles de MDP-Ca₂⁺. • Proporciona resistencia mecánica.
Vitrebond (copolímero)	• Ha sido un componente de los agentes de unión 3M desde 1993, siendo un copolímero de ácido polialquenoico modificado con metacrilato. • Proporciona un rendimiento tolerante a la humedad para la dentina, ya que es resistente a los cambios en la humedad de la superficie de la dentina.
HEMA	• Promueve la humectación de las superficies y ayuda a la penetración de los túbulos dentinarios.
D3MA	• Es un dimetacrilato hidrófobo. • Permite la reacción del adhesivo con otros monómeros en el composite restaurador o material de cementación.
4-META	• Originalmente descrito por Nakabayashi <i>et al.</i> • Facilita la unión a la HAp, pero también se adhiere a las superficies metálicas.
Dimetacrilato de uretano	• Cumple una función similar a BisGMA.
Canforquinona	• Iniciador sensible a la luz azul a 460nm.
Etolanol, acetona y agua	• Son solventes.

Tomado y modificado de Burke, 2017.⁸⁶

1.6.4 Medición de la fuerza adhesiva

Las mediciones son realizadas *in vitro* para evaluar tanto la fuerza de unión o adhesión, como la resistencia de la unión. Dichas mediciones se llevan a cabo para observar el potencial de unión de nuevos adhesivos y materiales restauradores al esmalte. Se obtienen dos importantes resultados, el primero es medir la fuerza de desunión en relación con un área unida. El segundo objetivo es observar la ubicación de la falla del enlace.^{87,88}

1.6.5 Resistencia al desalojo o desunión o resistencia a las fuerzas de cizalla (SBS)

La mayoría de los estudios que evalúan la eficacia de los adhesivos, miden la resistencia de la unión entre la superficie preparada y el material que se adherirá como por ejemplo resina. Para esta acción se utilizan dos tipos de procedimientos, uno es midiendo la resistencia al estiramiento en el mismo eje (“Tensile Bond Strength” TBS) o la resistencia a las fuerzas de cizallamiento en ejes perpendiculares (“Shear Bond Strength” SBS).

Se mide en unidades de newtons (N), kilogramos (kg) o libras (lb). Esta fuerza debe estar relacionada con el área nominal de unión. Las máquinas en las que se realizan estas pruebas, registran la fuerza en todas estas unidades, sin embargo, generalmente los tests de SBS suelen expresarse en Megapascuales (Mpa). Un Megapascal es la presión que ejerce un Newton sobre una superficie de un milímetro cuadrado.⁶³

Los sistemas adhesivos dentales son materiales adhesivos se utilizan cotidianamente en la práctica dental actual. Dichos materiales son beneficiosos para procedimientos tanto restaurativos como preventivos. Por ejemplo, colocación de selladores de fosas y fisuras, cementación de brackets de ortodoncia, restauraciones directas e indirectas de composites, cementación de postes intraradiculares, cementación de restauraciones de incrustaciones de dientes de color, cobertura de coronas totalmente cerámicas, puentes unidos y obturación de conductos radiculares, entre otras. Proporcionan un sellado entre el diente y la restauración, mejoran la retención de la restauración para poder realizar preparaciones más conservadoras, así como aumentar la resistencia al desalojo de las restauraciones.⁶⁰⁻⁶³

El logro de enlaces duraderos y de alta resistencia entre la estructura dental y los materiales restauradores conduce a la aplicación universal de la odontología mínimamente invasiva.

Este enfoque proporciona las siguientes ventajas:

- (1) Simplificación del trabajo
- (2) Reducción de tiempo de tratamiento

(3) Disminución de costo biológico

(4) Capacidad de retención de los materiales

(5) Mejora en la calidad de la interfaz entre los materiales y la estructura dentaria.^{65,70}

2. Planteamiento del problema

En la actualidad se prefieren técnicas preventivas mínimamente invasivas. El uso de selladores de fosas y fisuras en dientes susceptibles a caries es una de las más efectivas. Es de suma importancia su permanencia sobre la superficie sellada, se han investigado diferentes métodos que existen para mejorar su retención, ya que frecuentemente son desalojados debido a diversas circunstancias.

La retención de los selladores de fosas y fisuras dependen en gran parte del acondicionamiento del esmalte. El método convencional para realizar este procedimiento ha sido el grabado ácido; sin embargo, se ha observado una pérdida irreversible de esmalte de aproximadamente 10µm.

Los agentes de autograbado se han estudiado y han mostrado resultados favorables para su uso conjunto como alternativa para mejorar adhesión SFF.

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿El acondicionamiento del esmalte en conjunto con el uso de sistemas adhesivos de autograbado, mejorará la resistencia al desalojo de los selladores de fosas y fisuras en los órganos dentarios?

3. Justificación

Si bien los selladores dentales han sido reconocidos como un método eficaz para prevenir la caries, aún continúan los cuestionamientos clínicos en relación a las indicaciones, criterios y técnicas para su colocación, encaminados a optimizar su retención y efectividad en la prevención de la caries dental.⁵

Convencionalmente, para lograr la adhesión a estructuras dentarias, se ha realizado mediante el empleo de sistemas adhesivos con un grabado ácido de las estructuras dentarias, o más recientemente mediante agentes de autograbado que actúan como acondicionantes y adhesivos,⁸⁹ entre ellos los de 6ª y 7ª generación.

El propósito de esta investigación es identificar el efecto de los sistemas adhesivos de autograbado sobre la resistencia al desalojo que presentan los selladores de fosas y fisuras, con la finalidad de simplificar técnicas en los procedimientos clínicos y alcanzar mejores resultados en menor tiempo.

4. Hipótesis

Hipótesis de trabajo

La resistencia al desalojo de los selladores de fosas y fisuras en el esmalte acondicionado con diferentes agentes de autograbado será mayor mostrando diferencias significativas dependiendo del tipo de agente usado.

Hipótesis nula

La adhesión de los selladores de fosas y fisuras en el esmalte acondicionado con diferentes agentes de autograbado no mostrará diferencias significativas dependiendo del tipo de agente usado.

5. Objetivos

Objetivo general

Determinar la resistencia al desalojo de los selladores de fosas y fisuras previo acondicionamiento de esmalte con diferentes agentes adhesivos de autograbado en dientes temporales y permanentes *in vitro*.

Objetivos específicos

- Comparar la resistencia al desalojo entre grupos.
- Identificar la localización de la falla de adhesión del SFF y evaluar el índice de adhesivo remanente (ARI) por medio de estereoscopía 50X.
- Analizar el efecto del acondicionamiento con diferentes agentes de autograbado sobre la superficie del esmalte mediante Microscopio Electrónico de Barrido (MEB).
- Determinar los diferentes patrones de grabado.
- Cuantificar la porosidad de la superficie del esmalte mediante ImageJ.
- Determinar el perímetro de los poros sobre la superficie del esmalte por medio de ImageJ.

6. Diseño Metodológico

6.1 Diseño de estudio

Tipo de estudio: Experimental, longitudinal, descriptivo, comparativo, prospectivo.
(Ver figs. 9 y 10)

6.2 Universo y muestra

Terceros molares humanos obtenidos de Clínicas de Salud Públicas en Toluca, Estado de México y Consultorios Particulares.

Fase I

81 terceros molares humanos.

6.3 Criterios de inclusión/exclusión

Inclusión

- Terceros molares humanos extraídos recientemente (no más de 6 meses).
- Sanos.
- Íntegros.

Exclusión

- Cualquier otro tipo de órgano dentario.
- Con alguna patología.
- Seccionados.

Eliminación

- Molares humanos que sufran algún daño durante la preparación de la muestra.

Fase II

3 terceros molares humanos.

Inclusión

- Molares humanos extraídos recientemente (no más de 6 meses).
- Sanos.
- Íntegros.

Exclusión

- Cualquier otro tipo de órgano dentario.
- Con alguna patología.
- Seccionados.

Eliminación

- Molares humanos que sufran algún daño durante la preparación de la muestra.

6.4 Variables de estudio

- Dependientes:

Resistencia al desalojo de SFF (SBS)

Índice de adhesivo remanente (ARI)

Patrones de grabado

Porosidad de la superficie del esmalte

Medida de perímetro de poros del esmalte

- Independientes:

Ácido grabador (GC)

Agentes adhesivos de autograbado (AG)

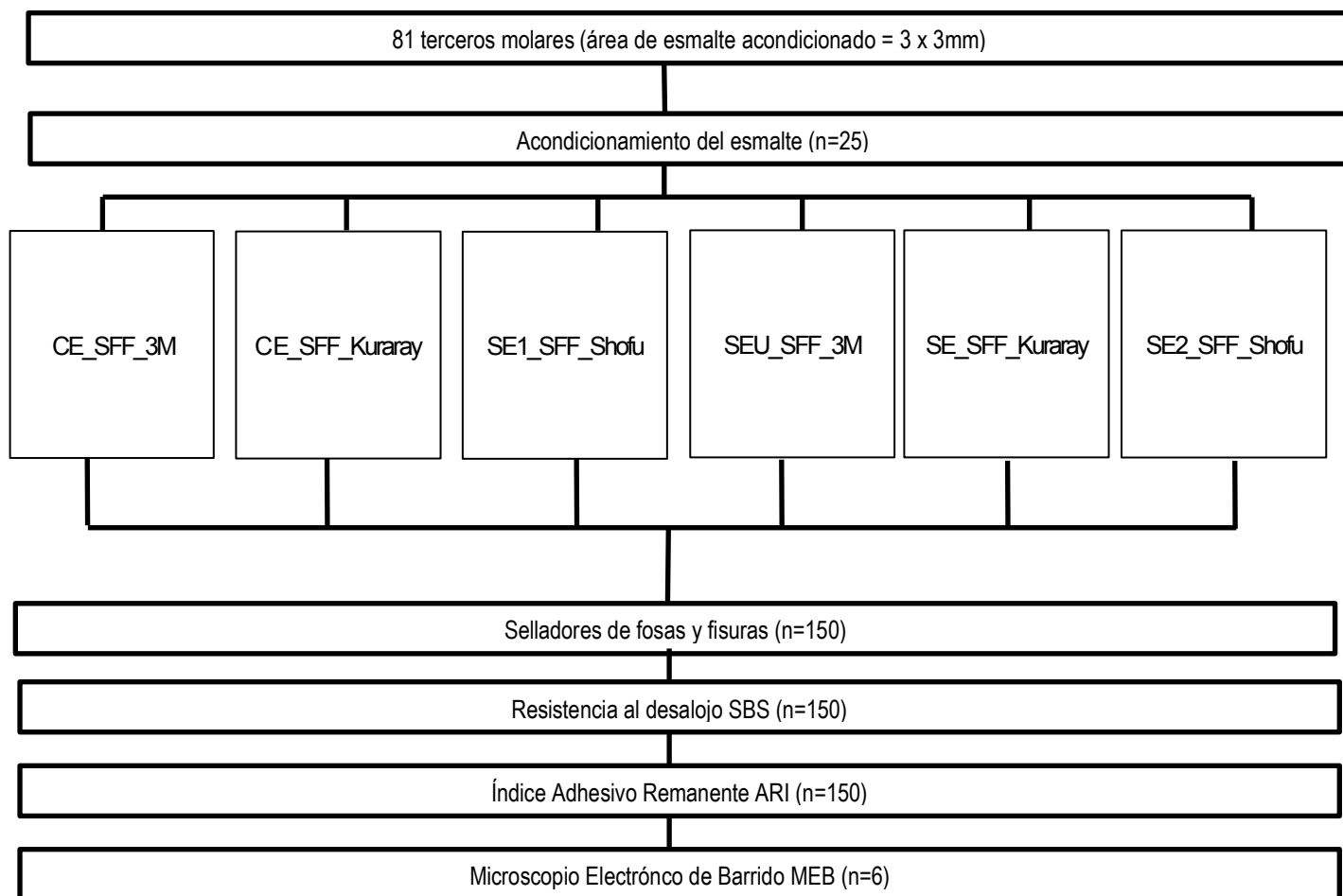


Fig. 9 Diseño de Estudio Fase I

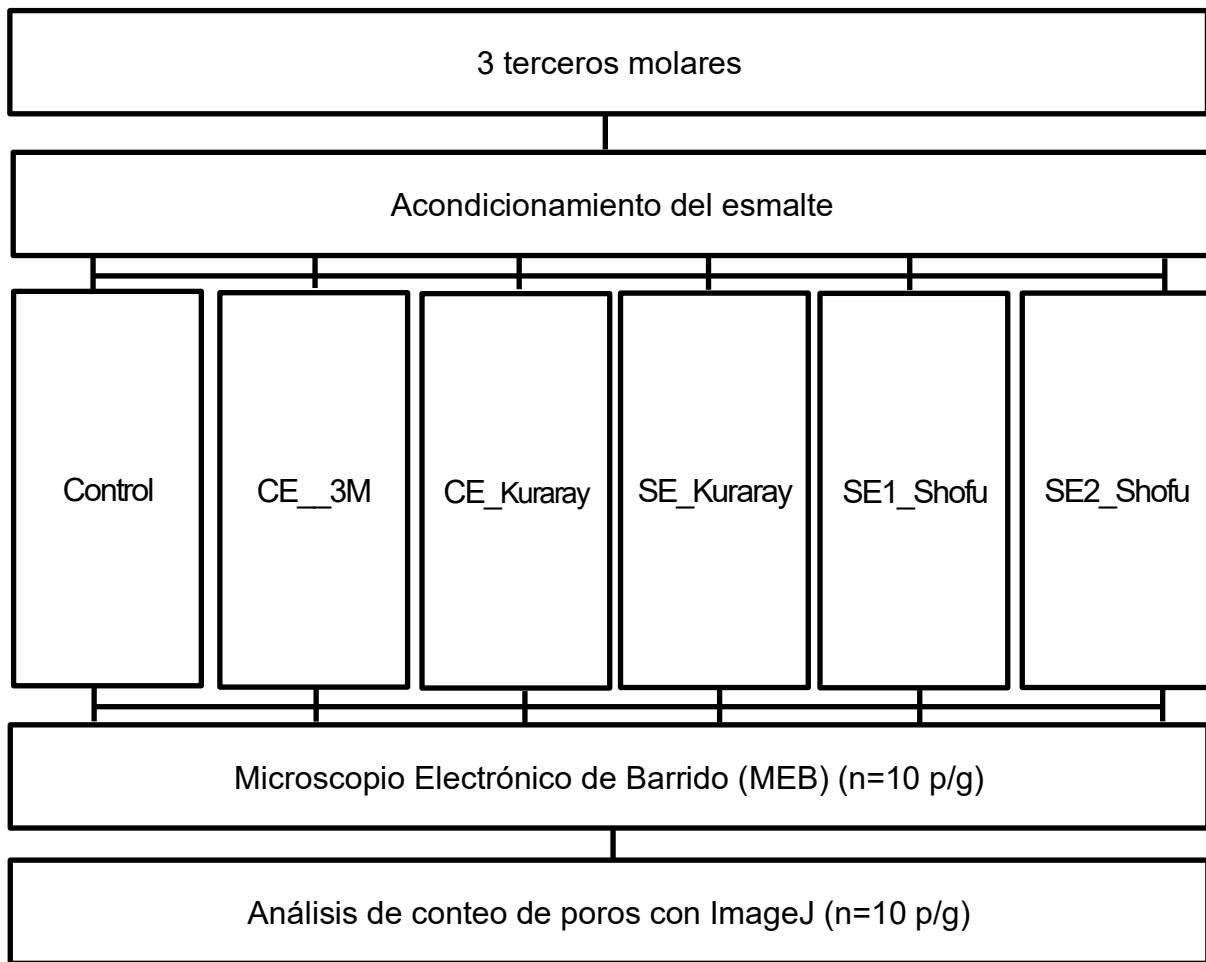


Fig. 10 Diseño de Estudio Fase II

Definición operacional y conceptual de variables

Variables Dependientes				
Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Tipo de variable	Escala de medición
Resistencia al desalojo de SFF	Esfuerzo máximo que puede soportar un material antes de la rotura.	La resistencia al desalojo de los selladores realizada por medio de la máquina universal de pruebas (MPa)	Cuantitativa	Ordinal
Índice Adhesivo Remanente (ARI)	Sistema utilizado para evaluar la cantidad de adhesivo o material remanente en el diente.	Índice de Adhesivo Remanente (ARI) % 0=sin adhesivo remanente 1=menos del 50% de adhesivo remanente 2=50% de adhesivo remanente 3=todo el adhesivo remanente	Cuantitativa	Ordinal
Patrones de grabado	Zona de disolución selectiva del esmalte, quedando una superficie irregular con una alta energía superficial, lo que aumenta la superficie a adherir.	Observación en Microscopia electrónica de barrido (SEM) Grietas/ Estructura, morfología Microporosidades: conjunto de diminutos intersticios irregulares existentes en el esmalte dental. Cráter: depresión pronunciada en la superficie del esmalte dental. Prismas expuestos: prismas que han cambiado su morfología natural debido a la eliminación de materia intra y/o interprismática.	Cualitativa	
Porosidad	Fracción de huecos o espacios vacíos en un material o superficie dental.	Área ocupada por poros en μm^2 determinada por la cantidad de poros.	Cuantitativa Continua	Razón
Variables independientes				
Ácido fosfórico al 32-40%	Proporciona una superficie porosa, ya que la desmineralización forma microporos de 20 a 30 micrones de profundidad (microretenciones)	El patrón de grabado ácido crea retenciones micromecánicas mediante la aplicación 15-30 s	Cualitativa	Nominal
Agentes de autograbado	Produce un patrón de grabado más conservador que el grabado convencional y reducen la pérdida de esmalte	El patrón de autograbado crea retenciones micromecánicas más superficiales mediante la aplicación 5-20 s	Cualitativa	Nominal

6.5 Procedimiento

Fase I

Los materiales dentales empleados por cada grupo de estudio se describen en la Tabla 3. En todos los grupos, se siguieron las instrucciones de los fabricantes para la aplicación del producto.

Tabla 3. Materiales dentales empleados en fase I

Grupo	Agentes de grabado	%	pH	Sellador	Fabricante
GC_SFF_3M	Scotchbond Universal Etchant	32%	0.5	Clinpro	3M ESPE, St Paul, MN, USA
GC_SFF_Kuraray	K Etchant Gel	40%	1	Teethmate F1	Kuraray, Osaka, Japan
AG1_SFF_Shofu	BeautiSealant Primer	-	*suave	BeautiSealant	Shofu, Kyoto, Japan
AGU_SFF_3M	Single Bond Universal	-	2.7 ultra-suave	Clinpro	3M ESPE, St Paul, MN, USA
AG_SFF_Kuraray	Clearfil S ³ Bond Plus	-	2.3 suave	Teethmate F1	Kuraray, Osaka, Japan
AG2_SFF_Shofu	BeautiBond	-	2.4 suave	BeautiSealant	Shofu, Kyoto, Japan

Grupos de grabado convencionales (GC)

GC_SFF_3M y GC_SFF_Kuraray. El grabador se aplicó sobre el esmalte durante 15 s, se enjuagó exhaustivamente con aire a alta presión y agua desionizada y se secó con aire comprimido.

Grupos de autograbado (AG)

AGU_SFF_3M. El adhesivo se aplicó al diente preparado y se frotó durante 20 s, se secó suavemente al aire durante aproximadamente 5 s para evaporar el disolvente y se fotopolimerizó durante 10 s.

AGU1_SFF_Shofu. El primer se aplicó a la superficie del esmalte con un pincel, se dejó reposar durante 5 s. Se aplicó aire suavemente durante unos 3 s y luego se secó con una corriente más fuerte hasta obtener una capa de unión delgada y uniforme.

AG_SFF_Kuraray. El adhesivo se aplicó evitando frotar y se dejó durante 10 s, se secó con aire suave durante aproximadamente 5 s, luego se fotopolimerizó durante 10 s.

AG2_SFF_Shofu. Se aplicó el adhesivo y se dejó durante 10 s, se secó suavemente al aire durante aproximadamente 3 s, luego se aplicó aire con más fuerza y se fotopolimerizó durante 10 s.

Microscopio Electrónico de Barrido (MEB)

Para evaluar el patrón de grabado del esmalte (Silverstone, et al.)⁷⁷ producido por agentes AG, se evaluaron seis muestras grabadas (sin bloque de SFF adherido). Inmediatamente después del acondicionamiento, las muestras se lavaron con acetona para disolver el agente de revestimiento y luego se secaron a temperatura ambiente. Las muestras se fijaron a puntas de aluminio con una cinta adhesiva de carbono (SPI Supplies, EE. UU.). El análisis se realizó utilizando un Microscopio Electrónico de Barrido (JEOL, JSM-6510LV, Japón) en bajo vacío a 10 Pa de presión de cámara, con un voltaje de aceleración de electrones de 25 kV y detectando electrones retrodispersados. La morfología de la superficie del esmalte y los patrones de grabado se observaron con aumentos de $\times 500$, $\times 1000$ y $\times 2000$.

Preparación del bloque de sellador

Se fabricó un total de 150 bloques de sellador (25 p / g) 3x2x1.5 mm y se llenó en un molde de teflón, se cubrió con un portaobjetos de vidrio y se polimerizó 20 s con Ortholux Luminous Curing Light (3M Unitek, Monrovia, California, EE. UU.)

Procedimiento de adhesión

Finalmente, cada bloque se adhirió sobre la superficie del esmalte con el sellador correspondiente; y se fotopolimerizó con Ortholux Luminous Curing Light (3M Unitek) durante 20 s. Las muestras unidas se almacenaron en agua a 37° C durante 24 h, antes de la prueba SBS.

Resistencia al desalojo (SBS)

Las muestras se montaron en una máquina de prueba universal para realizar la prueba SBS. Los parámetros de la prueba mecánica se establecieron a una velocidad de 0,5 mm / min hasta la aparición de la fractura. Se registró en megapascuales (MPa) para cada espécimen. La prueba se logró utilizando el extremo aplanado de una varilla de acero unida a la cruceta de una máquina de prueba universal (Autograph AGS-X, Shimadzu, Kyoto, Japón).

Índice de adhesivo remanente (ARI)

Después de la prueba de SBS, se evaluó el ARI usando el microscopio estereoscópico (Nikon, Tokio, Japón) con un aumento de 50X para determinar el resto de adhesivo en la superficie del esmalte de cada diente.

Para delimitar el área a analizar, se cortó una ventana de 3 × 2 mm en el centro de una cinta adhesiva de color de 9 × 9 mm y se realizaron marcas cada 1 mm a su alrededor. Esta guía de cinta estaba delimitando el área de desalojo. Las puntuaciones de ARI modificado se registraron con la siguiente escala: 0 = no queda

sellador en el diente, 1 = menos de la mitad del sellador permanece en el diente, 2 = más de la mitad del sellador permanece en el diente y 3 = todo el sellador permanece en el diente.⁹⁰

Fase II

Los agentes de grabado y los sistemas de autograbado empleados por cada grupo de estudio se describen en la Tabla 4. En todos los grupos, se siguieron las instrucciones de los fabricantes para la aplicación de los productos.

Tabla 4. Agentes acondicionantes empleados Fase II

<i>Grupo</i>	<i>Nombre comercial y fabricante</i>	<i>Material tipo y generación</i>	<i>Composición</i>	<i>pH</i>	<i>Procedimientos</i>
Control	----	----	----	----	----
GA_3M	Scotchbond Universal Etchant 3M ESPE; St Paul, MN, USA	Agente de grabado	Ácido fosfórico 32%	0.5	a (15s); b
GA_Kuraray	K Etchant Gel Kuraray; Osaka, Japan	Agente de grabado	Ácido fosfórico 40%	1	a (15s); b
AG_Kuraray	Clearfil S ³ Bond Plus Shofu; Kyoto, Japan	Agente de autograbado 7 ^o generación	10-Methacrilooxidecil dihidrógeno fosfato (10-MDP) Bisfenol A Diglicidilmetacrilato 2-Hidroxietil metacrilato HEMA Dimetaacrilato hidrofóbico Camforquinona Etanol Agua Silica coloidal silanizada	2.3 suave	c (10s); d (5s); e(10s)
AG1_Shofu	BeautiSealant Primer Kuraray; Osaka, Japan	Agente de autograbado 8 ^o generación	Acetona Agua destilada Bis-GMA Monómero de ácido carboxílico TEGDMA	*suave	c (5s); d (3s); f
AG2_Shofu	BeautiBond Shofu; Kyoto, Japan	Agente de autograbado 7 ^o generación	Acetona Monómero de ácido fosfórico Monómero de ácido carboxílico Agua destilada	2.4 suave	c 10s; d (3s); e (10s)

Grupo de control (C)

Sin tratamiento superficial.

Grupos de grabado ácido (GA)

GA_3M y GA_Kuraray. El grabador se aplicó sobre la superficie del esmalte durante 15 s, luego se enjuagó con aire a alta presión y agua desionizada durante 15 s y se secó con aire comprimido.

Grupos de autograbado (SE)

AG_Kuraray. El adhesivo se aplicó, evitando frotar y se dejó en su lugar durante 10 s, se secó con una corriente de aire suave durante aproximadamente 5 s, luego se polimerizó durante 10 s.

AG1_Shofu. El primer se aplicó a la superficie del esmalte con un pincel, se dejó reposar durante 5 s. Se aplicó aire suavemente durante unos 3 s y luego se secó con una corriente más fuerte hasta obtener una capa de unión delgada y uniforme.

AG2_Shofu. Se aplicó el adhesivo y se dejó durante 10 s, se secó suavemente al aire durante aproximadamente 3 s, luego se aplicó aire con más fuerza y se fotopolimerizó durante 10 s.

Microscopio Electrónico de Barrido (MEB)

Se utilizaron seis muestras para evaluar los efectos producidos por las técnicas de grabado ácido y autograbado sobre el esmalte. Inmediatamente después del acondicionamiento, las muestras se lavaron con acetona para disolver el agente de recubrimiento y luego se secaron a temperatura ambiente. Las muestras se fijaron a puntas de aluminio con cinta adhesiva de carbono (SPI Supplies, EE. UU.). El análisis se realizó utilizando un Microscopio Electrónico de Barrido (JEOL, JSM-6510LV, Japón) en bajo vacío a 10 Pa de presión de cámara, con un voltaje de aceleración de electrones de 25 kV y detectando electrones retrodispersados. Se

observaron efectos de morfología de la superficie del esmalte, grabado con ácido y autograbado con un aumento de 200X.

Análisis de porosidad por ImageJ

Las imágenes MEB originales se convirtieron a formato *TIFF* y luego se estableció la escala. Posteriormente, las imágenes se segmentaron, luego se filtraron mediante un filtro mediano para reducir el ruido y se binarizaron, conservando la forma del poro lo más cercana posible a la observada. La imagen binarizada se analizó utilizando el software ImageJ (Rasband WS, ImageJ; Institutos Nacionales de Salud de EE. UU., Bethesda, MD, EE. UU.) Con la herramienta "Analizar partículas". Se realizaron imágenes binarias considerando los agujeros de los poros y el número total de contornos, y la superficie total de los poros en cada micrografía. Posteriormente, las imágenes se dividieron mediante una cuadrícula superpuesta (Complementos - Analizar - Cuadrícula); utilizando un 'Recuento de puntos de área' de aproximadamente 10,000 (píxeles²). Esto debería dar una cuadrícula de 10 x 10. Sin embargo, esto variaría según la cámara. Se observó cuántos puntos hubo en la cuadrícula como y se ajustó antes de guardarlo.

El número de poros se determinó analizando los poros en imágenes como partículas en diferentes rangos iniciales de poros desde 0 hasta infinito. La computadora generó todos los valores medidos que fueron solicitados. Se repitió el procedimiento varias veces para cada fotograma creado, con diferentes puntos de inicio crecientes para permitir cálculos adicionales, incluido el perímetro promedio de los poros y su distribución.

6.6 Análisis estadístico

Fase I

Los datos se analizaron mediante el paquete estadístico SPSS 25 (SPSS IBM, Nueva York, NY, EE. UU.). Se realizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov para estimar la distribución de los datos. La prueba ANOVA se utilizó para comparar SBS en los grupos; cuando se encontraron diferencias significativas, se aplicaron las pruebas post-hoc T2 de Tamhane, porque la prueba de homogeneidad de varianza de Levene mostró diferentes varianzas. Se utilizaron las pruebas de Kruskal-Wallis y U de Mann-Whitney para estimar las diferencias entre los grupos de ARI con un nivel de significancia $p \leq 0.05$ en el análisis estadístico completo.

Fase II

Los datos se analizaron mediante el paquete estadístico SPSS 25 (SPSS IBM, Nueva York, NY, EE. UU.). Se realizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov para estimar la distribución de los datos. Además, se ejecutaron análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de Tamhane para comparar el número de poros entre grupos. Posteriormente, se evaluó el perímetro de poro obtenido mediante la prueba de Kruskal-Wallis; cuando se encontraron diferencias, se realizó la prueba U de Mann-Whitney. El nivel de significancia se estableció en $p \leq 0.05$.

6.7 Ética del estudio

La presente investigación contempló los principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos de la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial (64ª Asamblea General de octubre de 2013) En el Artículo 7 de este documento se establece que “la investigación médica está sujeta a normas éticas que sirven para promover y asegurar el respeto a todos los seres humanos y para proteger su salud y sus derechos individuales”. La donación de órganos dentarios no representó daño alguno para los sujetos participantes, pues fue posterior a la extracción voluntaria de éstos por razones terapéuticas. La decisión de extraer un órgano dentario será siempre por prescripción fundamental del odontopediatra u ortodoncista y en ningún caso se vio influenciada por terceras personas.

Además, con apego al Artículo 9, se protegió a las personas que participaron en la investigación, velando por su integridad, salud, intimidad y dignidad, resguardando su información personal en calidad de confidencialidad.

La participación fue voluntaria en todos los casos y cada individuo potencial recibió la información adecuada acerca del proyecto de investigación y de su colaboración en el mismo, de acuerdo al Artículo 26. Todas las dudas sobre de los objetivos, métodos, disposición de las muestras, beneficios calculados, entre otros, fueron aclaradas por el investigador o por el odontólogo tratante hasta asegurar el completo entendimiento de la información.

Asimismo, se cumplieron las leyes y reglamentos vigentes en México, destacando algunas consideraciones estipuladas en el reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación en Salud.

Según el Artículo 17, la presente investigación se consideró “con riesgo mínimo”, debido a que involucró la obtención de dientes extraídos por indicación terapéutica. El paciente menor de edad firmó un escrito de asentimiento informado, conforme a lo establecido en el Artículo 37 y su representante legal y dos testigos firmaron el consentimiento informado que reunió los requisitos enunciados en el Artículo 22.

Además, en todo momento se cuidó la integridad de los investigadores implementando las medidas adecuadas de seguridad en el laboratorio.

7. Resultados

Enviados en el artículo.

7.1 Artículo Aceptado

7.1.1 Título del artículo:

Using self-etch adhesive agents with pit and fissure sealants. In vitro analysis of shear bond strength, adhesive remnant index and enamel etching patterns.

7.1.2 Página frontal del manuscrito

European Archives of Paediatric Dentistry
<https://doi.org/10.1007/s40368-021-00655-w>

ORIGINAL SCIENTIFIC ARTICLE



Using self-etch adhesive agents with pit and fissure sealants. In vitro analysis of shear bond strength, adhesive remnant index and enamel etching patterns

I. Mézquita-Rodrigo¹ · R. J. Scougall-Vilchis¹ · M. A. Moyaho-Bernal² · L. E. Rodríguez-Vilchis¹ · E. Rubio-Rosas³ · R. Contreras-Bulnes¹

Received: 17 April 2021 / Accepted: 25 July 2021
© European Academy of Paediatric Dentistry 2021

Abstract

Purpose The aim of this study was to evaluate in vitro, the shear bond strength (SBS) and adhesive remnant index (ARI) of pit and fissure sealants (PFS) after enamel conditioning with different new-generation self-etching (SE) agents; additionally, enamel etching patterns were assessed.

Methods Healthy unerupted third molars surgically removed for therapeutic reasons ($n = 25$ p/g), were randomly assigned to six groups. Conventional etching (CE) or SE was applied prior to pit and fissure sealants bonding. Enamel conditioned surfaces were evaluated by SEM at $\times 500$, $\times 1000$, and $\times 2000$ magnification to determine etching patterns. Subsequently, 25 PFS blocks ($3 \times 2 \times 1.5$ mm) p/g were bonded to enamel surface.

Samples were stored in water at 37°C for 24 h, previous to SBS and ARI test. One-way ANOVA and Tamhane statistic tests were used for SBS; while Mann–Whitney U and Kruskal–Wallis were employed for ARI ($p \leq 0.05$).

Results For SBS test, CE_PFS_3M and SE1_PFS_Shofu groups showed the lowest values (8.74 ± 4.02 and 8.75 ± 3.90 , respectively). The highest scores were observed in SE_PFS_Kuraray group (13.46 ± 5.83). Significant differences in SBS and ARI assessments were found. All experimental groups showed type 1 etching pattern.

Conclusion The etching pattern was less pronounced in self-etching groups, which showed an equal or superior in vitro performance compared to conventional etching agents. The clinical use of self-etching agents could be recommended before pit and fissure sealants application in new dental protocols. The best in vitro performance was observed when both applied materials, self-etching agent and pit and fissure sealant have 10-methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate in their chemical composition.

Keywords Self-etching agents · Pit and fissure sealants · Shear bond strength · Adhesive remnant index · Enamel etching pattern

✉ R. Contreras-Bulnes
rcontrerasb@uaemex.mx

¹ Facultad de Odontología, Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Odontología (CIEAO), Universidad Autónoma del Estado de México, Jesús Carranza Esq. Paseo Toluca, Col. Universidad Estado de México, 50130 Toluca, CP, México

² Facultad de Estomatología, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Av. Manuel Espinosa Yglesias 31 Pte. 1304, Col. Los Volcanes, 72570 Puebla, CP, México

³ Dirección de Innovación y Transferencia de Conocimiento, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Prolongación de la 24 Sur y Av. San Claudio, Ciudad Universitaria, Col. San Manuel, 72570 Puebla, CP, México

Introduction

The World Health Organization states that caries is the third most prevalent health problem worldwide. Dental caries continues as a significant public health issue across the world. The WHO emphasises that this disease affects about 60–90% of schoolchildren, and one of its policies is to diminish the incidence and prevalence of caries (FDI 2015; Petersen and Ogawa 2016). To decline it, several preventive approaches have been developed, including community water fluoridation, topical fluoride therapy, plaque removal, and diet counselling. However, these measures had a more significant effect on smooth surfaces (Ninawe et al. 2012), and most of the carious lesions occur on the occlusal

Published online: 07 August 2021

Springer

7.1.3 Carta de aceptación

Yahoo Mail - Rv: Your Submission EAPD-D-21-00085R1 - [EMID:2a6088ac267c9f8f]

29/03/22 11:34

Rv: Your Submission EAPD-D-21-00085R1 - [EMID:2a6088ac267c9f8f]

De: Rosalia Contreras (rcb0209@yahoo.com.mx)
Para: irinamez@yahoo.com.mx; rovilaster@gmail.com
Fecha: domingo, 25 de julio de 2021 08:49 GMT-5

[Enviado desde Yahoo Mail para Android](#)

----- Mensaje reenviado -----

De: "Nick A. Lygidakis" <em@editorialmanager.com>
Para: "Rosalia Contreras-Bulnes" <rcb0209@yahoo.com.mx>
Cc:
Enviado: dom., 25 de jul. de 2021 a la(s) 1:56 a. m.
Asunto: Your Submission EAPD-D-21-00085R1 - [EMID:2a6088ac267c9f8f]

Dear Dr Contreras-Bulnes,

We are pleased to inform you that your manuscript, "Using self-etch adhesive agents with pit and fissure sealants. In vitro analysis of shear bond strength, adhesive remnant index and enamel etching patterns", has been accepted for publication in European Archives of Paediatric Dentistry.

You will be contacted by Springer Author Services in due course with a link to complete the grant of rights. Please note that you will receive your proofs after the publishing agreement has been received through the online system.

Please remember to quote the manuscript number, EAPD-D-21-00085R1, whenever inquiring about your manuscript.

Yours sincerely,

Nick A. Lygidakis, DDS, MScM, MScD, PhD, FICD
Editor in Chief
European Archives of Paediatric Dentistry

Please note that this journal is a Transformative Journal (TJ). Authors may publish their research with us through the traditional subscription access route or make their paper immediately open access through payment of an article-processing charge (APC). Authors will not be required to make a final decision about access to their article until it has been accepted.

Authors may need to take specific actions to achieve compliance with funder and institutional open access mandates. If your research is supported by a funder that requires immediate open access (e.g. according

https://mail.yahoo.com/d/search/name=Rosalia%2520Contreras&email...com.mx&listFilter=FROM&contactIds=0000.016b?reason=invalid_crumb

Página 1 de 2

7.1.4 Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar *in vitro*, la resistencia al desalojo (SBS) y el índice de adhesivo remanente (ARI) de selladores de fosas y fisuras (SFF) después del acondicionamiento del esmalte con diferentes agentes autograbantes (AG) de nueva generación; además, se evaluaron los patrones de grabado del esmalte.

Terceros molares sanos no erupcionados extirpados quirúrgicamente por razones terapéuticas (n = 25p/g), fueron asignados aleatoriamente a seis grupos. Se aplicó grabado convencional (GC) o AG antes de la unión de los selladores de fosas y fisuras. Las superficies acondicionadas con esmalte se evaluaron mediante MEB con aumentos de 500X, 1000X y 2000X para determinar los patrones de grabado. Posteriormente, se adhirieron a la superficie del esmalte 25 bloques de SFF (3 × 2 × 1.5 mm) p/g.

Las muestras se almacenaron en agua a 37 °C durante 24 h, previo a la prueba SBS y ARI. Para SBS se utilizaron ANOVA unidireccional y pruebas estadísticas de Tamhane; mientras que U de Mann-Whitney y Kruskal-Wallis se emplearon para ARI ($p \leq 0.05$).

Para la prueba SBS, los grupos GC_SFF_3M y AG1_SFF_Shofu mostraron los valores más bajos ($8,74 \pm 4,02$ y $8,75 \pm 3,90$, respectivamente). Las puntuaciones más altas se observaron en el grupo AG_SFF_Kuraray ($13,46 \pm 5,83$). Se encontraron diferencias significativas en las evaluaciones de SBS y ARI. Todos los grupos experimentales mostraron un patrón de grabado tipo 1.

El patrón de grabado fue menos pronunciado en los grupos de autograbado, que mostraron un rendimiento *in vitro* igual o superior en comparación con los agentes de grabado convencionales. El uso clínico de agentes de autograbado podría recomendarse antes de la aplicación de selladores de fosas y fisuras en nuevos protocolos dentales. El mejor desempeño *in vitro* se observó cuando ambos materiales aplicados, el agente de autograbado y el sellador de fosas y fisuras tenían 10-metacriloiloxidecil di hidrógeno fosfato en su composición química.

7.2 Artículo enviado

7.2.1 Título del artículo

Effects of acid-etching and self-etching techniques on surface porosity of human tooth enamel: *in vitro* study.

7.2.2 Página frontal del manuscrito

Irina Mézquita-Rodrigo¹, Rogelio J. Scougall-Vilchis¹, María de los Angeles Moyaho-Bernal², Laura Emma Rodríguez-Vilchis¹, Efraín Rubio-Rosas³, Bernardo Teutle-Coyotecatl¹, Arlete González-Sotelo¹ and Rosalía Contreras-Bulnes¹.

"Effects of acid-etching and self-etching techniques on surface porosity of human tooth enamel: *in vitro* study"

¹ Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Odontología, Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Odontología (CIEAO), Jesus Carranza Esq. Paseo Tollocan, Col. Universidad, Toluca, Estado de México. C.P. 50130, México.

² Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Estomatología, Av. Manuel Espinosa Yglesias 31 Pte. 1304, Col. Los Volcanes, Puebla, C.P. 72570, México.

³ Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Centro Universitario de Vinculación, Prolongación de la 24 Sur y Av. San Claudio, Ciudad Universitaria, Col. San Manuel, Puebla, C.P. 72570, México.

Corresponding Author: Dra. Rosalía Contreras-Bulnes - E-mail: rcontrerasb@uaemex.mx or rcb0209@yahoo.com.mx; Telephone and fax 52 722 2 12 43 51 Ext. 118

Abstract

Objetives: This study aimed to evaluate the porosity of the enamel surface after acid-etching and self-etching techniques, using ImageJ software.

Materials and methods: Six dental enamel samples from healthy unerupted third molars were randomly assigned to 6 groups. Control, Acid-etching (AE) [AE_3M and AE_Kuraray] or Self-etching (SE) [SE_Kuraray, SE1_Shofu and, SE2_Shofu]. SEM micrographs were obtained at $\times 200$ magnification. Subsequently, pore count and perimeter were determined by ImageJ software. One-way ANOVA and post-hoc Tamhane's test were used to compare the pores number among groups. The pore perimeter was evaluated by Kruskal-Wallis test. The significance was established at $p \leq 0.05$.

Results: The morphological surface analysis showed a smooth surface and some microporosities, for untreated enamel. The experimental groups presented different morphologies related to etching techniques. Pores count showed statistical differences among all groups. The highest pores count was evident in SE2_Shofu, and SE1_Shofu exhibited the smaller one. Additionally, the pores perimeter of SE_Kuraray and SE2_Shofu groups were significantly different from all experimental groups; however, the smallest pore perimeter value was in SE2_Shofu. On the other hand, AE_3M and SE1_Shofu presented similar perimeter values to the Control group. **Conclusion:** All etching techniques showed an increase in the number of pores, with an evident perimeter reduction, with specific characteristics according to the technique and agent used. Enamel porosity resulted in three porosity patterns: mild, moderate, and pronounced. **Clinical relevance:** Porosity produced by the

7.2.3 Carta de envío

Clinical Oral Investigations - Submission Notification to co-author - [EMID:b2ad612aca2df2d0]



em.cloi.0.7939d9.675227f6@editorialmanager.com <em.cloi.0.7939d9.675227f6@editori...

martes, 8 de febrero de 2022, 11:35

en nombre de Clinical Oral Investigations <em@editorialmanager.com>

Para Irina Mezquita Rodrigo

Este mensaje está marcado para seguimiento.

Re: "Irina Mézquita-Rodrigo1, Rogelio J. Scougall-Vilchis1, María de los Angeles Moyaho-Bernal2, Laura Emma Rodríguez-Vilchis1, Efraín Rubio-Rosas3, Bernardo Teutle-Coyotecatl1, Arlete González-Sotelo1 and Rosalía Contreras-Bulnes1.

Effects of acid-etching and self-etching techniques on surface porosity of human tooth enamel: in vitro study Effects of acid-etching and self-etching techniques on surface porosity of human tooth enamel: in vitro study"

Full author list: Irina Mézquita-Rodrigo; Rogelio José Scougall-Vilchis; María de los Angeles Moyaho-Bernal; Laura Emma Rodríguez-Vilchis; Efraín Rubio-Rosas; Bernardo Teutle Coyotecatl; Arlete González-Sotelo; Rosalía Contreras-Bulnes

Dear Dra. Irina Mézquita-Rodrigo,

We have received the submission entitled: "Irina Mézquita-Rodrigo1, Rogelio J. Scougall-Vilchis1, María de los Angeles Moyaho-Bernal2, Laura Emma Rodríguez-Vilchis1, Efraín Rubio-Rosas3, Bernardo Teutle-Coyotecatl1, Arlete González-Sotelo1 and Rosalía Contreras-Bulnes1.

Effects of acid-etching and self-etching techniques on surface porosity of human tooth enamel: in vitro study Effects of acid-etching and self-etching techniques on surface porosity of human tooth enamel: in vitro study" for possible publication in Clinical Oral Investigations, and you are listed as one of the co-authors.

The manuscript has been submitted to the journal by Dr. Dr. Rosalía Contreras-Bulnes who will be able to track the status of the paper through his/her login.

If you have any objections, please contact the editorial office as soon as possible. If we do not hear back from you, we will assume you agree with your co-authorship.

Thank you very much.

With kind regards,

Springer Journals Editorial Office
Clinical Oral Investigations

This letter contains confidential information, is for your own use, and should not be forwarded to third parties.

Recipients of this email are registered users within the Editorial Manager database for this journal. We will keep your information on file to use in the process of submitting, evaluating and publishing a manuscript. For more information on how we use your personal details please see our privacy policy at <https://www.springernature.com/production-privacy-policy>. If you no longer wish to receive messages from this journal or you have questions regarding database management, please contact the Publication Office at the link below.

In compliance with data protection regulations, you may request that we remove your personal registration details at any time. (Use the following URL: <https://www.editorialmanager.com/cloi/login.asp?a=r>). Please contact the publication office if you have any questions.

7.2.4 Resumen

Este estudio tuvo como objetivo evaluar la porosidad de la superficie del esmalte después de las técnicas de grabado ácido y autograbado, utilizando el software ImageJ.

Seis muestras de esmalte dental de terceros molares sanos no erupcionados se asignaron aleatoriamente a 6 grupos. Control, Grabado al ácido (GC) [GC_3M y GC_Kuraray] o Autograbado (AG) [AG_Kuraray, AG1_Shofu y AG2_Shofu]. Las micrografías MEB se obtuvieron con un aumento de 200X. Posteriormente, el conteo de poros y el perímetro fueron determinados por el software ImageJ. Se usaron ANOVA unidireccional y la prueba post-hoc de Tamhane para comparar el número de poros entre los grupos. El perímetro de poro se evaluó mediante la prueba de Kruskal-Wallis. La significación se estableció en $p \leq 0,05$.

El análisis morfológico de la superficie mostró una superficie lisa y algunas microporosidades, para esmalte no tratado. Los grupos experimentales presentaron diferentes morfologías relacionadas con las técnicas de grabado. El recuento de poros mostró diferencias estadísticas entre todos los grupos. El conteo de poros más alto fue evidente en AG2_Shofu, y AG1_Shofu exhibió el más pequeño. Además, el perímetro de los poros de los grupos AG_Kuraray y AG2_Shofu fue significativamente diferente de todos los grupos experimentales; sin embargo, el valor de perímetro de poro más pequeño estaba en AG2_Shofu. Por otro lado, GC_3M y AG1_Shofu presentaron valores de perímetro similares al grupo Control. Conclusión: Todas las técnicas de grabado mostraron un aumento en el número de poros, con una evidente reducción del perímetro, con características específicas según la técnica y el agente utilizado. La porosidad del esmalte resultó en tres patrones de porosidad: leve, moderada y pronunciada.

9. Discusión general

Fase I

El desarrollo y el uso regular de nuevos materiales adhesivos han comenzado a revolucionar muchos aspectos de la odontología restauradora y preventiva.¹³ Con el fin de comparar GC contra agentes AG para selladores de fosas y fisuras SBS, ya que la función preventiva se logra principalmente por la adhesión del material al esmalte superficie,^{13,91} se seleccionaron 2 concentraciones de ácido fosfórico (32% y 40%); así como 4 agentes autograbantes (un adhesivo universal y tres de 7ª generación), debido a sus ventajas, ya que no requiere mezcla (“todo en uno”), fuerza de unión constante, control de humedad y reducción del tiempo clínico. Aunque los agentes de octava generación afirman producir una mejor fuerza de unión, particularmente en dentina, absorción de estrés y mayor vida útil, las partículas de nano-rellenos mayores de 15-20 nm, podrían causar acumulación en la superficie humectada, formando tapones que producen fallas (grietas). Resultando en una disminución de la fuerza de unión,¹³ como un efecto indeseable; razón por la que no se incluyeron en el presente estudio.

Además, también se seleccionaron agentes de grabado de las mismas marcas que SFF para garantizar la compatibilidad del material. Roh y Chung⁹² probaron adhesivos AG junto con compuestos a base de resina del mismo fabricante y de diferentes fabricantes e informaron que las combinaciones de productos del mismo fabricante mostraban una mayor fuerza de unión.

En este estudio, los efectos del ácido fosfórico sobre el SBS fueron característicos de la concentración utilizada, mostrando un SBS directamente proporcional a la concentración empleada (32% y 40%). Además, los grupos AG mostraron un rendimiento ligeramente superior al grabado convencional al 32% y similar a una concentración del 40%; excepto para el grupo AG1_SFF_Shofu, que era similar a GC_SFF_3M; y el grupo AG_SFF_Kuraray, que mostró una eficiencia superior en todos los grupos, probablemente debido al contenido de 10-MDP tanto del agente autograbador como del sellador de fosas y fisuras;⁹¹ uno de los pocos monómeros

utilizados en la odontología adhesiva, que se ha demostrado que se une químicamente a los tejidos del diente a través del enlace iónico con el calcio que se encuentra en la hidroxiapatita.⁹³ Aunque ambos agentes de autograbado evaluados en este estudio tenían un pH similar y la misma categoría de autograbado suave, parece que la composición química del agente podría desempeñar un papel importante en la adhesión.

Contrariamente a los resultados de este estudio, informes anteriores han concluido que la retención de los selladores aplicados con sistemas AG es inferior a la de los selladores aplicados en el enfoque convencional, independientemente del uso del adhesivo empleado.¹⁶ Sin embargo, la mayoría de los agentes AG estudiados en la revisión sistemática y meta análisis citados corresponden a la sexta generación, y existen escasos informes en la literatura relevante relacionados con el uso asociado de AG y SFF de séptima generación. Al respecto, Pitchika, et al.⁹⁴ estudiaron SBS para el sellado de fisuras con el mismo adhesivo AG y SFF empleado en el grupo de estudio SE1-SFF-Shofu, encontrando valores más bajos (4,6 MPa) que en este estudio; no obstante, los bloques SFF tenían diferentes características (tamaño y forma), que podrían influir en la distribución de la fuerza de carga y, por tanto, en el SBS.

Además, no existen informes previos sobre SBS de SFF asociados con el uso de agentes universales. Ataol⁹⁵ determinó y comparó la capacidad de los SFF a base de resina adherida al esmalte con una capa intermedia de adhesivos universales, encontrando que había una reducción significativa en las microfiltraciones en comparación con la colocación convencional de SFF. El agente universal evaluado en este estudio exhibió la mayor resistencia a la microfiltración que el BeautiSealant Primer a los 7 días de almacenamiento de agua y el modo de autograbado cuando se aplicaron Clinpro y BeautiSealant SFF, respectivamente. Ambas combinaciones de productos utilizadas en este estudio revelaron valores de SBS más altos para Universal Single Bond y Clinpro (AGU_SFF_3M), que para BeautiSealant Primer y BeautiSealant (AG1_SFF_Shofu). Además, un estudio anterior evaluó el SBS para la aplicación de BeautiSealant Primer y BeautiSealant de acuerdo con las instrucciones del fabricante y reportó 4.6 MPa en 1 día de almacenamiento de

agua,⁹⁴ valor más bajo que el encontrado en este trabajo de investigación. Es importante notar que las resistencias de 5.9 a 7.8 MPa son suficientes para resistir las fuerzas masticatorias,⁸³ y todos nuestros grupos de estudio obtuvieron valores más altos para resistir estas fuerzas. Sin embargo, la eficacia de sellado de los adhesivos universales bajo SFF a base de resina parece depender del material.⁹⁵ A pesar de que el estándar de oro de los adhesivos fueron los materiales de grabado y enjuague hasta 2019, la tendencia actual es preferir procedimientos de adhesión simplificados.⁹⁶ En este orden, los adhesivos universales tienen diferentes ventajas sobre las generaciones anteriores de adhesivos porque se pueden usar para varios procedimientos restauradores, múltiples sustratos y estrategias de adhesión; también tienen la capacidad de unirse químicamente a la hidroxiapatita proporcionada por sus monómeros ácidos.⁹⁷

Además, el 10-MDP integrado en la composición de la mayoría de los adhesivos universales, se adhiere iónicamente, como se mencionó anteriormente. Las sales de calcio hidrolíticamente estables de la hidroxiapatita dan como resultado nanocapas. Esta unión química a los cristallitos de esmalte grabado podría aumentar la fuerza de unión del esmalte a corto y largo plazo, según Zhang.⁹⁸ Independientemente de la adhesión iónica, el grupo SEU_SFF_3M mostró valores de SBS más bajos que el grupo AG_SFF_Kuraray, probablemente debido al pH ultra suave de Single Bond Universal, en comparación con el pH suave de Clearfil S3 Bond Plus, que podría producir un grabado del esmalte más fuerte; sin embargo, se requieren más estudios para aclarar este hallazgo, teniendo en cuenta que el 10-MDP también se encuentra en la composición química de SFF de la misma marca. Además, otra ventaja del uso de AG o agentes universales es un patrón de grabado más conservador asociado a una pérdida de esmalte reducida (-0.03 a -0.74 μm), contrario al efecto del grabado convencional (-1.11 a -4.57 μm).⁹⁹ No obstante, es necesario estudiar la pérdida de esmalte según nuevos agentes de grabado y tiempos de procedimiento actuales, específicos de los sustratos dentales.

Con respecto al sistema de índice de restos de adhesivo (ARI), se seleccionó para evaluar la cantidad de adhesivo que queda en la superficie del esmalte del diente porque es un método rápido y simple que no necesita equipo especial.¹⁰⁰ Desde la

introducción de ARI en ortodoncia,⁹⁰ el índice ha tenido múltiples usos y evaluaciones,¹⁰⁰ como en este estudio para los SFF.

Para la evaluación de ARI, los grupos experimentales presentaron diferentes patrones de adhesivo remanente, aunque casi en todos los casos, los mismos grupos de marca fueron similares, como resultados observados en los grupos 3M y Shofu; contrariamente a los grupos de Kuraray, donde el uso de agente de grabado convencional fue similar a los otros productos; mientras que en el caso del uso de un agente AG, solo este grupo presentó mayores tasas de adhesivo remanente (puntuación 2). Podría derivarse del efecto adhesivo producido por características combinadas como la presencia de 10-MDP tanto en el agente AG como en SFF, además del efecto de grabado producido por el pH de los productos. Según las puntuaciones de ARI, el grupo AG_SFF_Kuraray podría evitar alteraciones en el sustrato dental, como fracturas o pérdida de esmalte, en caso de desprendimiento. Además, los resultados de falla de este estudio coinciden con una falla principalmente adhesiva reportada por Sen Tunc, et al. Y Coelho,^{101,102} aunque sus estudios se realizaron en dientes bovinos, a diferencia del nuestro, en dientes humanos.

Los fracasos informados por Sen Tunc, et al.¹⁰¹ fueron consistentes con el tipo de SFF y/o sistema de adhesión utilizado, todas las fallas fueron de tipo adhesivo en los grupos que emplearon agentes SE de 5ta o 6ta generación, previo a la colocación de SFF de una marca específica; aunque los sistemas adhesivos y la marca registrada SFF no eran similares entre sí, lo que podría influir en sus resultados.

Coelho et al.¹⁰² también reportaron un mayor tipo de falla adhesiva al evaluar la adhesión de SFF después del acondicionamiento del esmalte con agentes autograbantes de 6ta generación; sin embargo, el desempeño de la adhesión y por ende el tipo de fallas producidas se relacionaron con la contaminación del esmalte (saliva o agua) y la composición del agente AG (etanol o adhesivo base agua), obteniendo mejores resultados en condiciones ideales de no contaminado, como las evaluadas. en este estudio.

Además, Bishara et al.¹⁰³ consideró como una ventaja clínica que la falla de la unión no ocurre en la interfaz esmalte-adhesivo, para prevenir daños en la superficie del esmalte.

A pesar de que todos los grupos tratados mostraron un patrón de grabado correspondiente al tipo 1, con el material del núcleo del prisma eliminado preferentemente dejando las periferias del prisma relativamente intactas, apareció un patrón de grabado más pronunciado en los grupos GC, especialmente para el grupo GC_SFF_Kuraray, probablemente debido a la mayor concentración de ácido fosfórico (40%). En contraste con GC, los grupos AG mostraron un patrón de grabado de tipo 1 más conservador. Las observaciones de MEB sugieren que la capacidad de grabado de los diferentes agentes empleados podría estar relacionada con su pH.

Además, el esmalte grabado con grupos que contienen 10-MDP (AGU_SFF_3M y AG_SFF_Kuraray) muestra una superficie de esmalte con un aspecto fusionado, probablemente debido a la interacción estable e intensa con la hidroxiapatita que produce este componente, como se ha reportado en la literatura.⁹¹ Como era de esperar, el esmalte sin tratar presentó una superficie uniforme.

De hecho, la odontología está siempre en constante evolución para la búsqueda de alternativas de prevención y / o restauración; como agentes AG incluidos en este estudio, que podrían emplearse antes de la aplicación de SFF, debido a su desempeño, además del tiempo reducido de sillón derivado de la ausencia de enjuague, una ventaja deseada en el caso de la odontopediatría.

Fase II

Se han utilizado varias técnicas para estudiar la estructura de la superficie microscópica general, la microscopía electrónica de barrido (MEB) ha sido el método tradicional; sin embargo, no es una técnica específica de superficie.^{19,104}

Diferentes estudios que utilizan el método de adsorción de gas BET o la absorción de agua respaldan que la porosidad del esmalte, el área superficial y el tamaño de los poros son más importantes para comprender la topografía del esmalte que un patrón de grabado definido, como el producido por el ácido fosfórico al 37 %.^{105,106}

Sin embargo, no existen informes científicos disponibles sobre el recuento de poros del esmalte dental y la medición del perímetro con respecto a los sistemas adhesivos de autograbado cuando se utilizan en el esmalte dental humano. Este estudio buscó ampliar el conocimiento de la topografía del esmalte mediante el uso del programa de procesamiento ImageJ para comparar cómo se modifica la porosidad del esmalte mediante procedimientos de grabado ácido y autograbado. Algunas de las ventajas de los agentes de autograbado de séptima generación, ya que no requieren ningún paso de mezclado y, por lo tanto, reducen el tiempo clínico, así como el control de la humedad, fueron las razones para incluirlos en este estudio. Además, Mézquita-Rodrigo et al. encontraron que, aunque el patrón de grabado fue menos pronunciado en los agentes de autograbado, se logró un rendimiento *in vitro* igual o superior en comparación con los agentes de grabado convencionales, de acuerdo con los resultados de la resistencia al desalojo (SBS) y el índice de adhesivo remanente (ARI).¹⁰⁷

Con respecto a la caracterización morfológica del esmalte, las microfotografías MEB del esmalte no tratado mostraron características inherentes a la morfología del esmalte dental sano,¹⁰⁸ como una superficie lisa, con poros pequeños y poco profundos y pocas varillas de esmalte expuestas. Ripa et al. mencionaron que estas áreas lisas se dan por la presencia de esmalte aprismático que cubre el 70% de la superficie bucal en dientes permanentes.⁴⁴

Cuando el esmalte dental estuvo bajo diferentes protocolos de grabado, su morfología y porosidad variaron según la técnica empleada. En los grupos tratados

con ácido fosfórico a diferentes concentraciones (GC_3M y GC_Kuraray), se detectó una mayor apariencia de porosidad como efecto de disolución del ácido en el lodo dentinario, lo que resultó en poros microscópicos y cristales de esmalte expuestos que pueden producir patrones retentivos,¹⁹ dando como resultado un grabado intra e interprismático más profundo.⁸

En el grupo GC_Kuraray, el ácido fosfórico al 40% generó un patrón de grabado más invasivo que el observado en el grupo GC_3M, caracterizado por una superficie erosionada evidente, en línea con lo reportado por Cartensen, quien observó cambios morfológicos más acentuados como una mayor desmineralización de la superficie del esmalte, asociado al aumento de la concentración de ácido.⁸ Además, Mézquita-Rodrigo et al. mostró una mejora en los valores de SBS directamente proporcional a la concentración de ácido empleada.¹⁰⁷ Adicionalmente, demasiada exposición al ácido (tiempo y/o concentración), provocará la disolución gradual de los cristales del esmalte, y su posterior ruptura, hasta destruir la estructura del esmalte, efecto que deseablemente se debe evitar para lograr un buen desempeño de los agentes adhesivos.

El esmalte acondicionado con los sistemas de autograbado AG_Kuraray, AG1_Shofu y AG2_Shofu mostró una apariencia superficial porosa más suave, probablemente por patrones irregulares cubiertos por una capa híbrida,¹⁰⁹ como una nueva estructura creada por la penetración de la resina adhesiva al esmalte poroso.¹¹⁰

En cuanto a la evaluación cuantitativa de la porosidad del esmalte dental después del tratamiento con agentes de grabado ácido y sistemas de autograbado, los resultados mostraron un aumento en el número de poros con una disminución del perímetro, independientemente de los agentes o sistemas utilizados. Estos hallazgos podrían estar relacionados con la composición química y el manejo específico de los diversos productos de grabado empleados.

Como era de esperar, el grupo control presentó un bajo número de poros con un amplio perímetro de poros, el esmalte constituye una red de compartimentos inter e intraprismáticos compuestos en un arreglo complejo de cristales en prismas del esmalte a nivel microscópico.¹¹¹ Los poros grandes se han asociado con las uniones

de los prismas, pero constituyen solo una pequeña fracción de la porosidad total, la mayor parte de la cual está vinculada con los cuerpos y las colas de los prismas,¹⁸ mientras que los poros más pequeños probablemente estén relacionados con los espacios dentro de los mismos prismas.^{18,112}

Con respecto a la porosidad asociada al ácido fosfórico al 32% y 40% (grupos GC_3M y GC_Kuraray), los resultados revelaron un aumento en el número de poros con un perímetro disminuido. Los especímenes tratados con ácido fosfórico al 32% presentaron menor número de poros que los tratados a mayor concentración (40%); sin embargo, el perímetro de los poros disminuyó cuando aumentó la concentración de ácido. Cuando se aplica ácido fosfórico al esmalte superficial, se disuelve el lodo dentinario de aproximadamente 5 a 10 mm de espesor,¹⁹ así como los núcleos y límites de los prismas,¹⁰⁹ estos efectos provocan un aumento en el número de poros. No obstante, los nuevos poros producidos por la exposición de pequeñas microestructuras del esmalte se reducen de tamaño, probablemente debido al colapso de las estructuras del esmalte y su obliteración.¹⁹

Los resultados obtenidos son consistentes con Nguyen et al. quienes caracterizaron la porosidad del esmalte humano en dientes erupcionados antes y después del grabado con solución de ácido fosfórico al 37% durante 15 segundos, y reportaron un aumento en el volumen total de poros, que podría ser producido por el aumento en el número de poros. Además, informaron que el esmalte sano intacto tenía un tamaño de poro de 219.67 Å, y después del procedimiento de grabado con ácido fosfórico durante 15 s, el tamaño del poro disminuyó en un 51 % (106.23 Å).¹⁹ En este estudio también se observó una reducción del perímetro de poro cuando el esmalte dental se trató con ácido fosfórico durante 15 s, esta reducción (al 29.04 %) fue más evidente a mayor concentración de ácido (40 %) en comparación con la menor concentración de ácido utilizada (32 %), que produjo una reducción del perímetro de poro del 57.3%. Estas diferencias en el promedio de reducción podrían estar asociadas a las características propias del esmalte dental en dientes no erupcionados (no expuestos al medio bucal), así como a las diversas concentraciones de ácido empleadas en este trabajo. Oliver observó que una alta

concentración de ácido, particularmente en el esmalte no erupcionado, produce más instancias de una apariencia clásica de grabado.¹¹³

En general, el proceso de aumento del número de poros en el esmalte por acción ácida podría deberse a la alteración de la matriz inorgánica y disolución de los cristales del esmalte,¹¹⁴ modificando también el tamaño de los poros y los mecanismos de difusión.

El análisis estadístico de los resultados del conteo de poros y del perímetro reveló un patrón de porosidad más similar entre los agentes de grabado ácido utilizados en diferentes concentraciones, mientras que los sistemas de autograbado presentaron patrones de porosidad específicos según el producto empleado; los cuales pueden ser considerados como leves, moderados y pronunciados, y probablemente estén asociados con la composición química del sistema. Aunque no se ha establecido un patrón de grabado característico de los sistemas de autograbado, un análisis más profundo de la superficie del esmalte, como el método objetivo propuesto en esta investigación, proporciona datos y observaciones de imágenes binarias y de conteo de poros para dilucidarlo.

El grupo AG_Kuraray presentó un aumento moderado en el número y perímetro de poros; sin embargo, en un reporte previo,¹⁰⁷ el mismo sistema exhibió una mayor fuerza de adhesión entre el esmalte dental y el sellador de fosas y fisuras (13.46 MPa) que la obtenida con ácido fosfórico al 32% (8.74 MPa) así como, mayor fuerza que la necesaria para resistir la función masticatoria (5.9-7.8 MPa).⁸³

El sistema de autograbado Clearfil ha evolucionado con el tiempo y está disponible en el mercado desde hace más de 20 años,¹¹⁵ con varios cambios en su composición química para mejorar la eficacia en el SBS.^{108,116-118} además, algunas versiones como Clearfil SE Bond han merecido el reconocimiento como el estándar de oro de los adhesivos de autograbado.¹¹⁵ Soares et al. evaluó y comparó la fuerza de unión a la microtracción de los sistemas adhesivos que utilizan Clearfil™ SE Protect Bond y Clearfil™ S³Bond Plus al esmalte, y no encontró diferencias en la eficacia entre las dos versiones más recientes de este agente.¹¹⁸

Además, la presencia del monómero funcional 10-metacriloxidecil dihidrógeno fosfato (10-MDP) es descrita por varios autores como muy positiva para los niveles

de adhesión obtenidos, similares a los alcanzados por los adhesivos de grabado y aclarado. Esto está respaldado por el efecto de unión química del monómero a la hidroxiapatita y la creación de sales de calcio 10-MDP que se depositan en el tejido dental, generando una nanocapa que brinda mayor resistencia mecánica y estabilidad de unión.^{115,118}

Con respecto al grupo AG1_Shofu, tuvo menor número de poros con un gran perímetro (patrón de porosidad suave), este parece ser el más suave de los agentes evaluados en este estudio, similar a la superficie del esmalte sin tratar; aunque los valores de SBS alcanzados reportados por Mézquita-Rodrigo et al. además cumple con los mínimos requeridos para soportar las fuerzas masticatorias, similares a los que alcanza el ácido fosfórico al 32% y 40%.¹⁰⁷ Por el contrario, un estudio clínico informó que las tasas generales de supervivencia de BeautiSealant acondicionado con BeautiSealant Primer fueron estadísticamente más bajas en comparación con el grupo de sellador convencional (ácido fosfórico) durante el período de evaluación de 18 meses.¹¹⁹

El mayor número de poros con el perímetro más pequeño que se encuentra en el grupo AG2_Shofu (patrón de porosidad pronunciada) podría deberse a la desmineralización del esmalte poco profundo causada por el monómero de ácido fosfórico y el monómero de ácido carboxílico contenidos en el adhesivo de autograbado. Recientemente, se ha informado que este sistema de autograbado mostró un SBS similar al grabado convencional con ácido fosfórico al 40%.¹⁰⁷ En términos generales, los sistemas de autograbado están compuestos por mezclas acuosas de monómeros con funcionalidad ácida como el ácido fosfórico o éster de ácidos carboxílicos, con un pH superior al de los geles fosfóricos.¹⁰⁹

Por lo general, se supone que el aumento en el número de poros y en las irregularidades de la superficie da como resultado una mayor área expuesta de esmalte, lo que crea un área más grande para la unión y una mayor resistencia de la unión posterior.¹⁹ Además, el análisis comparativo de las observaciones morfológicas de las superficies de esmalte tratadas y la porosidad obtenida como efecto de las técnicas y agentes/sistemas utilizados, sugiere que existen características importantes en la porosidad generada, que podrían estar

relacionadas con una adecuada adhesión. fuerza, sin excluir algunas ventajas del enlace químico producido por algunos componentes como el 10-MDP.

Una de las limitaciones del presente estudio es el diseño *in vitro*, ya que los agentes de grabado del esmalte se aplicaron en condiciones ideales de control de la humedad, lo que no permite reproducir los efectos no deseados que podrían ocurrir en la práctica clínica, como la contaminación con saliva o sangre. Sin embargo, es difícil desarrollar condiciones de laboratorio ideales para reproducir el entorno oral dinámico y biológicamente complejo. Además, la comparación de resultados ha sido un gran reto ya que no existen estudios que evalúen la porosidad que producen los agentes autograbantes, y en el caso de los existentes están relacionados con el grabado ácido, determinando la porosidad por diversas técnicas. Finalmente, se sugiere que en estudios posteriores sería importante evaluar la profundidad de los poros creados por los agentes de autograbado y su relación con el fenómeno de adhesión.

9. Conclusiones generales

Fase I

El patrón de grabado fue menos pronunciado en los grupos de autograbado, que mostraron un desempeño *in vitro* igual o superior en la resistencia al desalojo, así como el índice de adhesivo remanente, en comparación con los agentes de grabado convencionales.

Se recomienda el uso clínico de agentes de autograbado antes de la aplicación de selladores de fosas y fisuras en nuevos protocolos odontológicos.

El mejor desempeño *in vitro* se observó cuando los materiales aplicados, el agente de autograbado y el sellador de fosas y fisuras tenían 10-metacrilóiloxidecil dihidrógeno fosfato (10-MDP) en su composición química.

Fase II

Todas las técnicas de grabado mostraron un aumento del número de poros, con una evidente reducción del perímetro, con características específicas según la técnica utilizada.

La porosidad del esmalte (número y perímetro de poros) presentó características particulares para cada agente de autograbado empleado, resultando en tres patrones de porosidad: leve, moderada y pronunciada.

Sólo se mostró un patrón de porosidad moderada por el efecto de los agentes de grabado ácido.

10. Bibliohemerografía utilizada

1. Mount GJ. A new paradigm for operative dentistry. *Aust Dent J.* 2007;52:264-70.
2. Buonocore MG. Pit and fissure sealing. *Dent Clin North Am.* 1975;19:367-83.
3. Celiberti P, Lussi A. Use of a self-etching adhesive on previously etched intact enamel and its effect on sealant microleakage and tag formation. *J Dent.* 2005;33:163-71.
4. Gwinnett AJ. Human prismless enamel and its influence on sealant penetration. *Arch Oral Biol.* 1973;18:441-4.
5. Beauchamp J, Caufield PW, Crall JJ, et al. Evidence- based clinical recommendations for the use of pit-and-fissure sealants: a report of the American Dental Association Council on Scientific Affairs. *Dent Clin North Am.* 2009;53:131-47.
6. FDI World Dental Federation. The oral health atlas: The challenge of oral disease. A call for global action. FDI World Dental Federation. 2015. <https://www.fdiworlddental.org/resourses/oralhealth-atlas/oral-health-atlas-2015>. Accessed 14 Mar 2021.
7. Montoya A, Castillo A, Pacheco YT. Prevalencia y severidad de caries dental en escolares de 6 a 12 años en dos escuelas públicas de la colonia Ignacio Romero Vargas en el Estado de Puebla, México. *Rev Tamé.* 2020;9:1012–6.
8. Cartensen W. The effects of different phosphoric acid concentrations on surface enamel. *Angle Orthod.* 1992;62(1):51-8.

9. Sakaguchi, R.L.; Powers, J.M. Craig's Restorative Dental Materials; Elsevier/Mosby: Philadelphia, PA, USA, 2012.
10. Hamdy TM. Modifications of dental adhesive Systems. J Dent Health Oral Disord Ther. 2018;9(1):00319.
11. Mandri MN, Aguirre Grabre de Prieto A, Zamudio ME. Adhesive systems in restorative dentistry. Odontoestomatología. 2015;17(26):50-6.
12. Bagherian A, Sarraf A, Sadeghi R. Adhesive systems under fissure sealants: yes or no? J Am Dent Assoc. 2016;147(6):446–56.
13. Sofan E, Sofan A, Palaia G, Tenore G, Romeo U, Migliau G. Classification review of dental adhesive systems: from the IV generation to the universal type. Annali di Stomatologia. 2017;8(1):1-17.
14. Tandon V, Lingesha RT, Tangade PS, et al. Effect of Adhesive Application on Sealant Success: A Clinical Study of Fifth and Seventh Generation Adhesive Systems. J Dent. 2015;12(10):712-19.
15. Erbas Unverdi G, Atac SA, Cehreli ZC. Effectiveness of pit and fissure sealants bonded with different adhesive systems: a prospective randomized controlled trial. Clin Oral Invest. 2017;21:2235.
16. Botton G, Morgental CS, Scherer MM, Lenzi TL, Montagner AF, Rocha RDO. Are self-etch adhesive systems effective in the retention of occlusal sealants? A systematic review and meta-analysis. Int J Paed Dent. 2016;26(6):402-11.
17. Nirwan M, Nigam AG, Marwah N, Nayak UA, Bansal A, Gahlot MS. A comparative evaluation of retention of pit and fissure sealant bonded using sixth-seventh-, and eighth-generation adhesives: An *in vivo* study. J Indian Soc Pedod Prev Dent. 2017;35:359-66.

18. Shellis RP, Dibdin GH. Enamel microporosity and its functional implications. In: Teaford MF, Ferguson MJ, Smith MM, eds. Development, function and evolution of teeth. Cambridge: Cambridge University Press, 2000; 242–251.
19. Nguyen TT, Miller A, Orellana MF. Characterization of the porosity of human dental enamel and shear bond strength in vitro after variable etch times: initial findings using the BET method. *Angle Orthod*. 2011;81(4):707-15.
20. Risnes S, Li C. On the method of revealing enamel structure by acid etching. Aspects of optimization and interpretation. *Microsc Res Tech*. 2019;82(10):1668-80.
21. Schneider CA, Rasband WS, Eliceiri KW. NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. *Nat Methods*. 2012;9(7):671–75.
22. Coldebella CR, Santos-Pinto L, Zuanon AC. Effect of ultrasonic excitation on the porosity of glass ionomer cement: a scanning electron microscope evaluation. *Microsc Res Tech*. 2011;74(1):54-7.
23. "Dental enamel." Medical Dictionary for the Dental Professions. 2012. Farlex 23 Feb. 2021 <https://medical-dictionary.thefreedictionary.com/Dental+enamel>
24. Lacruz RS, Habelitz S, Wright JT, Paine ML. Dental enamel formation and implications for oral health and disease. *Physiol Rev*. 2017;97(3):939-93.
25. Sabel N. Enamel of primary teeth—morphological and chemical aspects. *Swed Dent J Suppl*. 2012;222:1–77.
26. Beniash E, Stiffler CA, Sun CY, et al. The Hidden Structure of Human Enamel. *Nat. Commun*. 2019;10:4383.
27. Gomez de Ferraris M, Campos A. Histología, embriología e ingeniería tisular bucodental. 4ª ed. México. Editorial Panamericana. 2019: 213-44.

28. Simmer JP, Fincham AG. Molecular mechanisms of dental enamel formation. *Crit Rev Oral Biol Med*. 1995;6(2):84-108.
29. Simmer JP, Hu JC. Dental enamel formation and its impact on clinical dentistry. *J Dent Educ*. 2001;65(9):896-905.
30. Sánchez Pérez L, Sáenz Martínez LP, Molina-Frechero N, Irigoyen-Camacho ME, Alfaro-Moctezuma P. Riesgo a caries. Diagnóstico y sugerencias de tratamiento. *Revista ADM*. 2018;75(6):340-49.
31. Selwitz RH, Ismail AI, Pitts NB. Dental caries. *Lancet*. 2007;369(9555):51-9.
32. Tinanoff N. Dental Caries, Editor(s): Arthur J. Nowak, John R. Christensen, Tad R. Mabry, Janice A. Townsend, Martha H. Wells, *Pediatric Dentistry (Sixth Edition)*, Elsevier, 2019, pp. 169-79.
33. Naccha A, Otazú C. Odontología de mínima intervención, minimizando el ciclo de la restauración: Revisión de la literatura. *Odontol Pediatr*. 2021;20(1);71-83.
34. Wells A. Pit and Fissure Sealants: Scientific and Clinical Rationale, Editor(s): Arthur J. Nowak, John R. Christensen, Tad R. Mabry, Janice A. Townsend, Martha H. Wells, *Pediatric Dentistry (Sixth Edition)*, Elsevier, 2019. pp. 461-481.
35. Simonsen RJ, Neal RC: A review of the clinical application and performance of pit and fissure sealants. *Aust Dent J*. 2011;1:45–58.
36. Villarreal Rojas Azucena, Guerrero Ibarra Jorge, Yamamoto Nagano Adolfo, Barceló Santana Federico Humberto. Curing depth of pit and fissure sealants with use of light emitting diode (LED) at different distances. *Rev. Odont. Mex [revista en la Internet]*. 2015 Jun [citado 2022 Mar 03] ;19(2):76-80.
37. Boj JR, Catalá M, García-Ballesta C, Mendoza A, Planells P. Odontopediatría. La evolución del niño al adulto joven. Madrid-España: Ripano, 2011. pp.267-77.

38. El-Din K, El Motayam, Fouad WA, Youssef R. Assessment and comparison of nanoleakage and resin tag length of tree different pit and fissure sealants: An in vitro scanning electron microscope study. *J Am Sci.* 2013;9(5):329-37.
39. Padrón G, de los Angeles M, Hernández D y González E. Los selladores de fosas y fisuras: Una alternativa de tratamiento preventivo o terapéutico: revisión de la literatura. *Acta Odontol Venez.* 2002;40(2):90-96.
40. Luengo-J JA, Mena MS, Carlos MLE, Toscano I. Retención y efecto anticariogénico de los selladores en molares primarios. Ensayo clínico controlado. *Rev Odontopediatr Latinoam.* 2014;4(1):29-40.
41. Bezerra SL. Tratado de Odontopediatría. AMOLCA; 2008. pp.190-99.
42. Naaman R, El-Housseiny AA, Alamoudi N. The use of pit and fissure sealants—A literature review. *Dent. J. (Basel).* 2017;5:34.
43. Arhakis A, Damianaki S, Toumba KJ. Pit and Fissure Sealants: Types, Effectiveness, Retention, and Fluoride Release: A Literature Review. *Balk J Stom.* 2007;11:151-62
44. Ripa LW. Sealants revised: an update of the effectiveness of pit-and-fissure sealants. *Caries Res.* 1993; 27(Suppl 1):77-82.
45. Casamayou R, Boghosian ED, Abella R. Comportamiento de los selladores de vidrio ionomero de alta densidad. Estudio a 6 años. *Actas Odontol.* [Internet]. 2016 [citado 2019 Mayo 22] ;13(2):33-42.
46. Leal SC, Moreira KMS, Imparato JCP. Dental Sealants. In: Coelho Leal S, Takeshita E. (eds) *Pediatric Restorative Dentistry.* Springer, Cham, 2019. pp. 117-25.

47. Feigal RJ, Donly KJ. The use of pit and fissure sealants. *Pediatr Dent*. 2006; 28:143–50.
48. Sreedevi A, Mohamed S. Sealants, Pit and Fissure. [Updated 2018 Oct 27]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2019 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK448116/>
49. Henostroza H. G. Adhesión en odontología restauradora. 2^{da} Edición, Editorial Médica Ripano. Lima Perú 2010; 42-51.
50. Vaillard-Jiménez E, Huitzil-Muñoz E, Ortega-Cambranis A, García-Damian A. Características de las “otras formas” de Nagano de fosas y fisuras de molares temporales. 2013;12:109.
51. Bekes K, Tangl S, Dobsak A, Gruber R. The Morphology of Pits and Fissures. In: Bekes K. (eds) Pit and Fissure Sealants. Springer, Cham, 2018. p.p. 11-21
52. Machi R. L. Materiales dentales. 1^{ra} Edición, Editorial Medica Panamericana Buenos Aires Argentina 2007. pp.121-134.
53. Tay FR, Pashley DH. Etched enamel structure and topography: Interface with materials. In: Eliades G, Watts DC, Eliades T, editors. Dental hard tissues and bonding. New York: Springer; 2005. pp.3–27.
54. Somaraj V, Ravishankar P, Aparna S, Kumar, S, Abirami A, Jaimithran S. Pit and Fissure Sealants in Public Oral Health Care: Prevention by Sealing. *J Clin Res Dent*. 2018;1(1):1-5.
55. McNamara J, Gange PA. Orthodontic bonding. En: McNamara J (ed). Orthodontics and dentofacial orthopedics. Needham Press, Inc. Michigan. 2001. pp.186-96.

56. Hormati AA, Fuller JL, Denehy GE. Effects of contamination and mechanical disturbance on the quality of acid-etched enamel. *J Am Dent Assoc.* 1980;100(1):34-8.
57. Eliades G, Watts D, Eliades T. Bond Strength to enamel. In *Dental hard tissues and bonding: Interfacial phenomena and related properties*. Germany: Springer Nature 2005. pp. 53-69
58. Eakle WS, Hatrik CD. Principles of Bonding. In *Dental materials: Clinical applications for dental assistants and dental hygienists*. Elsevier Health Sciences, St. Louis, Missouri: Elsevier 2015. pp. 155-216.
59. Bedran-Russo A, Leme-Kraus AA, Vidal CMP, Teixeira EC. An overview of dental adhesive systems and the dynamic tooth-adhesive interface. *Dent Clin N Am.* 2017;61(4):713–31.
60. Sezinando A. Looking for the ideal adhesive- A review. *Rev Port Estomatol Med Dent Cir Maxilofac.* 2014;(4):194–206.
61. Talal A, Owais Nasim HM, Abdul Samad Khan A. Enamel etching and dental adhesives. In *Advanced Dental Biomaterials*. Woodhead Publishing 2019. pp.229-53.
62. Stangel I, Ellis TH, Sacher E. Adhesion to tooth structure mediated by contemporary bonding systems. *Dent Clin N Am.* 2007;51:677–94.
63. Toshniwal N, Singh N, Dhanjani V, Mote N, Mani S. Self etching system v/s conventional bonding: Advantages, disadvantages. *Int J Appl Dent Sci.* 2019; 5(3):379-83.

64. Mithiborwala S, Chaugule V, Munshi AK, Patil V. A comparison of the resin tag penetration of the total etch and the self-etch dentin bonding systems in the primary teeth: An in vitro study. *Contemp Clin Dent*. 2012;3(2):158-63.
65. Van Meerbeek B, Peumans M, Poitevin A, Mine A, Van Ende A, Neves A et al. Relationship between bond-strength tests and clinical outcomes. *Dent. Mater* 2010;26(2):e100-21.
66. Sachdeva B, Dua P, Mangla R, Kaur H, Rana S, Butail A. Bonding efficacy of 5th, 6th, 7th & 8th generation bonding agents on primary teeth. *IOSR J Dent and Medical Sci (IOSR-JDMS)*. 2018;17(3):61-66.
67. Van Landuyt KL, Snauwaert J, De Munck J, et al. Systematic review of the chemical composition of contemporary dental adhesives. *Biomaterials*. 2007;28(26): 3757-85.
68. Silva e Souza MH, Carneiro KGK, Lobato MF, Rodrigues P, Góes MF. Adhesive systems: important aspects related to their composition and clinical use. *J Appl Oral Sci*. 2010;18(3): 207-14.
69. Parhami, P, Pourhashemi SJ, Ghandehari M, Mighani G, Chiniforush N. Comparative study of the shear bond strength of flowable composite in permanent teeth treated with conventional bur and contact or non-contact er: YAG laser. *J Lasers Med Sci*. 2014;5(3),140.
70. Qi CZ, Jiang Y, Li SY, Lin Y, Fan XM, Yu Q. The ultrastructural study of bonding interface between two adhesive systems and three types of dental hard tissue. *Shanghai Kou Qiang Yi Xue*. 2011;20(3):260-64.
71. Norling B. Adhesión. En: Anusavice K. Phillips Ciencia de los materiales dentales. Madrid: Elsevier; 2004. pp. 381-98.

72. Gomes Moreira MA. Sistemas adhesivos autograbadores en esmalte: ventajas e inconvenientes. *Odontoestomatol* 2004;20-4:193-98.
73. Bowen RL, Eick JD, Henderson DA, Anderson DW. Smear layer: removal and bonding considerations. *Oper Dent Suppl.* 1984;3:30-4.
74. Tsujimoto A, Iwasa M, Shimamura Y, Murayama R, Takamizawa T, Miyazaki M. Enamel bonding of single-step self-etch adhesives: influence of surface energy characteristics. *J Dent.* 2010;38:123-30.
75. Hannig M, Bock H, Bott B, Hoth-Hannig W. Inter-crystallite nanoretention of self-etching adhesives at enamel imaged by transmission electron microscopy. *Eur J Oral Sci.* 2002;110(6):464-70.
76. Cardoso MV, de Almeida Neves A, Mine A, Coutinho E, Van Landuyt K, De Munck J, Van Meerbeek B. Current aspects on bonding effectiveness and stability in adhesive dentistry. *Aust Dent J.* 2011;56 Suppl 1:31-44.
77. Silverstone, L. M., Saxton, C. A., Dogon, I. L., Fejerskov, O., 1975. Variation in the pattern of acid etching of human dental enamel examined by scanning electron microscopy. *Caries Res.* 9, 373–87.
78. Gwinnett AJ, Matsui A. A study of enamel adhesives. The physical relationship between enamel and adhesive. *Arch Oral Biol.* 1967;12:1615–20.
79. De Munck J, Van Meerbeek B, Yoshida Y, et al. Four-year water degradation of total-etch adhesives bonded to dentin. *J Dent Res* 2003;82:136–40.
80. Ciucchi P, Neuhaus KW, Emerich M, Peutzfeldt A, Lussi A. Evaluation of different types of enamel conditioning before application of a fissure sealant. *Lasers Med Sci.* 2015;30:1-9.

81. Moritz A, Schoop U, Goharkhay K, Szakacs S, et al. Procedures for enamel and dentin conditioning: a comparison of conventional and innovative methods. *J Esthet Dent*. 1998;10(2):84-93.
82. Cerci BB, Roman LS, Guariza-Filho O, et al: Dental enamel roughness with different acid etching times: atomic force microscopy study. *Eur J Gen Dent* 2012;1:187-191.
83. Reynolds IR. A review of direct orthodontic bonding: *Br J Orthod*. 1975;2:171–178.
84. Birlbauer S, Chiang M, Schuldt C, et al. Shear bond strength and microleakage results for three experimental self-etching primer compositions for pit and fissure sealing. *Clin Oral Invest*. 2017;21:1465–73.
85. Ozer F, Blatz MB. Self-etch and etch-and- rinse adhesive systems in clinical dentistry. *Compend Contin Educ Dent*. 2013;34(1):2-18.
86. Burke F J T, Lawson A, Green D J B, MacKenzie L. What's new in dentine bonding? Universal adhesives. *Dent Update*. 2017;44:328–40.
87. El Mourad AM. Assessment of Bonding Effectiveness of Adhesive Materials to Tooth Structure using Bond Strength Test Methods: A Review of Literature. *Open Dent J*. 2018;12:664-78.
88. Sirisha K, Rambabu T, Shankar YR, Ravikumar P. Validity of bond strength tests: A critical review: Part I. *J Conserv Dent*. 2014;17(4):305-11.
89. Shahabi M, Ahrari F, Mohamadipour H, Moosavi H. Microleakage and shear bond strength of orthodontic brackets bonded to hypomineralized enamel following different surface preparations. *J Clin Exp Dent*. 2014.1;6(2):e110-5.

90. Årtun J, Bergland S. Clinical trials with crystal growth conditioning as an alternative to acid-etch enamel pretreatment. *Am J Orthod*. 1984;85(4):333-40.
91. Carrilho E, Cardoso M, Marques Ferreira M, Marto CM, Paula A, Coelho AS. 10-MDP Based Dental Adhesives: Adhesive Interface Characterization and Adhesive Stability-A Systematic Review. *Materials (Basel)*. 2019;12(5):790.
92. Roh OD, Chung JH. Micro-shear bond strength of five resin-based composites to dentin with five different dentin adhesives. *Am J Dent*. 2005;18(6):333-7.
93. Yoshida Y, Yoshihara K, Nagaoka N, et al. Self-assembled Nano-layering at the Adhesive interface. *J Dent Res*. 2012;91(4):376-81.
94. Pitchika V, Birlbauer S, Chiang ML, et al. Shear bond strength and microleakage of a new self-etch adhesive pit and fissure sealant. *Dent Mater J*. 2018;37(2):266.
95. Ataol E, Ertan A, Cehreli ZC. Sealing effectiveness of fissure sealants bonded with universal adhesive systems: influence of different etching modes. *J Adhes Sci Technol*. 2017;31(14):1626–34.
96. Takeda M, Takamizawa T, Imai A, et al. Immediate enamel bond strength of universal adhesives to unground and ground surfaces in different etching modes. *Eur J Oral Sci*. 2019;127(4):351-60.
97. Perdigão J, Swift EJ. Universal adhesives. *J Esthet Restor Dent*. 2015;27(6):331-4.
98. Zhang Z, Wang X, Zhang L, et al. The contribution of chemical bonding to the short- and long-term enamel bond strengths. *Dent Mater*. 2013;29(7):e103-e112.
99. Hosein I, Sherrieff M, Ireland AJ. Enamel loss during bonding, debonding, and cleanup with use of a self-etching primer. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2004;126(6):717-24.

100. Montasser MA, Drummond JL. Reliability of the adhesive remnant index score system with different magnifications. *Angle Orthod.* 2009;79(4):773-6.
101. Sen Tunc E, Bayrak S, Tuloglu N, Ertas E. Evaluation of microtensile bond strength of different fissure sealants to bovine enamel. *Aust Dent J.* 2012;57(1):79–84.
102. Coelho A, Canta JP, Martins JNR, Arantes-Oliveira S, Marques PF. Influence of self-etch all-in-one adhesives on fissure sealant shear bond strength under contaminated enamel conditions. *Eur Arch Paediatr Dent.* 2019;20(1):15–22.
103. Bishara SE, VonWald L, Laffoon JF, Warren JJ. Effect of a self-etch primer/adhesive on the shear bond strength of orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2001;119(6):621-4.
104. Akasapu A, Hegde U, Murthy PS. Enamel Surface Morphology: An Ultrastructural Comparative Study of Anterior and Posterior Permanent Teeth. *J Microsc Ultrastruct.* 2018;6(3):160-164.
105. Dibdin GH. The internal surface and pore structure of enamel. *J Dent Res.* 1969;48(5):771-6.
106. Orellana MF, Nelson AE, Carey JP, Heo G, Boychuk DG, Major PW. Surface analysis of etched molar enamel by gas adsorption. *J Dent Res.* 2008;87(6):532-6.
107. Mézquita-Rodrigo I, Scougall-Vilchis RJ, Moyaho-Bernal MA, Rodríguez-Vilchis LE, Rubio-Rosas E, Contreras-Bulnes R. Using self-etch adhesive agents with pit and fissure sealants. In vitro analysis of shear bond strength, adhesive remnant index and enamel etching patterns. *Eur Arch Paediatr Dent.* 2021;7:1–9.

108. Palamara J, Phakey PP, Rachinger WA, Orams HJ. Electron microscopy of surface enamel of human unerupted and erupted teeth. Arch Oral Biol. 1980;25(11-12):715-25.
109. Pashley DH, Tay FR. Aggressiveness of contemporary self-etching adhesives. Part II: etching effects on unground enamel. Dent Mater. 2001;17(5):430-44.
110. Nakabayashi N., Pashley DH. Hybridization of dental hard tissues. The quality of hybridized dentin. Tokyo: Quintessence 1998. pp. 65-7
111. Poole DF, Brooks AW. The arrangement of crystallites in enamel prisms. Arch Oral Biol. 1961;5:14-26.
112. Moreno EC, Zahradnik RT. The pore structure of human dental enamel. Arch Oral Biol. 1973;18(8):1063-8.
113. Oliver RG. The effects of differing acid concentrations, techniques and etch time on the etch pattern of enamel of erupted and unerupted human teeth examined using the scanning electron microscope. Br J Orthod. 1988;15(1):45-9.
114. Pan H, Tao J, Yu X, et al. Anisotropic demineralization and oriented assembly of hydroxyapatite crystals in enamel: smart structures of biominerals. J Phys Chem B. 2008;112(24):7162-5.
115. Van Meerbeek B, Yoshihara K, Van Landuyt K, Yoshida Y, Peumans M. From Buonocore's Pioneering Acid-Etch Technique to Self-Adhering Restoratives. A Status Perspective of Rapidly Advancing Dental Adhesive Technology. J Adhes Dent. 2020;22(1):7-34.

116. Moura SK, Reis A, Pelizzaro A, et al. Bond strength and morphology of enamel using self-etching adhesive systems with different acidities. *J Appl Oral Sci.* 2009;17(4):315-25.
117. Perdigão J, Lopes MM, Gomes G. In vitro bonding performance of self-etch adhesives: II--ultramorphological evaluation. *Oper Dent.* 2008;33(5):534-49.
118. Soares AD, Costa AL, Alves LC, Vinagre A, Ramos JC. Microtensile Bond Strength of Three Different Adhesive Systems to Primary Enamel: An In Vitro Study. *Pediatr Dent.* 2020;42(6):476-81.
119. Ntaoutidou S, Arhakis A, Tolidis K, Kotsanos N. Clinical evaluation of a surface pre-reacted glass (S-PRG) filler-containing dental sealant placed with a self-etching primer/adhesive. *Eur Arch Paediatr Dent.* 2018;19(6):431-37.

11. Anexos

Anexo 1. Carta consentimiento informado

INFORMACIÓN PARA LOS PACIENTES Y CARTA DE CONSENTIMIENTO
INFORMADO PARA PARTICIPAR EN LOS PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

Efecto de sistemas adhesivos de autograbado en combinación con láser Er:YAG , sobre la resistencia al desalojo de selladores de fosas y fisuras

Justificación de la investigación

Si bien los selladores dentales han sido reconocidos como un método eficaz para prevenir la caries, aún continúan los cuestionamientos clínicos en relación a las indicaciones, criterios y técnicas para su colocación, encaminados a optimizar su retención y efectividad en la prevención de la caries dental.

Los láseres tienen aplicación en la odontología preventiva al incrementar la resistencia del esmalte dental, bajo condiciones específicas de irradiación.

En este protocolo de investigación se realizará con la finalidad de simplificar técnicas en los procedimientos clínicos y alcanzar mejores resultados en menor tiempo, y mostrará que es efectivo para la prevención de caries dental y mejora de la estructura del esmalte.

Objetivo de la investigación

Determinar la resistencia al desalojo de los selladores de fosas y fisuras previo acondicionamiento de esmalte con láser Er: YAG en combinación con diferentes agentes de autograbado en dientes temporales y permanentes *in vitro*.

Procedimientos a realizar

Recolección de órganos dentarios extraídos por personal capacitado y depositados en frasco de timol al 2%.

Molestias o riesgos esperados

Por ser dientes con indicación de extracción terapéutica, se esperan molestias moderadas posteriores a la misma. El paciente podría experimentar sensación de tracción durante el procedimiento.

Riesgo por omisión del paciente de las indicaciones postratamiento

En caso de que el paciente no siga las indicaciones del Odontólogo podría presentar retraso de la reparación tisular.

Los beneficios que se pueden obtener

Se eliminan riesgos de alguna posible patología, así como apiñamiento.

Garantía de recibir respuesta a cualquier pregunta

Absoluta.

Libertad de retirar el consentimiento

En el momento en que el paciente lo decida.

Confidencialidad del paciente

Esta será guardada.

Gastos del estudio

Cubiertos por el financiamiento correspondiente (institucional o externo)

En el cumplimiento de la Ley General de Salud, Ley federal de protección de datos personales en posesión de los particulares, aviso de privacidad de la UAEMex. Reglamento de la Ley General de salud en materia de investigación, art. 13, 3, 14, 16; Código civil federal, art 1803, 1812 en materia de obligaciones del consentimiento informado y la NOM-012-SSA3-2012, art. 11, 12 y 13 que establece los criterios para la ejecución de proyectos de investigación para la salud en seres humanos. El paciente (en caso de menores o incapacitados consignar el nombre del padre, madre o tutor)_____con expediente_____en pleno uso de mis facultades, declaro que el odontólogo

(a)_____me ha explicado ampliamente que en mi situación es conveniente la extracción del diente permanente; con un lenguaje claro y sencillo, me ha explicado toda la intervención quirúrgica en cavidad bucal, aunque de modo infrecuente e incluso impredecible, puede tener riesgos y complicaciones entre las que se incluyen: inflamación, dolor o infección. También, se me ha mencionado que dichas complicaciones pueden ser derivadas directamente del estado previo del paciente y de los tratamientos que esté recibiendo o de no seguir las indicaciones posoperatorias.

Se me ha explicado que el tratamiento se efectuará bajo anestesia tópica y/o local para poder realizar la intervención sin dolor. Se me ha informado que sentiré una sensación de anestesia que eventualmente se quitará en unas horas.

La extracción dental es un procedimiento quirúrgico que consiste en sacar un diente de la encía y del alvéolo (cavidad ósea en cuyo interior se aloja la raíz del órgano dentario).

Se me ha permitido hacer preguntas al respecto, las cuales, me han contestado con claridad. También, se me ha explicado que el diente obtenido durante el tratamiento será utilizado con fines de investigación científica, que en todo momento se guardará la identidad de la persona y que los datos obtenidos pueden ser utilizados en foros de investigación y publicaciones con fines académicos.

Se me ha informado sobre las implicaciones para la realización del proyecto y las posibles aportaciones que podría generar en el ámbito del conocimiento de la Odontología, he comprendido toda la información del presente documento, me han sido aclaradas todas mis dudas sobre el mismo y en cuanto finalice el proyecto tendré derecho a conocer los resultados. Así mismo, doy autorización para que utilice la información de mi participación en la investigación para publicación científica, con la garantía de protección de datos personales.

Anexo 2. Carta asentimiento informado



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
ASENTIMIENTO INFORMADO

Título de proyecto: Efecto de sistemas adhesivos de autograbado en combinación con láser Er:YAG , sobre la resistencia al desalojo de selladores de fosas y fisuras

Mi nombre es _____ y trabajo en el Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados en Odontología de la Universidad Autónoma del Estado de México. Actualmente el investigador **Irina Mézquita Rodrigo** está realizando un estudio para conocer acerca de del efecto del láser en los dientes para colocar selladores y para ello queremos pedirte que nos apoyes.

El objetivo del estudio es lograr que el sellador que se coloque en el diente que dones, requiera una gran fuerza para que se desaloje.

Tu participación en el estudio consistiría en donar tu diente el cual, será analizado para saber si el procedimiento es exitoso.

Tu donación es voluntaria, es decir aun cuando tus papá o mamá hayan dicho que puedes donarlo, si tú no quieres hacerlo puedes decir que no. Es tu decisión si lo donas o no en el estudio. También es importante que sepas que si no lo quieres donar no habrá ningún problema.

La información que proporciones será confidencial. Esto quiere decir que no diremos a nadie tus datos como nombre (O RESULTADOS DE MEDICIONES), sólo lo sabrán las personas que forman parte del equipo de este estudio. Así también, a tus papás se les dio un documento, el cual, menciona cual es el objetivo del estudio y procedimientos.

Si aceptas participar, te pido que por favor pongas una (✓) en el cuadro de abajo que dice “Sí quiero participar” y escribe tu nombre.

Si no quieres participar, no pongas ninguna (✓), ni escribas tu nombre.

☐ Sí quiero participar

Nombre: _____

Nombre y firma de la persona que obtiene el asentimiento:

Fecha: _____ de _____ de ____.

☐

Anexo 3 Aviso de privacidad



Universidad Autónoma del Estado de México

AVISO DE PRIVACIDAD

La Universidad Autónoma del Estado de México, en lo sucesivo y para efectos del presente aviso, se denominará como "La Universidad", con domicilio en Instituto Literario Ote. No. 100, Col. Centro, C.P. 50000, Toluca, Estado de México; a través de sus espacios académicos y administrativos es la responsable del uso, protección y tratamiento de sus datos personales, observando íntegramente para ello lo previsto en la Ley de Protección de Datos Personales del Estado de México, en lo subsecuente "La Ley".

La entrega de los datos personales es facultativa, en caso de que el titular se negara a otorgarlos, se generará como consecuencia el no estar en posibilidades de realizar el trámite que pretende llevar a cabo.

En caso de no oponerse a este acto, se entiende que existe un consentimiento expreso para su tratamiento, en los términos citados en el presente aviso de privacidad.

"La Universidad" protesta no transmitir sus datos personales a persona física o jurídica colectiva alguna que sea ajena a la institución sin su consentimiento expreso; notificándole en su caso qué datos serán transmitidos, cuál es la finalidad de dicho trámite y quién es el destinatario.

Para la mejor comprensión del presente aviso de privacidad le informamos lo siguiente:

¿Qué datos personales recabamos de usted, los utilizaremos para las siguientes finalidades que son necesarias dentro de las actividades propias de "La Universidad"?

Los datos personales que recabamos de usted, los utilizaremos para las siguientes finalidades que son necesarias dentro de las actividades propias de "La Universidad":

- **Trámite de inscripción**, como pueden ser los relativos a inscripción, reinscripción, solicitud de becas, historial académico, tutoría y mentoría académica, titulación, prestación de servicio social y prácticas profesionales, movilidad estudiantil, participación en proyectos de investigación, registro de evaluaciones, repositorio institucional y cualquier actividad y obligación surgida del quehacer universitario.
- **Trámite de recursos**, como pueden ser los relativos a recursos financieros, recursos humanos, recursos materiales, servicios generales y obra universitaria, así como las demás relativas a la contabilidad, marco legal, gestión, planeación, estadística universitaria y cualquier actividad y obligación surgida del quehacer universitario.
- **Actividades de difusión**, como pueden ser sociales, de difusión de la cultura, deportivos, médicos, recreativos, empresariales, de investigación, extensión, publicación de eventos, sistema de consulta en línea para padres de familia, entre otros.

¿Para qué fines utilizaremos sus datos personales?

Para llevar a cabo las finalidades descritas en el presente aviso de privacidad y dependiendo específicamente del trámite a realizar, se utilizarán, de manera enunciativa más no limitativa, los siguientes datos personales.

- **Datos personales** como: nombre, número de cuenta, estado civil, firma autógrafa y electrónica, registro federal de contribuyentes (RFC), clave única de registro de población (CURP), número de seguridad social, nacionalidad, fecha de nacimiento, datos contenidos en acta de nacimiento, datos relacionados con terceros, fotografía, imagen, voz, entre otros.
- **Datos de contacto** como: domicilio, números telefónicos fijos o celulares o correos electrónicos de índole particular, entre otros.
- **Datos académicos** como: calificaciones cuantitativas, cualitativas, promedios y observaciones a las calificaciones, evaluaciones y las opiniones vertidas en ellas.
- **Datos de identificación** como: identificación oficial, entre otros.

Además "La Universidad" podrá utilizar para las finalidades descritas anteriormente los siguientes datos personales considerados como sensibles, que requieren especial atención:

- **Datos biométricos** como: huellas dactilares, reconocimiento facial, entre otros.
- **Datos de salud** como: historial médico, enfermedades, entre otros.
- **Datos de orientación sexual** como: orientación sexual, entre otros.
- **Datos de discapacidad** como: discapacidad, entre otros.
- **Datos de estado civil** como: estado civil, entre otros.

¿Qué derechos tiene usted sobre sus datos personales?

El titular podrá ejercer en los términos previstos por "La Ley" su derecho de acceso, rectificación, cancelación u oposición (ARCO). Asimismo "La Universidad" atenderá las solicitudes que el titular tenga respecto a la revocación de su consentimiento para dar tratamiento, uso o divulgar sus datos personales. Es importante considerar que no en todos los casos se podrá atender y/o concluir dicha solicitud de forma inmediata, ya que es posible que por alguna obligación legal o administrativa requiramos seguir tratando sus datos personales. Aunado a esto el titular de los datos debe considerar que esta acción puede implicar que no se podrá seguir prestando el servicio solicitado o concluir el trámite que el titular ha iniciado con "La Universidad".

Para realizar cualquiera de estos procedimientos así como recibir asesoría por parte de la Universidad, el titular podrá acudir a las oficinas de la Dirección de Transparencia Universitaria localizadas en la calle Valentín Gómez Farías Oriente No. 200, Colonia 5 de Mayo C.P. 50090 Toluca, Estado de México. Para el ejercicio de sus Derechos ARCO el titular puede también, en caso de así desearlo, ingresar su solicitud en la dirección electrónica www.sarcodem.org.mx correspondiente al Sistema de Acceso, Rectificación, Cancelación y Oposición de Datos Personales del Estado Mexiquense.

El responsable de vigilar la protección de los sistemas que contengan datos personales es el Lic. en D. Hugo Edgar Chaparro Campos, titular de la Dirección de Transparencia Universitaria.

¿Cómo puede usted ejercer sus derechos?

Derivado de nuevos requerimientos legales o de nuevas necesidades administrativas o de otra índole, el presente aviso de privacidad se identifica con el número de revisión 02 de fecha 7/12/2016, sin embargo, podrá sufrir cambios y modificaciones.

"La Universidad" se compromete a mantenerlo informado sobre los cambios que pueda sufrir el presente, a través del sitio electrónico de "La Universidad" (www.uaemex.mx) así como por diversos medios de comunicación masiva que en su momento se determine.

REVISIÓN NÚM. 02 FECHA DE APROBACIÓN 7/12/2016

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
PATRIA, CIENCIA Y TRABAJO



"Conozco y acepto los términos de aviso de privacidad de la UAEMéx, mismo que puede ser consultado en http://web.uaemex.mx/aviso/Aviso_Privacidad.pdf, en este mismo acto otorgo mi consentimiento, para que la Universidad Autónoma del Estado de México, haga públicos mis datos personales referentes a nombre y firma autógrafa, derivado de las obligaciones comunes y específicas que se tiene como Sujeto Obligado en materia de Transparencia y en cumplimiento a la Ley de Protección de Datos Personales en Posesión de Sujetos Obligados."